МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.16 ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Шангина Е.И., проф., д-р пед. н., к. т. н., зав. каф. ИГр

Одобрена на заседании кафедры
Инженерная графика
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Шангина Е. И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
(Фамилия И.О.)
Протокол № от 13.10.2020
(Дата)

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 0261A6BD005DAC979B410F3EA731403511
Владелец: Упоров Сергей Александрович
Действителен: с 23.10.2020 до 23.01.2022

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 5
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 5
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 6
Подготовка к зачёту 6

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов - это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы - закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время.

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с

целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы.

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, тестирование, опрос, контрольные работы, защита контрольных работ, защита зачётных работ и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса: *для овладения знаниями:*

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам;

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены в учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых

задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей;

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам;

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа - индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе: *для овладения знаниями:*

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы.

Тест - это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;

- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте,

- продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;

- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С. А. Упоров

О. А. Суставов

ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

Учебно-методическое пособие
к лабораторным занятиям (часть 1)
для студентов специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых» специальности 21.05.02 – «Прикладная геология»

Одобрено на заседании кафедры

Минералогии, петрографии и геохимии
(название кафедры)

Зав.кафедрой _____
(подпись)

Коротеев В.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 29.09.2020
(Дата)

Рассмотрено методической комиссией

Факультета геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Оглавление

1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ 3

1.1. Некоторые понятия кристаллооптики 3

1.2. Устройство и поверки микроскопа 6

1.3. Исследования при выключенном анализаторе 11

1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете .. 16

1.5. Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете 26

1.6. План описания минерала под микроскопом 30

1.7. Примеры описания минералов в шлифе 31

1.8. Контрольные вопросы 33

2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ 34

2.1. Минералы магматических пород 34

2.2. Минералы метаморфических пород 52

2.3. Контрольные вопросы 60

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 61

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ 61

1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ ПОД МИКРОСКОПОМ

1.1. Некоторые понятия кристаллооптики

Кристаллооптика – раздел физики, изучающий законы распространения света в кристаллах и возникающие при этом оптические эффекты.

В *естественном (неполяризованном)* свете векторы напряженности электрического поля ориентированы во всех направлениях, перпендикулярных световому лучу. В *плоскополяризованном* свете эти векторы расположены в одной плоскости, перпендикулярной направлению распространения светового луча; эта плоскость называется *плоскостью колебаний* света.

В *оптическикически изотропных* веществах свет распространяется во всех направлениях с равной скоростью. То есть показатель преломления *n* таких веществ во всех направлениях одинаков. Оптически изотропными являются жидкости, аморфные твердые тела (стекла, смолы) и кристаллы кубической сингонии.

Кристаллы остальных сингоний, кроме кубической, *оптически анизотропны.* Луч естественного света, попадая в оптически анизотропный кристалл, разделяется на два плоскополяризованных луча, имеющих неодинаковые скорости распространения и взаимно перпендикулярные плоскости колебаний. Скорость одного или обоих лучей зависит от направления их распространения в кристалле. Поэтому соответствующие этим лучам показатели преломления изменяются в зависимости от направления в кристалле. Разность наибольшего (n_g) и наименьшего (n_p) показателей преломления кристалла (n_g - n_p) называется его *двойным лучепреломлением (двупреломлением).*

В оптически анизотропных кристаллах имеются направления, по которым двойного лучепреломления не происходит (скорости распространения обоих лучей в этих направлениях одинаковы). Эти направления называются *оптическими осями*. Кристаллы средних сингоний: гексагональной, тетрагональной и тригональной, имеют одну оптическую ось (*оптически одноосные* кристаллы; оптическая ось в них совпадает с осью симметрии высшего порядка – L_6, L_4, L_3). Кристаллы низших сингоний: ромбической, моноклинной и триклинной, имеют две оптических оси (*оптически двуосные* кристаллы).

Поверхность, построенная на величинах показателей преломления, значения которых откладываются по направлению колебаний светового луча называется о*птической индикатрисой*.

В кристаллах кубической сингонии оптическая индикатриса имеет форму шара – показатели преломления имеют одинаковую величину во всех направлениях.

В одноосных кристаллах (гексагональная, тетрагональная и тригональная сингонии) индикатриса представляет собой эллипсоид вращения, ось вращения которого совпадает с оптической осью.

В двуосных кристаллах (ромбическая, моноклинная и триклинная сингонии) оптическая индикатриса имеет форму трехосного эллипсоида – с тремя взаимно перпендикулярными и неравными друг другу по величине осями N_g , N_m и N_p.

В кристаллах ромбической сингонии оси N_g , N_m и N_p совпадают с осями L_2 или нормалями к плоскостям симметрии.

В кристаллах моноклинной сингонии одна из осей индикатрисы совпадает с кристаллографической осью ***b***. Часто с осью ***b*** совпадает ось N_m, а плоскость N_g N_p совпадает с кристаллографической плоскостью (010). Оси N_g и N_p, лежащие в этой плоскости, образуют с кристаллографическими осями ***a*** и ***c*** некоторые углы, постоянные для каждого минерала.

В кристаллах триклинной сингонии оси индикатрисы N_g, N_m и N_p не совпадают с кристаллографическими осями.

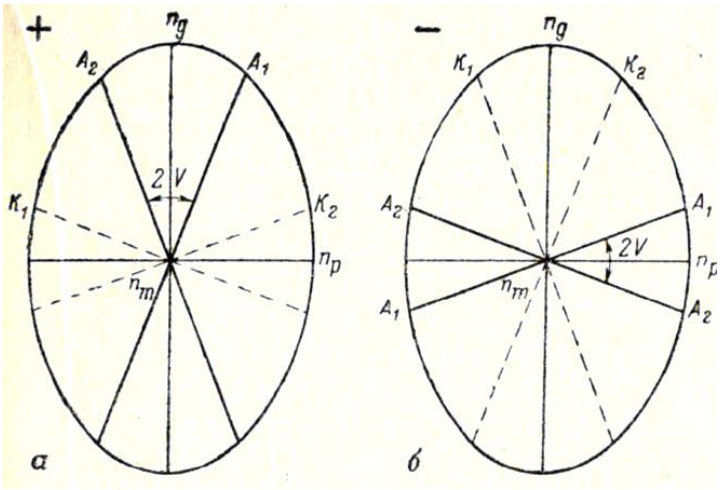


Рис. 1. Разрез индикатрисы оптически положительного (*а*) и оптически отрицательного (*б*) кристаллов; A_1 и A_2 – оптические оси, K_1 и K_2 – соответствующие им круговые сечения

В оптических индикатрисах двуосных кристаллов имеется два перпендикулярных оптическим осям *круговых сечения* с радиусом N_m (K_1 и K_2 на рис. 1). Сечение N_g N_p называется *плоскостью оптических осей* (в этом сечении располагаются оптические оси). Острый угол между оптическими осями называется *углом оптических осей* (*2V*). Оси индикатрисы N_g и N_p являются биссектрисами угла *2V* (рис. 1). Одна из них делит пополам острый угол между оптическими осями и поэтому называется *острой биссектрисой*, другая является биссектрисой тупого угла между оптическими осями и называется *тупой биссектрисой*.

Если острой биссектрисой является N_g, кристалл называется *оптически положительным* (+), если острой биссектрисой является N_p – *оптически отрицательным* (-).

Произвольное сечение индикатрисы двуосного кристалла представляет собой эллипс, большая полуось которого меньше N_g (обозначается N_g'), а малая полуось больше N_p (обозначается N_p').

1.2. Устройство и поверки микроскопа

Устройство микроскопа

Микроскопы серии **ПОЛАМ** (рис. 2) состоят из осветительной и наблюдательной систем.

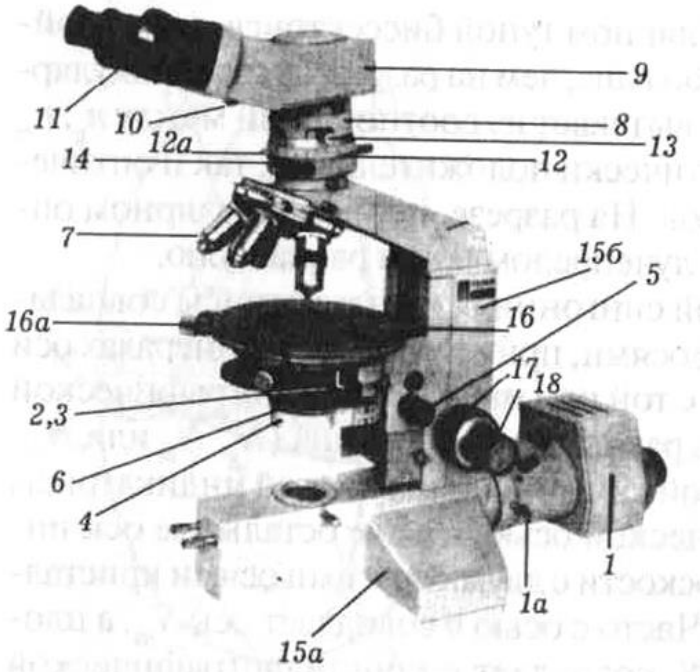


Рис. 2. Схема устройства поляризационного микроскопа серии Полам (объяснения в тексте)

Осветительная система включает в себя *осветитель 1*, закрепленный с помощью винта *1а*, и *конденсорное устройство 2*, состоящее из двух линз, верхняя из которых съемная. Выше конденсора помещена *диафрагма* с рукояткой *3*. *4* – откидная осветительная линза в оправе. Конденсорное устройство может перемещаться вверх и вниз вращением рукоятки *5*. В нижней части конденсорного устройства помещен *поляризатор* 6, закрепленный винтом. При ослабленнии винта поляризатор можно вращать за кольцо оправы.

Наблюдательная система состоит из сменных объективов *7*, тубуса *8*, а также монокулярной насадки *9* с диафрагмой *10* и окуляром *11*. В некоторых микроскопах имеется бинокулярная насадка.

В тубусе размещены *анализатор* и *линза Бертрана*. Анализатор можно поворачивать с помощью кольца *12* и фиксировать винтом. Анализатор вводится и выводится рукояткой *12а*. Рукоятка *13* служит для включения и выключения линзы Бертрана. В нижней части тубуса имеется расположенный под углом 45 ° к плоскости симметрии микроскопа паз *14*, предназначенный для введения компенсаторов.

Все узлы микроскопа укреплены на *штативе* с основанием *15а* и тубусодержателем *15б*, в который смонтирован механизм фокусировки, перемещающий *предметный столик 16*. Грубое перемещение направляющей механизма фокусировки осуществляется рукоятками *17*, точное – рукоятками

18. Предметный столик представляет собой вращающийся диск, имеющий по окружности лимб с градусными делениями. Два нониуса *16а* дают возможность измерять углы поворота столика. Винты у нониусов обеспечивают фиксацию предметного столика.

Главными частями микроскопа **МП-6** (рис. 3) является штатив, тубус, предметный столик и осветительное устройство.

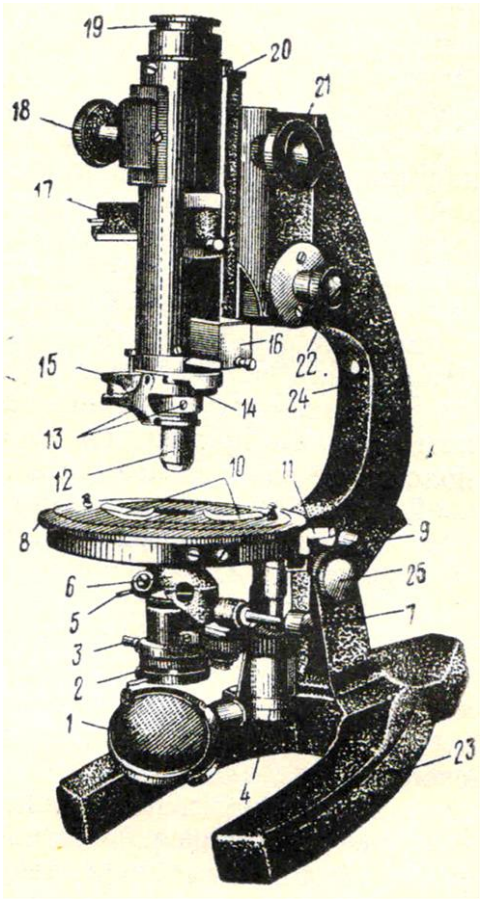


Рис. 3. Поляризационный микроскоп МП-6:
1 – осветительное зеркало; 2 – поляризатор; 3 – стопорный винт поляризатора; 4 – винт подъема поляризатора; 5 – рукоятка диафрагмы; 6 – линза Лазо; 7 – рукоятка линзы Лазо; 8 – предметный столик; 9 – стопорный винт столика; 10 – зажимы для крепления шлифа; 11 – нониус; 12 – объектив; 13 – центрировочные винты; 14 – прорезь для компенсатора; 15 – щипцы для крепления объектива; 16 – анализатор; 17 – линза Бертрана; 18 – винт линзы Бертрана; 19 – окуляр; 20 – тубус; 21 – винт грубой наводки; 22 – винт тонкой наводки; 23 – основание штатива; 24 – ручка тубусодержателя; 25 – стопорный винт штатива

Штатив состоит из массивной неподвижной нижней части *23* и верхней подвижной части *24*, на которой закреплены все другие устройства микроскопа. Обе части штатива соединены шарнирно, что позволяет наклонять верхнюю часть микроскопа на наблюдателя и закреплять ее с помощью стопорного винта в удобном для работы положении.

Тубус – цилиндр, который может перемещаться с помощью винта грубой наводки *21* и микрометренного винта *22*, позволяющих ставить объект на фокус. В нижней части тубуса имеются щипцы *15*, закрепляющие *объектив*. Выше располагается *анализатор*, который можно вводить и выводить из тубуса. Выше анализатора находится *линза Бертрана*, которую также можно вводить в тубус и выводить из него; эта линза используется при исследованиях в сходящемся свете, а при работе в параллельном свете выключается. В верхнее отверстие тубуса вставляется *окуляр 19*.

Предметный столик – массивный диск, вращающийся вокруг вертикальной оси. Внешний край столика градуирован, что позволяет с помощью ониусов *11* производить отсчеты углов поворота. Препарат закрепляется на столике с помощью пружинящих зажимов *10*.

Осветительное устройство располагается под предметным столиком. В его нижней части находится двустороннее осветительное *зеркало 1*. В большинстве случаев можно пользоваться его вогнутой стороной. Над зеркалом расположен *поляризатор 2*, выше которого находится *диафрагма*, регулирующая степень освещенности объекта и изолирующая боковые лучи. Над диафрагмой установлен *конденсор*, направляющий поток параллельных световых лучей на исследуемый объект. Выше располагается *линза Лазо 6*, которая используется для получения сходящегося светового пучка, необходимого при исследованиях коноскопическим методом. При изучении минералов в параллельном свете линза Лазо не используется и с помощью специального рычага *7* выводится из оптической системы микроскопа.

Осветительное устройство поднимается и опускается с помощью винта *4*, расположенного вертикально под столиком слева.

К каждому микроскопу приложен набор объективов с увеличениями 3^x, 8^x, 20^x, 40^x и 60^x.

Шлиф

Горные породы изучают под микроскопом в срезах толщиной около 0,03 мм, которые называются *шлифами*. Шлиф изготавливают следующим образом. С помощью алмазной пилы отпиливают небольшую пластинку горной породы, пришлифовывают ее с одной стороны на специальном станке, а затем приклеивают ровной стороной на *предметное* стекло. В качестве клея используют канадский бальзам – прозрачное смолоподобное вещество с показателем преломления около 1.537. Приклеенную к стеклу пластинку горной породы шлифуют с противоположной стороны до толщины около 0.03 мм, покрывают вторым слоем канадского бальзама и тонким *покровным стеклом.*

Подготовка микроскопа к работе

Для подготовки микроскопа к работе необходимо:

1. Установив микроскоп на рабочем месте, поворотом тубусодержателя придать тубусу удобный для работы наклон.

2. Поднять осветительное устройство винтом вверх до упора. Вывести из оптической системы микроскопа линзу Бертрана, анализатор, линзу Лазо, полностью открыть диафрагму.

3. Поставить объектив нужного увеличения (при рядовой работе обычно 8^x или 9^x). На оправе объектива имеется два стерженька для установки центрировочных винтов и наклонный фиксирующий штифт для закрепления объектива щипцами тубуса. Для установки объектива нужно сначала с помощью винта грубой наводки несколько приподнять тубус, а затем, сжав

пальцами левой руки щипцы, **правой** рукой надеть объектив на кольцеобразный выступ тубуса микроскопа. Затем нужно повернуть объектив против часовой стрелки так, чтобы фиксирующий штифт вошел в прорезь зажима, после чего отпустить щипцы.

4. Поворотами осветительного зеркала добиться наиболее яркой и равномерной освещенности поля зрения.

5. На предметный столик положить шлиф (покровным стеклом кверху) и с помощью зажима закрепить его.

6. Навести изображение шлифа на резкость при помощи винтов грубой и точной наводки (чтобы не повредить шлиф, лучше это делать, постепенно увеличивая расстояние между шлифом и объективом). Работая с объективами с увеличением 20^x, 40^x и 60^x, фокусные расстояния которых очень малы, наведение на резкость следует производить с особой осторожностью, чтобы не раздавить шлиф и не повредить линзы объективов. Для этого сначала нужно, глядя сбоку на конец объектива, осторожно с помощью винта грубой наводки подвести объектив близко к поверхности шлифа, а затем, смотря в окуляр, увеличивать фокусное расстояние до появления отчетливого изображения объекта.

7. Чтобы глаза не уставали, рекомендуется научиться, глядя одним глазом в окуляр микроскопа, оставлять другой глаз при работе открытым. Для этого вначале можно работать с надетым на тубус бумажным экраном.

Перед тем, как приступать к изучению шлифа, следует выполнить **поверки микроскопа.**

1. *Поверка скрещенности николей.*

Скрещенным называется такое положение поляризатора и анализатора, при котором плоскость колебаний света, пропускаемого анализатором, перпендикулярна плоскости колебаний света, пропускаемого поляризатором.

Поверка делается без шлифа. При выключенном анализаторе устанавливается освещенное поле зрения. Затем включается анализатор. Если николи скрещены, поле зрения при включенном анализаторе будет темным, почти черным. Если же при включенном анализаторе поле зрения просветлено, то николи не скрещены. В этом случае нужно открепить стопорный винт поляризатора, повернуть поляризатор за оправу на некоторый угол до полного угасания поля зрения и в этом положении закрепить винт.

Эту же поверку подобным образом можно делать и по участку канадского бальзама в шлифе.

2. *Поверка совпадения нитей окуляра с направлениями колебаний поляризатора и анализатора.*

Находим в шлифе зерно мусковита или биотита с хорошо различимыми трещинами спайности и устанавливаем это зерно при включенном анализаторе на угасание (делаем зерно максимально темным). Выключаем анализатор. Трещины спайности в зерне должны быть параллельны одной из нитей окуляра.

Если такой параллельности нет и в положении угасания трещины спайности ориентированы под некоторым (обычно небольшим) углом к нити окуляра, то следует несколько повернуть окуляр - до совпадения нити окуляра с направлением трещин спайности.

3. *Определение направления колебаний света в поляризаторе.*

Поверка производится при выключенном анализаторе с помощью зерна биотита с хорошо заметными трещинами спайности. Вращая столик микроскопа, наблюдаем, как при повороте столика биотит меняет окраску (плеохроирует). В тот момент, когда биотит приобретает самую густую окраску, трещины спайности ориентированы параллельно плоскости колебаний света в поляризаторе (совпадающей либо с вертикальной, либо с горизонтальной нитью окуляра). Следут записать, с какой именно нитью сопадает направление колебаний света в поляризаторе.

4. *Центрировка объектива.*

Центрировка объектива заключается в совмещении оптической оси объектива с осью микроскопа. При отцентрированном объективе зерно, поставленное на пересечение нитей окуляра, при вращении столика не смещается и все время остается на пересечении нитей окуляра. Если же объектив не отцентрирован, то при вращении столика зерно будет отклоняться от пересечения нитей окуляра.

Для этой поверки выбираем в шлифе какую-либо хорошо заметную точку и, передвигая шлиф на столике, ставим ее на перекрестие нитей окуляра (*1* на рис. 4), а затем вращаем столик микроскопа, следя за точкой. Если при вращении столика точка смещается относительно центра креста нитей, то объектив следует центрировать (обнаружив нарушение центрировки, следует сначала проверить, правильно ли вставлен объектив).

Для центрировки нужно повернуть столик микроскопа в положение, когда наблюдаемая точка максимально отклонилась от перекрестия нитей окуляра (*2* на рис. 4), надеть на специальные штифты на корпусе объектива

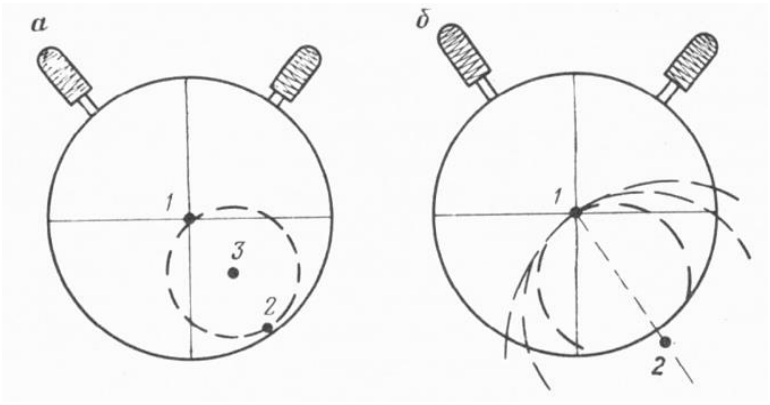


Рис. 4. Схема центрировки

центрировочные ключи и, вращая их, переместить точку в сторону перекрестия нитей на половину расстояния от точки до перекрестия нитей (в положение *3* на рис. 4, *а*). Затем передвинуть шлиф руками на столике так,

чтобы точка вновь попала в центр креста нитей. Повторять эти операции, пока точка при вращении столика не будет отклоняться от центра креста нитей.

Иногда, при сильной расцентрированности объектива, наблюдаемая точка при повороте столика микроскопа уходит за пределы поля зрения. В этом случае следует поворачивать предметный столик на некоторый угол то в одну, то в другую сторону, чтобы мысленно определить, где располагается центр окружности, которую описывает точка (направление *1 – 2* на рис. 4, *б*). Затем вращением центрировочных винтов перемещаем предполагаемый центр окружности, которую описывает точка, к перекрестию нитей окуляра. После этого, передвигая шлиф руками, снова ставим точку на центр поля зрения и повторяем описанные выше операции (иногда это приходится делать несколько раз) до достижения центрировки.

1.3. Исследования при выключенном анализаторе

Размер зерен. Приближенно размеры зерен в шлифах можно оценить, сравнивая зерна с диаметром поля зрения микроскопа. Величину диаметра поля зрения (с точностью до десятых долей миллиметра) можно определить, поставив на столик микроскопа вместо шлифа линейку с миллиметровыми делениями.

Для более точного измерения размеров зерен используется окуляр 6^x с микрометрической шкалой. Цена минимального деления этой шкалы при использовании объектива 8^x или 9^x - около 0.02 мм.

Для точного определения цены деления шкалы окуляра используется объект-микрометр, представляющий собой металлическую пластинку, в центре которой вставлено стекло с нанесенной линейной шкалой длиной 1 мм, разделенной на 100 делений. Объект-микрометр устанавливается на столике микроскопа как обычный шлиф. В тубус микроскопа вставляется окуляр со шкалой. Перемещая на столике объект-микрометр, совмещаем начало обеих шкал. Определяем, скольким делениям шкалы окуляра соответствует шкала объект-микрометра и вычисляем цену деления окуляра. Например: длина всей шкалы объект-микрометра (1 мм) соответствует 54 малым делениям шкалы окуляра. Отсюда 1 малое деление шкалы окуляра равно 1 мм : 54 = 0,0185 мм.

Форма зерен. Зерна минералов могут иметь призматическую, таблитчатую, пластинчатую, а также изометрическую и неправильную форму. При изучении шлифов объемная форма зерен минерала устанавливается на основе сопоставления между собой имеющихся в шлифе плоских разрезов минерала. На рис. 5 представлены продольные и поперечные разрезы кристаллов призматической, таблитчатой и пластинчатой формы.

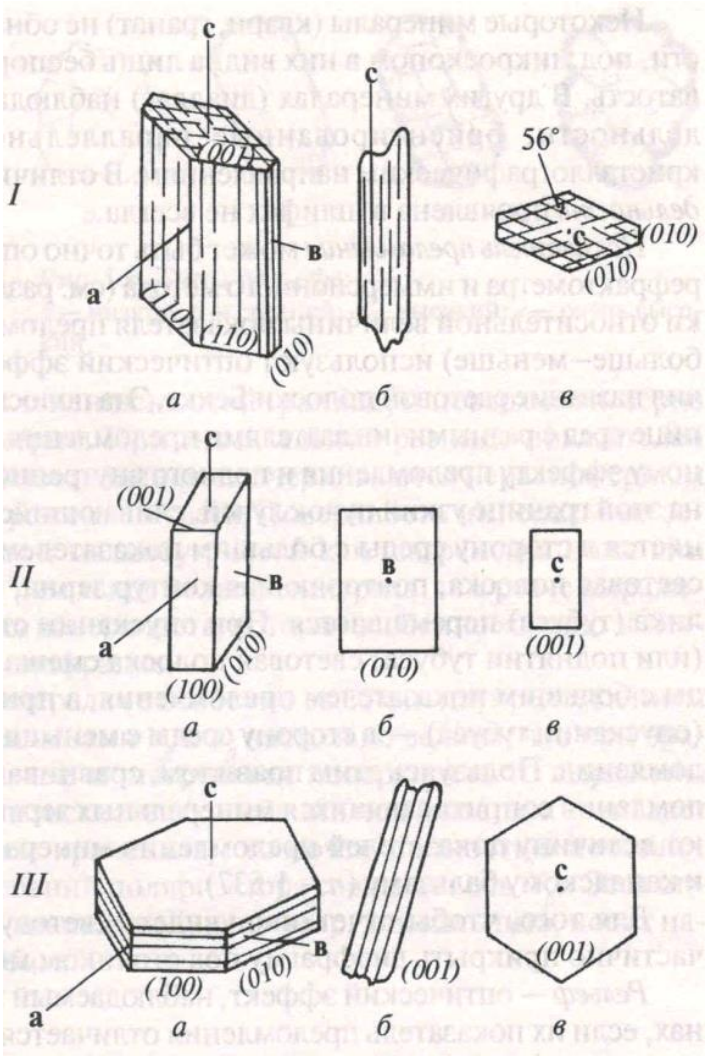


Рис. 5. Кристаллы призматической (*I*), таблитчатой (*II*) и пластинчатой (*III*) формы:
а – объемная форма кристаллов;
б, *в* – разрезы:
б – продольные,
в - поперечные

Спайность. Спайность наблюдается в шлифе в виде серии трещин, пересекающих минерал. Она видна не во всех сечениях кристаллов, а хорошо различается лишь там, где трещины спайности ориентированы по отношению к плоскости шлифа под углом, близким к 90 °. Так, у слюд в разрезах, перпендикулярных уплощенности кристаллов, видны четкие трещины спайности, а в разрезах, проходящих параллельно уплощенности кристаллов, трещин спайности не видно (см. рис. 5, *III*). У минералов, обладающих спайностью в двух направлениях, в шлифе чаще всего наблюдаются разрезы с трещинами спайности, проходящими лишь в одном направлении (см. рис. 5, *I, б*). Поэтому заключение о спайности минерала следует основывать на просмотре в шлифе всех зерен данного минерала.

У минералов с *весьма совершенной* спайностью (слюды) тонкие параллельные трещины спайности идут через весь кристалл (см. рис. 5, *III, б*). Минералы с *совершенной* спайностью (пироксены, амфиболы) характеризуются общим параллельным расположением трещин, но эти трещины прерывисты и не всегда строго параллельны друг другу (см. рис. 5, *I, б*). *Несовершенная* спайность (оливин) характеризуется отсутствием строгой параллельности, прерывистостью, иногда ветвлением и пересечением трещин, при наличии

общего направления в их расположении. Иногда несовершенная спайность проявлена в виде редких и коротких трещин (нефелин). Если минерал спайностью не обладает, то трещины отсутствуют или имеют неровную форму и ориентированы беспорядочно.

При наличии спайности по двум направлениям (см. рис. 5, *I*) измеряется угол между плоскостями спайности. Порядок работы при определении угла между плоскостями спайности следующий:

1) находим разрез, перпендикулярный трещинам спайности обоих направлений: трещины должны быть тонкими и не смещаться в сторону при подъеме и опускании тубуса микроскопа;

2) совмещаем трещины спайности одного направления с одной из нитей окуляра; берем отсчет по лимбу столика;

3) вращением столика совмещаем с той же нитью окуляра трещины спайности второго направления; снова берем отсчет. Разность отсчетов - угол между плоскостями спайности. Принято измерять острый угол между плоскостями спайности.

Цвет. При работе с выключенным анализатором различают зерна *непрозрачные*, которые выглядят совершенно черными (это главным образом рудные минералы, их определение проводится на специальных микроскопах в отраженном свете), и *прозрачные* – бесцветные и окрашенные.

Цвет минерала в шлифе отличается от цвета того же минерала в образце. Многие минералы, отчетливо окрашенные в образцах, под микроскопом оказываются бесцветными. Цвет минерала обычно характеризуется словом из двух частей: например, сине-зеленый, светло-коричневый. Некоторые минералы в анизотропных сечениях при вращении столика микроскопа изменяют интенсивность окраски, а иногда и цвет (*плеохроируют)*.

Показатель преломления. Показатель преломления минерала оценивается в шлифе путем его сравнения с показателем преломления канадского бальзама (1.537 ± 0.004) или с показателями преломления окружающих минералов. Эта оценка производится исходя из наблюдения у изучаемого минерала описываемых ниже рельефа, характера ограничений, шагреневой поверхности и полоски Бекке (лучше всего они видны при частично прикрытой диафрагме и опущенном осветительном устройстве).

Рельеф – оптический эффект, свойственный зернам минералов, показатели преломления которых отличаются от показателя преломления канадского бальзама. У минералов с показателями преломления, более высокими, чем у канадского бальзама, рельеф *положительный* – минерал кажется более толстым, чем другие минералы, как бы рельефно выступающим над общей поверхностью шлифа. У минералов с показателями преломления, более низкими, чем у канадского бальзама, рельеф *отрицательный* – кажется, что минерал образует впадину на поверхности шлифа.



Рис. 6. Резкие ограничения и шагреневая поверхность у минералов с высоким показателем преломления

Чем больше отличается показатель преломления изучаемого зерна от канадского бальзама или соседних зерен, тем сильнее выражен рельеф данного зерна. При равенстве показателей преломления минерала и канадского бальзама рельеф у минерала отсутствует.

Ограничения. Граница между минералом и канадским бальзамом, или между двумя бесцветными минералами, находящимися в непосредственном контакте друг с другом, четко заметна в том случае, если их показатели преломления различны. Чем больше разница в показателях преломления соприкасающихся минералов, или минерала и канадского бальзама, тем ограничения становятся более резкими (рис. 6).

Шагреневая поверхность. При изготовлении шлифов на поверхностях срезов зерен образуются микроскопические неровности. У минералов с показателями преломления, близкими к канадскому бальзаму, эти неровности не заметны и поверхность зерен выглядит гладкой. Если же показатели преломления минерала значительно отличаются от канадского бальзама, то неровности на поверхности зерна становятся заметнее и поверхность зерна кажется шероховатой, мелкобугристой - как шагреневая кожа или кожура апельсина. Чем больше отличие показателей преломления зерна от показателя преломления канадского бальзама, тем резче выражена шагреневая поверхность этого зерна (см. рис. 6).

На границе двух соприкасающихся бесцветных минералов, обладающих близкими показателями преломления, при внимательном наблюдении заметно явление окрашивания минералов в зеленоватые и розоватые тона (*дисперсионный эффект*). Бесцветный минерал, имеющий более высокий показатель преломления, приобретает светло-зеленоватую окраску, а бесцветный минерал с более низким показателем преломления - розоватую окраску. Этот эффект становится более отчетливым при прикрытой диафрагме и некотором расфокусировании изображения.

Умение видеть дисперсионный эффект особенно важно при расмотрении мелких бесцветных включений одного минерала в другом, например, мелких вростков плагиоклаза в калиевом полевом шпате (пертиты) или, наоборот, калиевого полевого шпата в плагиоклазе (антипертиты). Отличить калиевый полевой шпат от кварца и плагиоклаза в мелкозернистых агрегатах иногда можно только по дисперсионному эффекту.

По характеру ограничений, рельефу и шагреневой поверхности В. Н. Лодочников подразделяет все бесцветные минералы на 7 групп (табл. 1).

Для более точного определения относительного показателя преломления используется так называемая световая *полоска Бекке*. Это возникающая при расфокусировании микроскопа узкая световая полоска, повторяющая контур зерна. Наиболее четко она видна при использовании объективов с увеличением

20^x и более. При увеличении расстояния между объективом и шлифом полоска Бекке перемещается в сторону вещества с *бóльшим* показателем преломления,

Таблица 1

Группы В. Н. Лодочникова

Группа	Показатель преломления	Ограничения, шагреневая поверхность	Рельеф	Примеры минералов
1	1.41 - 1.47	ясные	отрицательный	опал
2	1.47 - 1.53	слабые	«	калиевый полевой шпат
3	1.53 - 1.55	отсутствуют	нет	кварц, кислый плагиоклаз
4	1.55 - 1.60	слабые	положительный	мусковит, основной плагиоклаз
5	1.61 - 1.66	ясные	«	апатит
6	1.66 - 1.78	резкие	«	пироксен, оливин
7	более 1.78	очень резкие	«	титанит, циркон

а при уменьшении расстояния между объективом и шлифом – в сторону вещества с *меньшим* показателем преломления.

Порядок работы при определении показателя преломления минерала:

1) Находим зерно определяемого минерала на границе с канадским бальзамом (на краю шлифа или на границе с заполненной канадским бальзамом трещиной внутри шлифа). При включенном анализаторе зерно имеет некоторую интерференционную окраску, а канадский бальзам черный и остается черным при вращении столика микроскопа.

2) Выключаем анализатор, несколько опускаем осветительное устройство и частично прикрываем диафрагму.

3) Определяем рельеф, характер ограничений и шагреневой поверхности изучаемого зерна.

4) Находим границу между зерном и канадским бальзамом. При подъеме и опускании тубуса наблюдаем полоску Бекке и отмечаем направление ее перемещения.

5) По таблице 1 оцениваем величину показателя преломления минерала.

Для оценки показателя преломления по определенной оси индикатрисы (N_g, N_m, N_p) нужно совместить эту ось с направлением колебаний света в поляризаторе (как определять наименования осей индикатрисы – см. в разделе 1.3). Для этого зерно ставится на угасание при включенном анализаторе, а затем анализатор выключается и производится наблюдение. Видимые рельеф,

ограничения, шагреневая поверхность и поведение полоски Бекке определяются величиной показателя преломления по той оси индикатрисы, которая совмещена с направлением колебаний света в поляризаторе.

Псевдоабсорбция. Как отмечено выше, наблюдаемые под микроскопом рельеф и шагреневая поверхность минерала зависят от того, какой показатель преломления минерала совпадает с направлением колебаний света, пропускаемого поляризатором. У большинства минералов разница в величине показателей преломления по разным направлениям невелика. Поэтому при вращении минерала на столике микроскопа (то есть при совмещении различных направлений изучаемого минерала с плоскостью колебаний света в поляризаторе) заметных изменений рельефа и шагреневой поверхности минерала чаще всего не наблюдается.

Но у некоторых минералов с особенно высоким двупреломлением (например, у карбонатов) один показатель преломления много выше канадского бальзама, а другой близок или ниже канадского бальзама (например, у кальцита один показатель преломления равен 1.658, а другой - 1.486). В этом случае при вращении столика микроскопа рельеф и шагреневая поверхность зерна то выражены очень отчетливо – рис. 7, слева (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наибольший показатель преломления), то почти полностью исчезают - рис. 7, справа (когда с плоскостью колебаний света в поляризаторе совпадает наименьший показатель преломления). Этот оптический эффект носит название псевдоабсорбции.

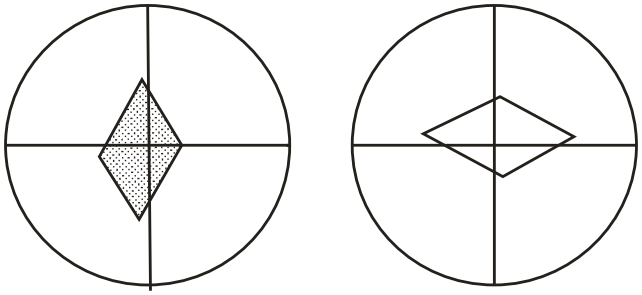


Рис. 7. Явление псевдоабсорбции

Степень проявления псевдоабсорбции у одного и того же минерала зависит от сечения минерала. В том разрезе минерала, где располагаются наибольший и наименьший показатели преломления, псевдоабсорбция выражена наиболее резко. В произвольном косом сечении псевдоабсорбция проявлена слабее. А в сечении, перпендикулярном оптической оси (в этом сечении показатель преломления одинаков во всех направлениях), псевдоабсорбция отсутствует.

Сильной псевдоабсорбцией обладают карбонаты, несколько слабее она проявлена у мусковита, а опытный глаз иногда улавливает псевдоабсорбцию даже у таких минералов, как кварц.

1.4. Исследования при включенном анализаторе в параллельном свете

Двупреломление минерала

В оптически анизотропных веществах луч света, входя в кристалл, раздваивается. Образовавшиеся два луча распространяются в кристалле с разными скоростями. В результате один луч обгоняет другой - между ними возникает разность хода R (обычно измеряется в нанометрах). Величина разности хода R пропорциональна толщине кристалла d (толщине шлифа) и величине $N_g' - N_p'$ в данном сечении кристалла:

$$R=d(N_g' - N_p')$$

При прохождении двух образовавшихся в кристалле световых лучей через анализатор происходит интерференция этих лучей (вследствие наличия между ними разности хода R). В результате кристалл приобретает при включенном анализаторе *интерференционную окраску*. Каждому значению разности хода R соответствует своя интерференционная окраска.

Интерференционная окраска возникает, если разность хода R не равна нулю. Если же разность хода R равна нулю (это имеет место при $N_g' - N_p' = 0$, то есть когда сечение индикатрисы в данном зерне имеет форму круга), то свет через кристалл не проходит и кристалл выглядит в скрещенных николях черным. Форму круга имеют сечения оптической индикатрисы аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии (оптически изотропных веществ), а также перпендикулярные оптическим осям сечения индикатрисы кристаллов остальных сингоний (такие сечения называются оптически изотропными сечениями).

Таким образом, аморфные вещества (в том числе стекло и канадский бальзам), кристаллы кубической сингонии и перпендикулярные оптическим осям сечения одноосных и двуосных кристаллов в скрещенных николях выглядят темными (черными) и не просветляются при вращении столика микроскопа.

У некоторых аморфных веществ и кристаллов кубической сингонии иногда отмечается слабая аномальная анизотропия (вследствие внутренних напряжений и т. п.), проявляющаяся в скрещенных николях в слабой серой интерференционной окраске. Это свойственно, например, некоторым гранатам. Участки, обнаруживающие двупреломление, нередко располагаются в кристаллах граната зонально и секториально. Аномальная анизотропия в некоторых случаях проявляется и в таком аморфном веществе, как вулканическое стекло.

При повороте столика микроскопа на 360 ° анизотропное сечение минерала четыре раза гаснет (становится черным) и четыре раза просветляется, приобретая ту или иную интерференционную окраску (максимальная яркость

наступает при повороте столика на 45 ° от положения угасания). Угасание происходит в тот момент, когда оси индикатрисы совпадают с направлениями колебаний света в поляризаторе и анализаторе (рис. 8). В правильно настроенном микроскопе нити окуляра ориентированы параллельно этим направлениям, так что *в момент угасания нити окуляра указывают на положение осей индикатрисы* в данном разрезе минерала.

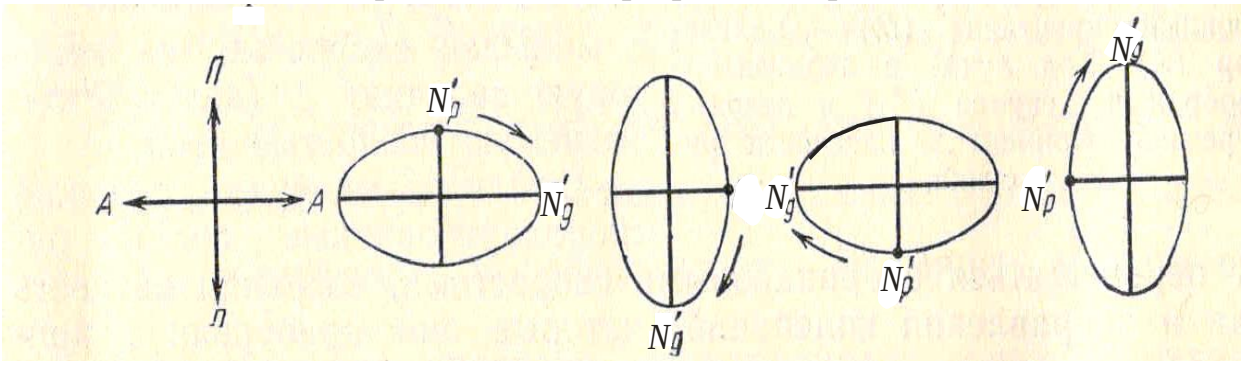


Рис. 8. Четырехкратное угасание минерала в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на 360 ° (*П, А* – плоскости колебаний света в поляризаторе и анализаторе)

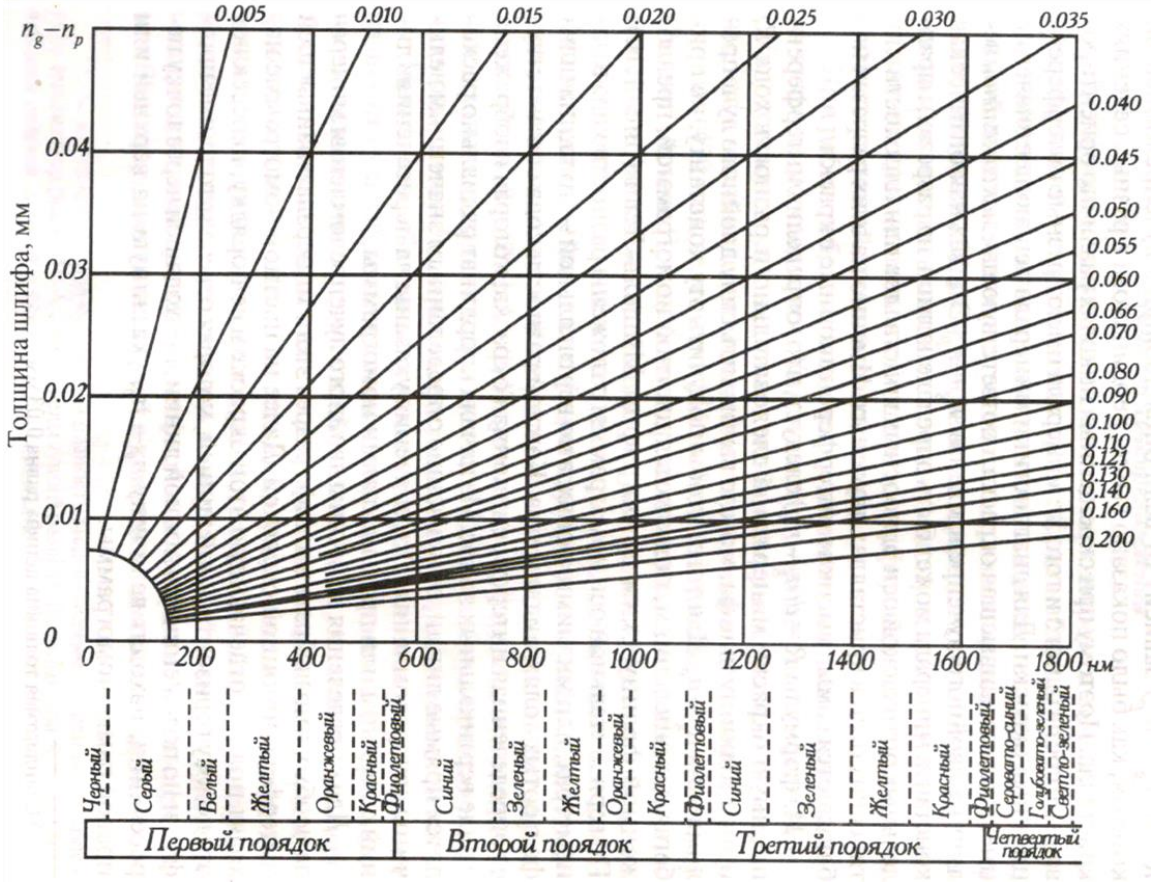


Рис. 9. Номограмма Мишель-Леви. Внизу – цвета интерференционной окраски и соответствующие им значения разности хода *R* (в нанометрах). Объяснения в тексте.

Наблюдаемые у кристаллов интерференционные окраски делятся на порядки (*I, II, III* и так далее), границы между которыми проводятся по фиолетовой окраске (рис. 9). Первый порядок начинается с низких цветов интерференции – темно-серого, серого, белого, далее желтого, и заканчивается красным, а затем фиолетовым цветом (последний соответствует разности хода около 550 нм).

Цвета интерференции *II* и *III* порядков повторяются в одинаковой последовательности: каждый порядок начинается с синего цвета, затем следуют зеленый, желтый, красный цвет. Фиолетовый цвет на границе *II* и *III* порядка отвечает разности хода 1100 нм, на границе *III* и *IV* порядков – 1650 нм (см. рис. 9). При больших разностях хода интерференционные окраски становятся все более бледными и выше *III* порядка трудно различимы.

У некоторых минералов величина двупреломления для световых лучей разного цвета несколько отличается по величине (дисперсия двупреломления). Это приводит к образованию *аномальных* (отличающихся от приводимых на рис. 9) интерференционных окрасок – ржаво-бурых, красно-фиолетовых, индигово-синих в *I* порядке и очень ярких и пестрых в более высоких порядках. Аномальные интерференционные окраски характерны для хлорита, эпидота и некоторых других минералов.

При наблюдении интерференционной краски минерала нужно уметь определять ее порядок. Это можно сделать, рассматривая края зерен минерала. Нужно найти в шлифе зерно минерала, край которого скошен на клин. В пределах клина толщина зерна постепенно увеличивается. Поэтому в соответствующей клину каемке на краю зерна наблюдается последовательный (как на номограмме Мишель-Леви) переход от низких цветов интерференционной окраски *I* порядка в самой тонкой части клина к все более высокой интерференционной окраске, соответствующей толщине основной части зерна.

Например, если зерно в своей основной части имеет желтую интерференционную окраску *II* порядка (рис. 10), то в периферической клиновидной части зерна будут последовательно наблюдаться серая, белая, желтая, красная окраска *I* порядка, затем синяя и зеленая окраска *II* порядка,

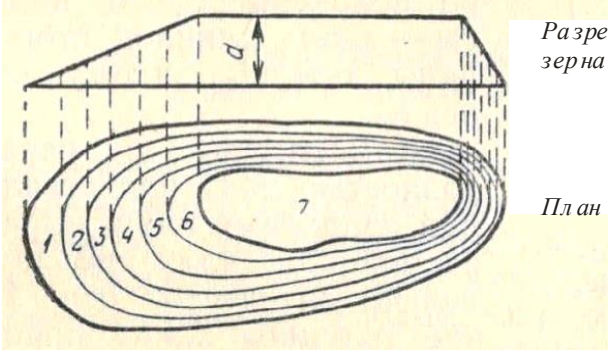


Рис. 10. Образование цветных каемок в краевых скошенных на клин частях зерна: 1 – серый *I*; 2 – белый *I*; 3 – желтый *I*; 4-красный *I*; 5-синий *II*; 6-зеленый *II*; 7 – желтый *II* (*I, II* – порядок интерференционной окраски)

после чего идет свойственная основной части зерна желтая интерференционная окраска *II* порядка (см. рис. 10). Прослеживая эти цветные каемки на краю

зерна (сравнивая последовательность цветов с номограммой Мишель-Леви), можно определить, какой порядок имеет интерференционная окраска, которую имеет основная часть изучаемого зерна.

Ширина цветных каемок на краях зерен зависит от угла наклона клина на краю зерна. Если при пологом клине можно наблюдать последовательную смену всех цветов интерференции (см. рис. 10, слева), то при крутом наклоне клина (см. рис. 10, справа) некоторые цвета выпадают, а другие (обычно синий и зеленый) сливаются в одну темную полоску. Для определения порядка окраски может быть использована и такая слившаяся сине-зеленая полоска: отсутствие этой полоски говорит о *I* порядке интерференционной краски минерала, одна полоска указывает на *II* порядок, а наличие вдоль края зерна двух таких полосок указывает на *III* порядок интерференционной окраски в основной части зерна.

Интерференционную окраску может несколько искажать собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе, например, у биотита или роговой обманки). Например, зерно роговой обманки (зеленое при выключенном анализаторе) с красной интерференционной окраской *I* порядка будет выглядеть при включенном анализаторе из-за зеленой собственной окраски не красным, а бурым. То есть при изучении минералов с интенсивной собственной окраской следует иметь ввиду, что для определния истинной интерференционной окраски следует «вычитать» из наблюдаемой интерференционной окраски собственную окраску минерала .

Из формулы $R=d(N_g' - N_p')$ следует, что в скрещенных николях различно ориентированные зерна (зерна с различными значениями $N_g' - N_p'$) одного и того же анизотропного минерала имеют разные значения R, то есть разную интерференционную окраску. Таким образом, один и тот же минерал в зависимости от сечения может иметь в шлифе различную интерференционную окраску. Эта окраска минимальная (черная) в разрезах, перпендикулярных оптической оси, наивысшая в разрезах, соответствующих $N_g - N_p$, и промежуточная в прочих разрезах.

В случае наивысшей интерференционной краски приведенная выше формула имеет вид $R=d(N_g - N_p)$. Используя эту формулу, можно определять толщину шлифа (d) и двупреломление минерала ($N_g - N_p$).

Определение толщины шлифа. Чаще всего производится по кварцу. Для этой цели находим в шлифе зерно кварца с наивысшей интерференционной окраской. По таблице Мишель-Леви определяем разность хода лучей R для этой окраски. Затем по формуле $d=R/(N_g - N_p) = R/0.009$ (0.009 – величина $N_g - N_p$ кварца) вычисляем толщину шлифа (R и d должны быть выражены в одинаковых единицах измерения – нанометрах или миллиметрах).

Определить толщину шлифа по кварцу с помощью номограммы Мишель-Леви можно и не прибегая к вычислениям. По горизонтальной оси номограммы (см. рис. 9) отложены разности хода в нанометрах (каждой разности хода соответствует определенная интерференционная окраска), а по

вертикальной оси – толщина шлифа в сотых долях миллиметра. Из начала координат радиально расходятся прямые линии, отвечающие определенным значениям величины двупреломления, указанным на пересечениях линий с верхним или правым краями номограммы.

Для определения толщины шлифа находим точку пересечения наклонной линии, соответствующей двупреломлению 0.009, и вертикальной линии, соответствующей значению разности хода R наблюдаемой в данном шлифе наивысшей интерференционной окраски кварца. После этого по оси ординат считываем соответствующее этой точке значение толщины шлифа.

В тех случаях, когда в породе нет кварца, для определения толщины шлифа можно использовать плагиоклаз, условно приняв его двупреломление равным 0,008 (такое двупреломление имеют встречающиеся в ряде бескварцевых магматических пород плагиоклазы состава андезин-лабрадор).

Определение двупреломления минерала. В шлифе находим зерно изучаемого минерала с наивысшей интерференционной окраской (для этого просматриваем все зерна данного минерала и оцениваем интерференционную окраску каждого зерна). По номограмме Мишель-Леви определяем разность хода R для найденной наивысшей интерференционной окраски. Зная толщину шлифа d, по формуле $N_g - N_p = R/d$ вычисляем величину двупреломления ($N_g - N_p$) минерала.

Графическое определение двупреломления $N_g - N_p$ по номограмме Мишель-Леви производится следующим образом. От взятого по оси ординат значения толщины данного шлифа перемещаемся слева направо до определенной нами наивысшей интерференционной окраски минерала. Из полученной точки по наклонной линии поднимаемся вверх направо и считываем на конце этой линии значение двупреломления минерала.

Таблица 2

Интерференционная окраска минералов в зависимости от двупреломления (по А. Н. Феногенову, с изменениями)

Двупреломление	Интерференционная окраска в шлифах стандартной толщины (0,03 мм)	Характерные минералы
Менее 0.005 (очень слабое)	Серая, светло-серая	Апатит, нефелин
0.005 – 0.010 (слабое)	Белая, светло-желтая	Кварц (0.009), полевые шпаты
0.011-0.030 (умеренное)	Желто-оранжевая, красная *I* порядка до желто-зеленой *II* порядка	Роговая обманка, авгит
0.31 – 0.100 (сильное)	Желтая *II* порядка до *V* порядка	Оливин, биотит, циркон
Более 0.100 (очень сильное)	Перламутровые, бело-розовые окраски высших порядков – *IV* порядок и выше	Карбонаты, титанит, рутил

Двупреломление минерала может быть: 1) очень слабым, 2) слабым, 3) умеренным, 4) сильным (табл. 2). Граница двупреломления 0.030 (между умеренным и сильным двупреломлением) соответствует появлению в скошенных на клин краях зерен повторяющихся цветных полосок, по которым можно определять порядок интерференционной окраски (см. выше). При очень сильном двупреломлении порядок интерференционной окраски установить практически невозможно.

Угол угасания

Угол угасания – это угол между одной из осей индикатрисы и какой-либо кристаллографической плоскостью (гранью кристалла, трещиной спайности, двойниковым швом). Если угол угасания равен нулю, угасание называется прямым, если не равен нулю – косым (рис. 11). В случае, если указанные выше кристаллографические плоскости в зерне не выражены (например, в зернах кварца неправильной формы), характер угасания минерала не определяется.

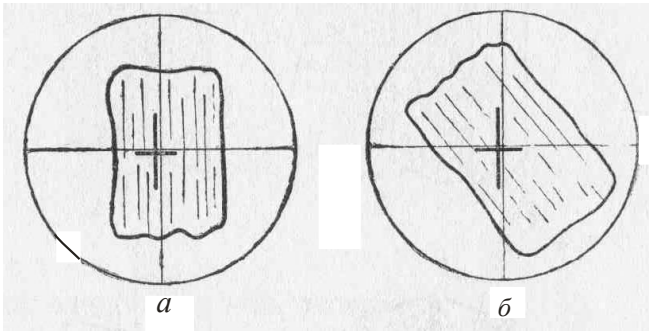


Рис. 11. Характер угасания минерала:
а – прямое, б – косое (минерал зарисован в положении угасания, черные линии в центре – оси оптической индикатрисы зерна)

Минералам гексагональной, тетрагональной, тригональной и ромбической сингоний в большинстве разрезов свойственно прямое угасание. Минералы моноклинной сингонии в разрезах, перпендикулярных (010), обладают прямым угасанием, а в разрезе, параллельном (010) (такой разрез характеризуется наивысшей интерференционной окраской), – косым. Минералы триклинной сингонии обладают во всех разрезах косым угасанием.

Для определения характера угасания какого-либо зерна нужно установить грань кристалла или трещины спайности параллельно вертикальной нити окулярного креста и, включив анализатор, посмотреть, будет зерно при скрещенных николях находиться в положении угасания или нет. Если минерал в этом положении гаснет, значит угасание прямое, а если минерал просветлен, то угасание косое.

Если угасание косое, то следует измерить угол угасания. Для этого нужно повернуть столик микроскопа из положения, когда грань кристалла или трещины спайности параллельны вертикальной нити, в положение угасания зерна. Угол поворота равен углу угасания. Достигать положения угасания можно, поворачивая столик как вправо, так и влево. При измерении угла

угасания столик вращают в сторону ближайшего угасания минерала, чтобы угол угасания был менее 45 °.

При определении угла угасания следует указывать, по отношению к какой оси оптической индикатрисы он измерен. В положении угасания оси оптической индикатрисы зерна располагаются параллельно нитям окуляра, но нужно определить наименования этих осей.

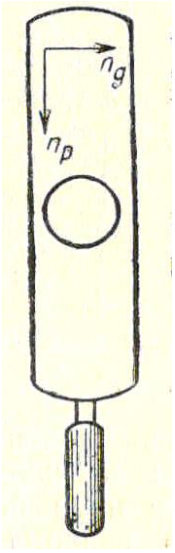


Рис. 12 . Компенсатор

Определение наименований осей индикатрисы производится с помощью *компенсаторов*, которые представляют собой кристаллические пластинки с известной разностью хода и фиксированным положением осей индикатрисы. Вдоль длинной стороны компенсаторов расположена ось N_p, а поперек длинной стороны - N_g (рис. 12).

Во многих случаях используется компенсатор с разностью хода 550-560 нм. Введенный в специальную прорезь тубуса микроскопа (см. рис. 1, 2), он дает красно-фиолетовую интерференционную окраску, поэтому его называют «красным».

Для определения наименования осей индикатрисы сначала ставим исследуемый минерал в положение угасания. В этом положении оси индикатрисы параллельны нитям окуляра (см. рис. 11). Затем поворачиваем столик микроскопа на 45 ° против часовой стрелки. Этим мы поворачиваем ось индикатрисы, которая совпадала с вертикальной нитью микроскопа, в положение, ориентированное параллельно прорези тубуса микроскопа, в которую вставляется компенсатор.

Вводим компенсатор и наблюдаем изменение интерференционной окраски минерала. Если оси индикатрисы минерала N_p и N_g *совпадают* по направлению с одноименными осями компенсатора (рис. 13), то происходит

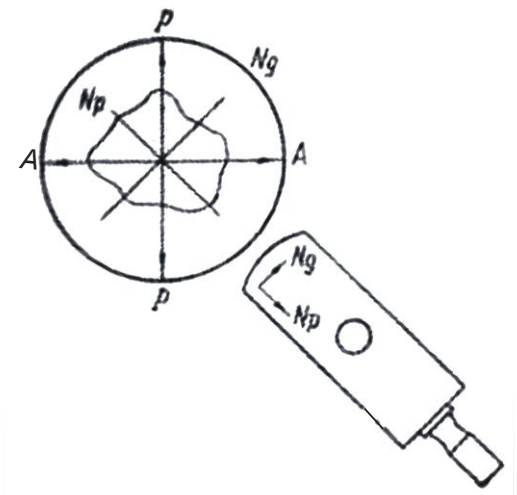


Рис. 13. Совпадение одноименных осей индикатрисы

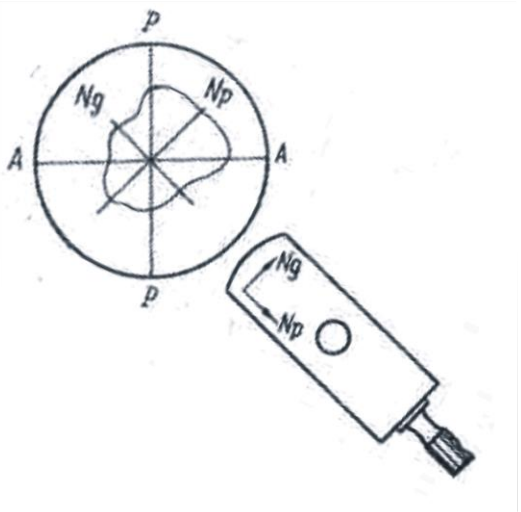


Рис. 14. Совпадение разноименных осей индикатрисы

сложение разностей хода минерала и компенсатора – интерференционная окраска *повышается*. Если оси индикатрисы минерала и компенсатора *не совпадают* по направлению (рис. 14), то общая разность хода уменьшается и интерференционная окраска *понижается*. Если компенсатором с разностью хода 550-560 нм устанавливают наименования осей индикатрисы зерна с интерференционной окраской **I порядка**, то повышение или понижение интерференционной окраски определяется по отношению к компенсатору.

Например, минерал обладает белой интерференционной окраской *I* порядка (*R* = 200 нм). При совпадении одноименных осей индикатрисы в минерале и в компенсаторе происходит сложение разностей хода (*R* = 200 + 560 = 760 нм) и интерференционная окраска повышается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до сине-зеленой *II* порядка (760 нм). При обратном расположении осей индикатрисы разность хода уменьшается (*R* = 560 - 200 = 360 нм) и интерференционная окраска понижается (относительно красной окраски компенсатора - 550-560 нм) до желтой *I* порядка (360 нм).

Компенсатор с разностью хода 550-560 нм может быть использован и при определении наименования осей индикатрисы минералов **с высокой интерференционной окраской.** Как отмечалось ранее, на скошенных краях зерен таких минералов могут наблюдаться участки (чаще всего в виде полосок по краям зерен) с низкой интерференционной окраской (серой, белой, желтой *I* порядка). По ним описанным выше способом можно определить наименование осей индикатрисы. В случае совпадения одноименных осей индикатрисы компенсатора и зерна серая окраска на скошенном крае зерна при введении компенсатора станет синей или зеленой и, наоборот, если у компенсатора и зерна совпадут разноименные оси, серая окраска на скошенном крае зерна станет желтой или оранжевой.

При работе с компенсатором рекомендуется контролировать правильность измерений, определяя у изучаемого зерна наименования обеих осей индикатрисы. Если в одном положении было, например, совпадение направления осей индикатрисы в зерне и в компенсаторе, то после поворота на 90 ° должен наблюдаться противоположный эффект.

Для определения наименования осей индикатрисы может быть использован также *кварцевый клин* – компенсатор, толщина которого увеличивается от одного его конца к другому. Направление тонкого конца обозначается на оправе острым углом треугольника (рис. 15). По мере введения кварцевого клина в прорезь тубуса микроскопа тонким концом вперед толщина

.

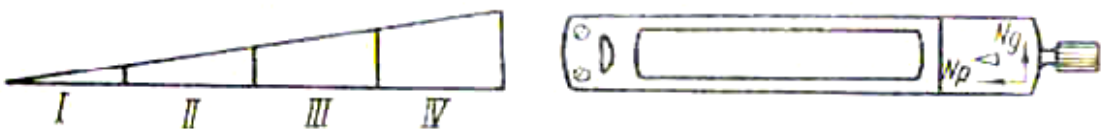


Рис. 15 . Кварцевый клин

наблюдаемой в поле зрения части компенсатора возрастает и видимая интерференционная окраска компенсатора последовательно повышается - от *I* до *III* и *IV* порядка (см. рис. 15), как на номограмме Мишель-Леви.

Кварцевый клин позволяет различать повышение или понижение интерференционной окраски по скошенным краям зерен высокодвупреломляющих минералов («метод бегущих полосок»).

Если при вдвигании кварцевого клина цветные полоски интерференционной окраски на скошенном крае зерна перемещаются *от центра* минерала к его краям, то оси эллипса в клине и в минерале *совпадают*. Если же цветные полоски при вдвигании клина перемещаются от краев зерна к центру, то оси эллипса в клине и в минерале не совпадают. Чтобы передвижение цветных полосок было заметно, следует вдвигать клин не слишком медленно. Следует иметь ввиду, что при несовпадении осей эллипса передвижение полосок обычно заметно лучше, чем при совпадении осей.

Порядок работы при определении угла угасания:

1) Находим зерно с наивысшей интерференционной окраской и системой четких параллельных трещин спайности; ставим зерно на центр нитей окуляра.

2) Поворотом столика микроскопа ставим трещины спайности параллельно вертикальной нити окуляра. Берем отсчет на лимбе столика микроскопа.

3) Поворачиваем столик микроскопа до ближайшего положения угасания минерала (то есть совмещаем одну из осей индикатрисы с вертикальной нитью окуляра). Снова берем отсчет на лимбе столика микроскопа. Разность первого и второго отсчетов - угол угасания.

4) В положении угасания зерно зарисовываем, отмечаем направления осей индикатрисы (параллельно нитям окуляра), трещин спайности и показываем измеренный угол угасания (чтобы лучше видеть спайность, зарисовку можно делать, выключив в положении угасания анализатор).

5) С помощью компенсатора определяем наименование оси индикатрисы, по отношению к которой измерен угол угасания. Подписываем наименования осей индикатрисы на зарисовке.

Записываем результаты измерения угла угасания: например, cN_g = 15 ° (угол между спайностью и N_g равен 15 °).

Знак удлинения

Знак удлинения характеризует ориентировку оптической индикатрисы относительно направления вытянутости кристаллов или относительно трещин спайности в вытянутых сечениях кристаллов.

Удлинение считается положительным, если ось индикатрисы N_g совпадает с длинной осью кристалла (трещинами спайности) или отклоняется от нее не более, чем на 30 ° ($cN_g \leq 30$ °). Если же такое положение занимает ось N_p ($cN_p \leq 30$ °), то удлинение считается отрицательным. При углах угасания, равных 30 - 45 °, знак удлинения не определяют.

Плеохроизм

Плеохроизм – способность минерала неодинаково поглощать свет разных частей спектра по различным направлениям. Плеохроизм проявляется в изменении собственной окраски минерала (наблюдается при выключенном анализаторе) при вращении столика микроскопа: поворачивая столик микроскопа, мы изменяем положение зерна относительно плоскости колебаний света, выходящего из поляризатора.

Различают три типа плеохроизма:

1) изменяется интенсивность окраски, а цвет сохраняется (например, у биотита, который может плеохроировать от светло- до темно-бурого цвета);

2) изменяется как интенсивность окраски, так и цвет минерала (например, у роговая обманки, которая может при вращении столика микроскопа менять окраску от светло-желтой до темно-зеленой);

3) изменение окраски не сопровождается изменением ее интенсивности (например, у гиперстена, который плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого).

Для определения окраски по N_g и N_p используют зерно минерала с наивысшей интерференционной окраской. Сначала в зерне определяют положение и наименования осей индикатрисы. Затем устанавливают зерно в положение угасания. Выключают анализатор и наблюдают окраску по той оси индикатрисы, которая в данный момент совмещена с плоскостью колебаний поляризатора (например, N_g). Затем поворотом столика на 90 ° совмещают с направлением колебаний света в поляризаторе другую ось индикатрисы (например, N_p) и, выключив анализатор, наблюдают соответствующую ей окраску.

Для определения окраски по N_m (у двуосных минералов) используются разрезы с наинизшей интерференционной окраской. В скрещенных николях такие разрезы черные или темно-серые и остаются таковыми при вращении столика микроскопа. Разрез с наинизшей интерференционной окраской соответствует круговому сечению индикатрисы, радиусом которого является N_m, так что при любом повороте столика микроскопа собственная окраска минерала (наблюдаемая при выключенном анализаторе) в этом разрезе одинакова и характеризует N_m. Чаще всего окраска по N_m является промежуточной между окрасками по N_g и N_p.

Записав цвета по осям индикатрисы (запись ведется с указанием окраски и ее интенсивности, например: N_g – темно-зеленая, N_p – светлая зеленовато-желтая), составляем *схему абсорбции* (поглощения света).

Если окраска по N_g более темная, чем по N_m, а последняя более темная, чем по N_p, то схема абсорбции называется *прямой* (обозначается $N_g > N_m > N_p$). Такая схема абсорбции наблюдается, например, у биотита.

Если окраска по N_p более темная, чем N_m, а последняя более темная, чем по N_g, то схема абсорбции называется *обратной* (обозначается $N_g < N_m < N_p$), например, у эгирина.

В тех случаях, когда меняется только окраска, а густота окраски не меняется, исследование плеохроизма ограничивается записями окрасок по осям индикатрисы: например, у гиперстена: N_g – бледно-зеленая, N_p – бледно-розовая.

1.5. Исследования при включенном анализаторе в сходящемся свете

Метод исследования в сходящемся свете (коноскопический метод) основан на использовании прохождения через кристалл сходящегося (в виде конуса) пучка плоскополяризованных лучей, которые пересекаются в центре кристалла. При этом под микроскопом наблюдается не сам кристалл, а его интерференционная (коноскопическая) фигура.

Исследования в сходящемся свете позволяют определить осность минерала, его оптический знак и приближенно величину угла оптических осей ($2V$) двуосных минералов.

Методика работы

Изучение минералов коноскопическим методом проводится при включенном анализаторе с введенной в осветительную систему микроскопа линзой Лазо (см. рис. 2, 3), создающей сходящийся пучок лучей. Пройдя через кристалл, лучи становятся расходящимися. Чтобы затем собрать эти лучи, используют объектив с увеличением 40^x или 60^x. После прохождения собранных лучей через анализатор возникает оптический эффект, называемый интерференционной, или коноскопической, фигурой. Ее рассматривают при вынутом окуляре или через окуляр, но с линзой Бертрана.

Чаще всего в сходящемся свете изучают разрезы, перпендикулярные к оптической оси, или близкие к этому направлению.

Порядок работы:

1. В параллельном свете с объективом 8^x или 9^x находим разрез минерала с наиболее низкой интерференционной окраской – черной или темно-серой, не меняющейся или почти не меняющейся при вращении столика микроскопа (в случае минерала с высоким двупреломлением можно использовать и сечения с белой и желтоватой окраской *I* порядка). Если минерал окрашен, то без анализатора такое зерно не должно обнаруживать плеохроизма. Зерно должно быть достаточно крупным – при большом увеличении (60^x или 40^x) занимать не менее четверти поля зрения.

Помещаем это зерно в центр поля зрения. При выключенном анализаторе добиваемся наиболее яркого и равномерного освещения поля зрения; полностью открываем диафрагму, поднимаем осветительное устройство вверх до упора.

2) Меняем объектив 8^x или 9^x на объектив 60^x или 40^x (предварительно хорошо отцентрированный) и еще раз проверяем, что шлиф установлен

покровным стеклом вверх. Объектив с большим увеличением имеет короткое фокусное расстояние. Это расстояние меньше толщины предметного стекла и при попытке сфокусировать его на минерал в шлифе, положенном покровным стеклом вниз, шлиф может быть раздавлен и объектив испорчен.

Наводим на фокус. Чтобы не раздавить шлиф, сначала опускаем тубус винтом грубой наводки, смотря сбоку на объектив. Подводим объектив к шлифу так, чтобы между входной линзой объектива и поверхностью шлифа остался лишь незначительный просвет (меньше миллиметра). После этого, глядя в окуляр, начинаем поднимать тубус и наводим на резкость.

3) Включаем анализатор и линзу Лазо, а затем вводим линзу Бертрана или вынимаем окуляр. Наблюдаем коноскопическую фигуру (без окуляра она будет маленькой и четкой, а с окуляром и линзой Бертрана – менее четкой, но зато более крупной).

Разрез, перпендикулярный оптической оси одноосного кристалла

В данном разрезе коноскопическая фигура имеет вид темного креста, ветви (балки) которого ориентированы вдоль нитей окуляра и пересекаются в центре поля зрения (в точке выхода оптической оси). При вращении столика микроскопа крест не изменяет своего положения (рис. 16).

У минералов с низким двупреломлением (кварц, нефелин) контуры коноскопического креста расплывчатые, между балками креста - интерференционная окраска *I* порядка. У минералов с высоким двупреломлением балки креста более тонкие и четкие, между балками располагаются цветные кольца интерференционной окраски нескольких порядков.

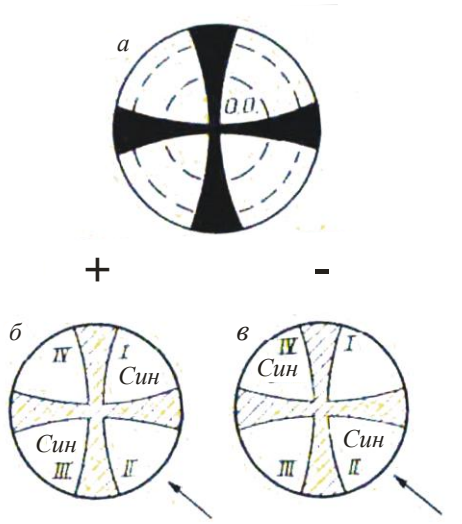


Рис. 16. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (*а*), и определение оптического знака в этом разрезе с помощью компенсатора (*б, в*)

Для определения оптического знака кристалла можно использовать компенсатор с разностью хода 560-570 нм. Получив коноскопическую фигуру, вводим компенсатор в прорезь тубуса микроскопа и наблюдаем изменение интерференционной окраски у перекрестия балок креста. Если во *II* и *IV* квадрантах появляется желтая окраска первого порядка, а в *I* и *III* квадрантах– синяя окраска второго порядка, то кристалл оптически положителен (рис. 16, *б*). Если во *II* и *IV* квадрантах возникает синяя окраска второго порядка, а в *I* и *III* квадрантах – желтая окраска первого порядка, то кристалл оптически отрицателен (рис. 16, *в*). Сам крест приобретает при этом красную окраску, соответствующую разности хода компенсатора (R = 560-570 нм).

Если разрез не строго перпендикулярен оптической оси, то центр коноскопической фигуры (креста) будет смещен относительно перекрестия нитей окуляра. При вращении столика микроскопа центр креста будет описывать окружность вокруг центра поля зрения, а балки креста будут перемещаться параллельно нитям окуляра. Горизонтальная балка при этом перемещается снизу вверх или сверху вниз, а вертикальная – справа налево или слева направо (рис. 17).



Рис. 17. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в косом разрезе (стрелками показано направление вращения столика)

При определении оптического знака в данном случае крест коноскопической фигуры следует перед введением компенсатора установить так, чтобы большая часть поля зрения была занята *II* или *IV* квадрантом (см. рис. 16), а далее вести определение, как описано выше.

Разрез, перпендикулярный оптической оси двуосного кристалла

Коноскопическая фигура имеет вид темной изогнутой полосы – *изогиры*, проходящей через центр поля зрения (выход оптической оси). При вращении столика микроскопа изогира поворачивается вокруг центра поля зрения, то выпрямляясь (при совпадении с одной из нитей окуляра), то изгибаясь (рис. 18).

Если разрез ориентирован строго перпендикулярно оптической оси, изогира при вращении столика микроскопа из поля зрения не выходит. Если же разрез ориентирован не совсем перпендикулярно оптической оси, то изогира

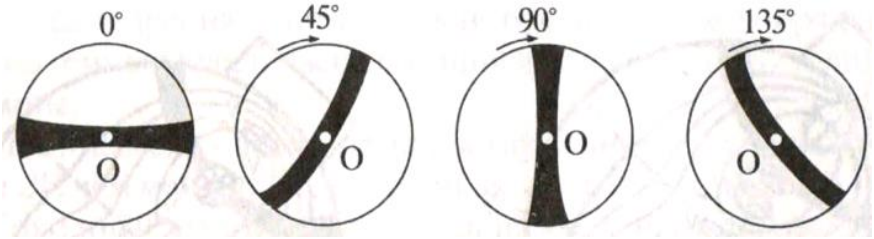


Рис.18. Коноскопическая фигура двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (O), и ее поведение при вращении столика микроскопа (показано стрелками)

при вращении столика может уходить за пределы поля зрения, перемещаясь *диагонально* по отношению к нитям окуляра (это отличает сечения двуосных кристаллов от косых разрезов одноосных кристаллов, когда балки креста перемещаются *параллельно* нитям окуляра).

По степени изогнутости изогиры приближенно можно оценить величину угла *2V*. Для этого изогиру нужно установить под углом 45 ° к нитям окуляра. Чем больше угол оптических осей, тем меньше изогнута изогира, а при угле *2V*, равном 90 °, она становится прямолинейной (рис. 19).

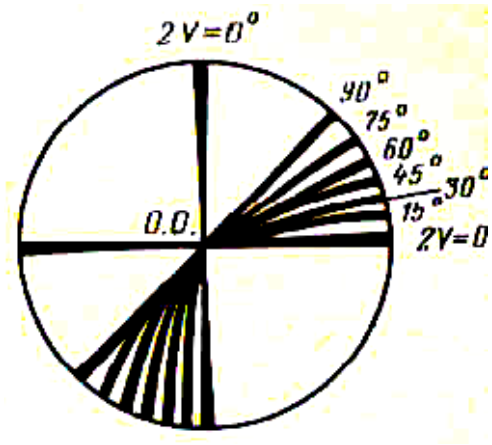


Рис.19 . Диаграмма для приближенной оценки величины угла *2V* в разрезе, перпендикулярном оптической оси

Для определения оптического знака двуосного минерала следует повернуть столик микроскопа так, чтобы изогира располагалась поперек направления введения компенсатора (рис. 20). Если при введенном компенсаторе на выпуклой стороне изогиры появится синий, а на вогнутой – желтый цвет, то минерал оптически положительный. Если распределение окрасок обратное, то минерал оптически отрицательный (см. рис. 20). Сама изогира в обоих случаях принимает красную окраску.

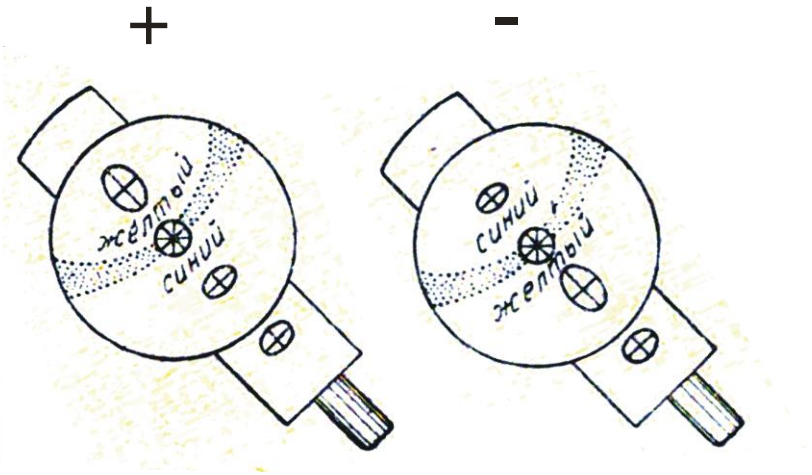


Рис. 20. Определение оптического знака двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (рисунок с введенным компенсатором)

1.6. План описания минерала под микроскопом

Приступая к описанию исследуемого минерала, нужно сначала внимательно просмотреть весь шлиф (при выключенном и при включенном анализаторе) и примерно оценить, сколько и какие минералы имеются в шлифе. После этого изучаемый минерал описывают в следующем порядке.

При выключенном анализаторе

1. Процентное содержание минерала в породе – путем сравнения площади, занимаемой минералом, с площадью поля зрения.

2. Размеры зерен минерала. Измеряют длину и ширину преобладающих по размеру зерен.

3. Форма зерен в различных разрезах и, как вывод, пространственная форма кристалла.

4. Спайность. Отмечают наличие или отсутствие спайности, степень ее совершенства, число направлений спайности, величину угла между плоскостями спайности.

5. Цвет и плеохроизм минерала.

6. Показатель преломления: направление перемещения полоски Бекке, характер ограничений, рельефа, шагреневой поверхности, группа по таблице Лодочникова. Псевдоабсорбция.

При включенном анализаторе

А. В параллельном свете

7. Толщина шлифа.

8. Двупреломление, с указанием наивысшей интерференционной окраски и метода определения.

9. Угасание и ориентировка осей индикатрисы с зарисовкой.

10. Характер удлинения.

11. Схема плеохроизма с указанием окраски по осям индикатрисы.

Б. В сходящемся свете

12. Осность.

13. Оптический знак.

14. *2V* (грубая оценка).

1.7. Примеры описания минералов в шлифе

(по Л. И. Кравцовой и М. Н. Чукашевой, с изменениями)

1. Зерна минерала в шлифе имеют преимущественно вытянутую форму с прямолинейными ограничениями параллельно спайности и неровными поперек спайности. Реже встречается неправильная, близкая к изометричной, форма зерен. В разрезах вытянутой формы наблюдается весьма совершенная спайность в виде тонких почти непрерывных линий вдоль удлинения. В зернах изометричной формы спайности не наблюдается. Судя по этим данным, минерал имеет пластинчатую форму.

Минерал в шлифе прозрачен, бесцветен. Показатель преломления выше, чем у канадского бальзама, так как полоска Бекке при поднятии тубуса микроскопа перемещается в сторону минерала. Ограничения и шагреневая поверхность относительно слабые. По этим признакам минерал относится к IV группе таблицы Лодочникова.

Минерал обладает псевдоабсорбцией: при совмещении спайности с вертикальной нитью окуляра ограничения и шагреневая поверхность более отчетливы, чем при совмещении спайности с горизонтальной нитью.

В скрещенных николях минерал имеет прямое угасание относительно спайности и положительное удлинение (cN_g = 0 °).

Толщина шлифа определена по кварцу. Наивысшая интерференционная окраска кварца желтовато-белая *I* порядка, что соответствует разности хода 300 нм. Зная, что у кварца $N_g - N_p$ = 0.009, по номограмме Мишель-Леви находим, что толщина шлифа равна 0.033 мм.

Наивысшая интерференционная окраска исследуемого минерала красная *II* порядка (разность хода 1050 нм), что соответствует, по номограмме Мишель-Леви, величине двупреломления $N_g - N_p$, равной 0.032.

Для определения осности минерала использовано зерно изометричной формы с белой интерференционной окраской *I* порядка. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде изогиры, из чего можно сделать вывод, что минерал двуосен. По кривизне изогиры *2V* = 40 - 50 °. Оптический знак минерала отрицательный – на вогнутой стороне изогиры при введении компенсатора появляется синяя окраска.

Судя по приведенным данным, изученный минерал – мусковит.

2. Минерал образует сечения прямоугольной удлиненной формы, с отношением длины к ширине 4:1 (со спайностью вдоль удлинения), а также ромбовидной формы (со спайностью по двум направлениям под углом 124 °). Из этого можно сделать вывод, что кристаллы минерала имеют призматический облик.

Минерал прозрачный, окрашен в зеленый цвет и обнаруживает плеохроизм, проявляющийся в изменении цвета и интенсивности окраски. По показателю преломления минерал соответствует V группе таблицы Лодочникова: имеет ясные ограничения, ясную шагреневую поверхность и положительный рельеф.

В скрещенных николях в отдельных зернах (преимущественно в поперечных разрезах) наблюдаются простые двойники. Наивысшая интерференционная окраска синяя *II* порядка, разность хода 700 нм (определено по естественному клину на краю зерна). Толщина шлифа определена по плагиоклазу, двупреломление которого принято равным 0.008. Наивысшая интерференционная окраска плагиоклаза в шлифе белая *I* порядка, соответствующая разности хода 250 нм. По этим данным толщина шлифа, определенная по номограмме Мишель-Леви, равна 0.031 мм. Используя данное значение толщины шлифа, определяем по номограмме двупреломление изучаемого минерала: $N_g - N_p$ = 0.022.

Угасание относительно спайности в разрезе с наивысшей интерференционной окраской косое: cN_g = 18 °, удлинение положительное. Прямая схема абсорбции $N_g > N_m > N_p$: окраска по N_g – густая сине-зеленая, по N_m - буровато-зеленая, по N_p – светлая желто-зеленая.

Осность определялась в изотропном сечении. В сходящемся свете наблюдалась интерференционная фигура в виде слабо изогнутой изогиры - минерал двуосный, угол *2V* около 70 - 80 °. Оптический знак отрицательный –

при введенном компенсаторе на вогнутой стороне изогиры наблюдалась синяя окраска.

По полученным данным минерал диагностируется как амфибол (роговая обманка).

1.8. Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия «оптическая ось кристалла».
2. Что означает величина $2V$?
3. Каков оптический знак кристалла, если острой биссектрисой угла $2V$ является N_g?
4. Для чего в микроскопе предназначена диафрагма?
5. Существует ли связь между положением нитей в окуляре микроскопа и расположением плоскостей поляризации в поляризаторе и анализаторе?
6. Как ориентирована плоскость колебаний поляризатора в Вашем микроскопе?
7. Как производится центрировка микроскопа?
8. Чему равняется цена минимального деления шкалы окуляр-микрометра с объективом 8^x?
9. Какие оптические свойства минералов определяются при выключенном анализаторе?
10. При каком положении николей (поляризатора и анализатора) наблюдают плеохроизм?
11. Что является причиной псевдоабсорбции?
12. Каково положение осей индикатрисы в зерне минерала в момент его угасания?
13. Дайте определение понятия «сила двойного лучепреломления».
14. Перечислите цвета интерференции, относящиеся к I порядку.
15. В каких разрезах индикатрисы интерференционная окраска кристалла наивысшая, и в каких наинизшая?
16. Для определения каких констант используются разрезы с наивысшей интерференционной окраской?
17. Какова наивысшая интерференционная окраска у пироксена, если N_g = 1.654, N_p= 1.664, а толщина шлифа равна 0.03 мм?
18. Какова толщина шлифа, если плагиоклаз имеет наивысшую интерференционную окраску желтую I порядка (разность хода 400 нм) при N_g - N_p = 0.008 ?
19. Какое зерно минерала выбирается для определения угла угасания?
20. Какая ось индикатрисы совпадает с длинной стороной компенсатора?
21. В каких разрезах плеохроичных минералов можно наблюдать окраску по N_m?
22. По каким признакам выбирается в шлифе зерно минерала для определения осности и оптического знака?

23. Как в сходящемся свете отличить минерал тетрагональной сингонии от минерала ромбической сингонии?
24. Чем отличается коноскопическая фигура одноосного и двуосного кристаллов в разрезах, перпендикулярных оптической оси?
25. Чем отличается коноскопическая фигура в разрезе, перпендикулярном оптической оси, у двуосных минералов при угле *2V*, близком к 90 °, и при угле *2V*, близком к 0 °?

2. ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ МИНЕРАЛЫ

2.1. Минералы магматических пород

Кварц

SiO_2. Низкотемпературный кварц относится к тригональной сингонии, а высокотемпературный – к гексагональной.

В интрузивных породах форма зерен кварца чаще всего неправильная. В вулканических и жильных породах кварц образует вкрапленники в форме гексагональной дипирамиды (продольные сечения таких вкрапленников могут иметь квадратную форму) или в виде изометричных округлых выделений.

Без анализатора прозрачный, бесцветный, без спайности и вторичных изменений. Иногда наблюдается волнистое угасание.

Показатели преломления (наибольший - 1.553, наименьший - 1.544) больше показателя преломления канадского бальзама. Относится к *III* группе Лодочникова – шагреневая поверхность отсутствует, рельеф слабый положительный, ограничения заметны слабо.

Двупреломление 0.009. Интерференционная окраска серая, белая, в утолщенных шлифах – желтая *I* порядка. Одноосный, положительный.

Кварц может быть сходен в шлифах с несдвойникованным плагиоклазом. В этом случае его можно отличить от плагиоклаза по осности и отсутствию спайности. От калиевых полевых шпатов кварц отличается более высоким показателем преломления и осностью. Кварц можно спутать с нефелином, от которого он отличается оптическим знаком и отсутствием вторичных изменений. С кварцем в шлифах сходен также свежий кордиерит, но последний нередко имеет двойниковое строение и двуосен.

Нефелин $Na_3K(A1SiO_4)_4$

Гексагональная сингония. Идиоморфные зерна нефелина имеют форму гексагональных призм и дают срезы прямоугольной или правильной шестиугольной формы. Во многих случаях образует зерна неправильной формы.

Без анализатора прозрачный, бесцветный (измененный – сероватый, мутный). Спайность плохо выражена и может не наблюдаться.

Показатель преломления близок к показателю преломления канадского бальзама (n_o = 1.532 - 1.547, n_e = 1.529 - 1.542). Рельеф и шагреневая поверхность отсутствуют.

Двупреломление 0.003 – 0,005. Интерференционная окраска серая *I* порядка. Иногда почти изотропный.

Одноосный, отрицательный. Для определения осности нефелина следует выбирать совершенно изотропные сечения, так как вследствие низкого двупреломления он дает расплывчатую коноскопическую фигуру (это является одним из отличий нефелина от кварца, у которого даже в недостаточно изотропных сечениях получается отчетливая коноскопическая фигура).

Нефелин легче других минералов магматических пород подвергается вторичным изменениям – замещению канкринитом, цеолитами, серицитом (показатель преломления канкринита и цеолитов ниже, чем у канадского бальзама и у нефелина; канкринит в скрещенных николях по ярким цветам интерференции напоминает мусковит, от которого отличается низким показателем преломления, отрицательным знаком удлинения и одноосностью; цеолитам свойственно низкое двупреломление и розовый дисперсионный эффект).

Нефелин обладает сходством с кварцем и калиевым полевым шпатом. От кварца нефелин отличается меньшим двупреломлением, оптическим знаком, а также по присутствию продуктов изменения и иногда – слабо проявленной спайности. Показатель преломления нефелина не может служить достаточным критерием для отличия его от кварца, так как он изменчив и по величине иногда больше, чем у канадского бальзама. Совместно с кварцем нефелин не встречается. Калиевые полевые шпаты, в отличие от нефелина, имеют отчетливо отрицательный рельеф, совершенную спайность и оптически двуосны (кроме санидина).

Калиевые полевые шпаты

Калиевые полевые шпаты - санидин, ортоклаз, микроклин - имеют общий состав $K(AlSi_3O_8)$. Санидин и ортоклаз моноклинные, микроклин триклинный. Они являются тремя структурными разновидностями одного минерального вида «калиевый полевой шпат».

В шлифах эти минералы представлены идиоморфными таблитчатыми зернами (в эффузивных породах), либо зернами изометрической или неправильной формы (в ряде интрузивных и метаморфических пород).

Неизмененные калиевые полевые шпаты обычно бесцветны. Они обладают совершенной спайностью по двум направлениям - в моноклинных кристаллах угол между плоскостями спайности 90°, а в триклинных - незначительно отличается от 90°. В шлифах в зернах калиевого полевого шпата часто видно лишь одно направление спайности.

Характерны низкие показатели преломления - ниже, чем у канадского бальзама, и ниже, чем у любого плагиоклаза, в том числе альбита. Это важнейший диагностический признак калиевых полевых шпатов, отличающий

их от кварца и плагиоклазов. В связи с этим присутствие калиевого полевого шпата в шлифе можно устанавливать при выключенном анализаторе по дисперсионному эффекту (см. раздел 1.3). Особенно полезно использовать дисперсионный эффект, когда калиевый полевой шпат образует мелкие зерна, которые можно спутать с зернами несдвойникованного кислого плагиоклаза и кварца.

Интерференционная окраска калиевых полевых шпатов низкая (темно-серая, серая) – двупреломление редко превышает 0.007, а у санидина может иногда опускаться до 0.003.

Измененные (пелитизированные) калиевые полевые шпаты без анализатора выглядят буроватыми (в отличие от сероватых соссюритизированных плагиоклазов).

Санидин – наименее упорядоченная разновидность калиевых полевых шпатов. Кристаллизуется при температуре более 800 °С и сохраняется при условии быстрого охлаждения минерала (в эффузивных породах).

В шлифах санидин свежий, типичны водяно-прозрачные кристаллы с прямым угасанием относительно (010), простыми двойниками и очень малой, в отличие от остальных полевых шпатов, величиной угла *2V* (0 - 40 °), в силу чего в сходящемся свете санидин дает коноскопическую фигуру одноосного кристалла.

Ортоклаз – калиевый полевой шпат с промежуточной степенью упорядоченности между санидином и микроклином. В шлифах отличается от санидина большим углом *2V* (40 - 80 °) и нередкой пелитизацией.

Микроклин - наиболее упорядоченный калиевый полевой шпат. Образуется при температуре ниже 600 - 650 °С в условиях медленного охлаждения или является продуктом преобразования ортоклаза и санидина, возникших при более высокой температуре.

Микроклин узнается по максимальному углу *2V* (80 - 85 °), косому угасанию относительно (010) и частому присутствию характерных полисинтетических двойников решетчатого облика, в которых сочетаются альбитовый и периклиновый законы двойникования (микроклиновая решетка). Двойниковая решетка микроклина отличается от перекрещивающихся полисинтетических двойников плагиоклаза узловатым строением и нерезкими границами полосок. Решетчатые двойники видны в плоскости (100). В других разрезах наблюдаются полоски одного направления, которые отличаются от прямых и параллельных двойников плагиоклаза расплывчатыми контурами.

В некоторых случаях в отдельных участках зерен решетчатая структура микроклина может становиться все более тонкой, вплоть до ее полного видимого исчезновения; в таких участках микроклин под микроскопом неотличим от ортоклаза. Поэтому при микроскопической диагностике калиевых полевых шпатов следует выделять санидин (с малым углом *2V*), микроклин (с решетчатой структурой) и нерешетчатый калиевый полевой шпат, который может быть как ортоклазом, так и микроклином.

Для точной диагностики калиевых полевых шпатов используют столик Федорова и рентгеноструктурный анализ.

Из-за большой разницы в размерах ионов калия (1,33 Å) и натрия (0,98 Å) изоморфизм между ними в калиевых полевых шпатах осуществляется только при высоких температурах и при быстрой кристаллизации. При последующем медленном понижении температуры первоначально гомогенная кристаллическая фаза распадается на калиевую и натриевую: в калиевом полевом шпате образуются тонкие закономерно ориентированные вростки альбита - *пертиты*; вростки калиевого полевого шпата в плагиоклазе - *антипертиты*.

Наряду с пертитами, образующимися при распаде высокотемпературного твердого раствора калишпат - альбитового состава (пертиты распада) встречаются также пертиты замещения, которые образуются в результате замещения калиевого полевого шпата альбитом при постмагматической альбитизации.

Закономерные прорастания калиевого полевого шпата и кварца графической структуры называются *микропегматитовыми*.

По отношению к серицитизации калиевые полевые шпаты обычно более устойчивы, чем плагиоклазы. Поэтому в одной и той же породе серицитизированные плагиоклазы могут соседствовать с совершенно свежими несерицитизированными зернами калиевого полевого шпата.

Калиевый полевой шпат можно спутать в шлифах с кварцем, нефелином и плагиоклазом.

Кварц не имеет спайности и практически не замещается вторичными минералами, а потому не имеет мутноватого облика. В случае же водяно-прозрачных разностей калиевого полевого шпата (санидина и адуляра), главным отличием является показатель преломления, который у кварца во всех сечениях больше, а у калиевых полевых шпатов меньше, чем у канадского бальзама. Кварц одноосный и положительный, а из всех полевых шпатов одноосным может быть только санидин; при этом его оптический знак отрицательный. При одинаковой толщине шлифа интерференционная окраска кварца (светло-серая, белая) чаще всего выше, чем у калиевых полевых шпатов (серая).

Нефелин одноосен, чем сходен с санидином. Но показатель преломления нефелина в зависимости от сечения может быть то выше, то ниже, чем у канадского бальзама. Идиоморфные зерна нефелина часто дают сечения прямоугольной или квадратной формы с прямым угасанием, в то время как для калиевого полевого шпата характерно косое угасание.

Микроклин при наличии микроклиновой решетки может быть по ней отличим от других минералов, в том числе от плагиоклазов. У плагиоклазов границы двойников прямые, тогда как у микроклина двойники веретеновидные с расплывчатыми границами. Несдвойникованные плагиоклазы и калиевые

полевые шпаты между собой отличаются с трудом - по характеру вторичных изменений (пелитизация калиевых полевых шпатов и серицитизация, соссюритизация плагиоклазов) и по показателю преломления.

У плагиоклазов, более основных, чем олигоклаз, показатель преломления всегда выше канадского бальзама, и лишь у кислых плагиоклазов он может быть ниже канадского бальзама. У калиевых полевых шпатов показатель преломления еще ниже, чем у кислых плагиоклазов. В мелкозернистых агрегатах для отличия калиевого полевого шпата от плагиоклазов может быть использован упоминавшийся выше дисперсионный эффект.

Плагиоклазы

Плагиоклазы (триклинная сингония) представляют собой изоморфные смеси альбита $Na(AlSi_30_8)$ и анортита $Ca(A1_2Si_20_8)$; процентное содержание анортита в плагиоклазе называется номером плагиоклаза.

Номер плагиоклаза		
0 - 10	альбит	кислый плагиоклаз
10 - 30	олигоклаз	"
30 - 50	андезин	средний плагиоклаз
50 - 70	лабрадор	основной плагиоклаз
70 - 90	битовнит	"
90 - 100	анортит	"

Форма кристаллов плагиоклазов чаще всего таблитчатая. Как и калиевые полевые шпаты, плагиоклазы в шлифах бесцветны – водяно-прозрачны, или же содержат скопления мельчайших включений, придающие им мутноватый характер. Спайность по двум направлениям под углом около 87 °.

Показатели преломления плагиоклазов: n_g = 1.538 - 1.590, n_p = 1.527 - 1.572. Значения показателей преломления возрастают с увеличением номера плагиоклаза: у альбита показатель преломления несколько ниже, чем у канадского бальзама, у олигоклаза примерно равен, а у средних и тем более основных плагиоклазов он выше, чем у канадского бальзама (в связи с этим у основных плагиоклазов появляется шагреневая поверхность).

Двупреломление 0.007 - 0.013 (минимальное – у олигоклаза), так что при включенном анализаторе при нормальной толщине шлифа наблюдается интерференционная окраска, подобная интерференционной окраске кварца (серовато-белая, белая, реже желтоватая *I* порядка), и лишь у плагиоклазов, близких по составу к анортиту, она может быть желтой *I* порядка.

Оптически двуосные, с большим углом *2V* (± 70 - 90 °).

Очень характерно наличие полисинтетических двойников, особенно по альбитовому (имеют отрицательное удлинение) и периклиновому (имеют положительное удлинение) законам. У основных плагиоклазов обычны редкие широкие двойниковые полосы, у кислых – более многочисленные тонкие двойниковые полоски. Двойники, особенно по альбитовому закону, настолько

характерны для плагиоклазов, что позволяют отличать по ним плагиоклазы от других минералов.

Периклиновые и альбитовые двойники могут одновременно присутствовать в одном и том же зерне плагиоклаза. В этом случае наблюдается решетчатая структура, напоминающая такую же структуру микроклина, но отличающаяся тем, что двойниковые полоски всегда ограничены прямыми линиями, а не имеют веретеновидный облик с раздувами и пережимами, как у микроклина.

Зернам плагиоклазов свойственна зональность, наиболее хорошо развитая в вулканических породах, но практически всегда присутствующая и в плутонических породах. От центра к краям зерен плагиоклаза в большинстве случаев наблюдается повышение содержания альбитового компонента (прямая зональность). Реже встречается обратная зональность, характеризующаяся снижением содержания альбитового компонента к краям зерен. Иногда наблюдается ритмическая зональность с более сложным изменением состава от центра к краям зерен плагиоклаза.

Мирмекиты – червеобразные и каплевидные (в зависимости от разреза) вростки кварца в плагиоклазе на стыке его с калиевым полевым шпатом.

Вторичные изменения плагиоклазов: по кислым плагиоклазам развивается серицит, по основным – соссюрит (тонкозернистая смесь альбита, кальцита и минералов группы эпидота), пренит (сходен с серицитом, в отличие от которого имеет более высокий показатель преломления и отрицательное удлинение в разрезах со спайностью). Поэтому кислые и основные плагиоклазы можно в первом приближении различать по характеру вторичных изменений.

Серицитизированные плагиоклазы в шлифе при наблюдении без анализатора бесцветны, а соссюритизированные – из-за высокого рельефа минералов группы эпидота – серые, реже буроватые (при очень тонкозернистой соссюритизации). В скрещенных николях соссюрит имеет серую интерференционную окраску; высокие цвета интерференции имеют лишь отдельные достаточно крупные зерна эпидота.

Основные плагиоклазы легче подвергаются вторичным изменениям, чем кислые. Поэтому в зернах плагиоклаза, обладающих прямой зональностью, при почти полном разложении центральных частей зерен (имеющих более основной состав) наружные зоны роста (имеющие более кислый состав) могут быть чистыми, почти не затронутыми вторичными изменениями.

Плагиоклазы в шлифах можно спутать с калиевыми полевыми шпатами, кварцем, нефелином.

От калиевых полевых шпатов средние и основные плагиоклазы отличаются отчетливо положительным рельефом (калиевые полевые шпаты имеют отрицательный рельеф). Несдвойникованные кислые плагиоклазы отличаются от калиевых полевых шпатов вторичными изменениями: калиевые полевые шпаты подвергаются пелитизации, а плагиоклазы – серицитизации и

соссюритизации. Плагиоклаз с одновременно присутствующими альбитовыми и периклиновыми двойниками можно спутать с микроклином, имеющим микроклиновую решетку. Но двойники плагиоклазов имеют четкие и прямые границы, в то время как микроклиновая решетка имеет многочисленные раздувы и пережимы.

При отсутствии двойников плагиоклазы отличаются от кварца наличием спайности и вторичных изменений, а также тем, что кварц является одноосным положительным минералом, в то время как плагиоклазы двуосны.

От нефелина плагиоклазы отличаются частым присутствием двойников и более высоким двупреломлением; кроме того, нефелин, в отличие от плагиоклазов – одноосный отрицательный минерал.

Определение состава плагиоклаза

Полная и надежная диагностика плагиоклазов, включающая в себя определение их состава, степени упорядоченности и закона двойникования, под микроскопом может быть проведена с использованием специальных федоровского и иммерсионного методов. Более точное определение состава плагиоклазов (с учетом зональности кристаллов) производится с помощью электронного микрозонда. Однако достаточно надежные оценки состава плагиоклаза можно получить с помощью поляризационного микроскопа и без использования специальных методик. Рассмотрим один из методов определения состава плагиоклазов, основанный на данных по ориентировке оптической индикатрисы в кристаллах плагиоклаза разного состава.

Метод Мишель-Леви (метод максимального симметричного угасания)

Для определения номера плагиоклаза используются зерна с хорошо выраженными двойниками по альбитовому закону (эти двойники имеют отрицательное удлинение).

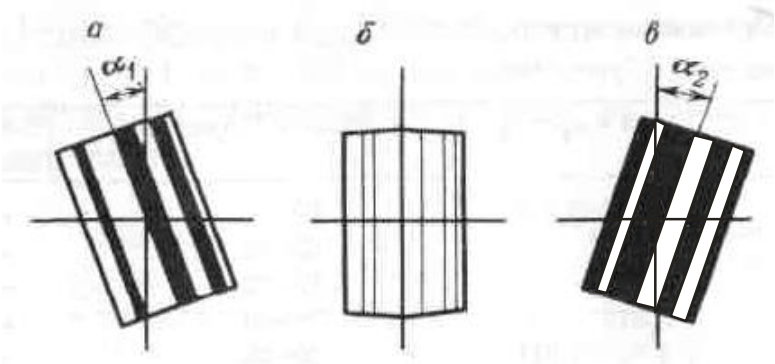


Рис. 21. Зерно плагиоклаза с симметричным угасанием альбитовых двойников:
а, в – моменты угасания первой (*а*) и второй (*в*) систем двойников;
б – при совпадении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра
(двойниковые полоски имеют одинаковую интерференционную окраску)

При выборе зерен для замеров необходимо следовать следующим критериям:

1) граница между двойниковыми полосками должна быть четкая и резкая, при поднятии и опускании тубуса микроскопа она не должна смещаться в сторону;

2) в положении, когда двойниковый шов параллелен вертикальной нити окуляра, двойники по обе стороны от нее должны иметь одинаковую интерференционную окраску, то есть в этом положении двойниковое строение становится неразличимым (рис. 21, *б*)

Кроме того, следует стараться выбирать такие разрезы, которые при совмещении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра являются более светлыми (углы угасания двойников в таких разрезах больше).

Найдя нужное зерно, измеряем угол угасания сначала для одной системы двойниковых полосок (поворотом столика в одну сторону – α_1 на рис. 21, *а*), а затем - для второй системы двойниковых полосок (поворотом столика в другую сторону– α_2 на рис. 21, *в*). Разница между углами угасания обеих систем двойников не должна превышать 3 - 4 ° («симметричное угасание»). Из двух полученных значений определяют средний угол симметричного угасания.

Измерение угла симметричного угасания производят у трех - пяти зерен и из полученных замеров берут максимальное значение, по которому определяют номер плагиоклаза, используя диаграмму, приведенную на рис. 22. На диаграмме по горизонтальной оси указаны номера плагиоклазов, а по вертикальной – углы угасания (если показатель преломления плагиоклаза выше, чем у канадского бальзама, угол угасания берется со знаком плюс, а если меньше или равен показателю преломления канадского бальзама – со знаком минус).

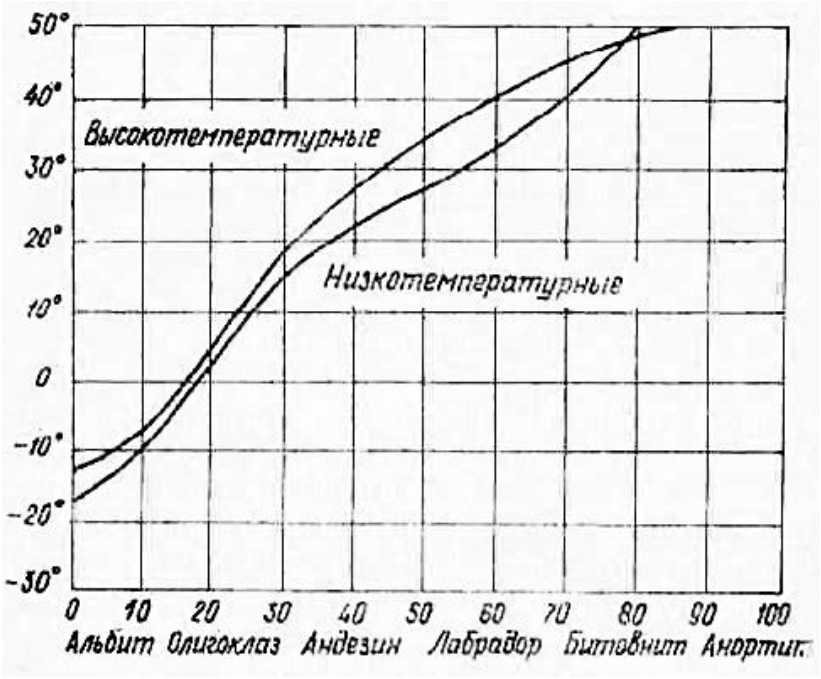


Рис. 22. Диаграмма для определения состава плагиоклазов методом Мишель-Леви (методом максимального симметричного угасания)

Нижняя кривая на диаграмме отображает изменение состава низкотемпературных плагиоклазов - по ней определяют плагиоклазы интрузивных и метаморфических пород. Верхняя кривая отображает состав высокотемпературных плагиоклазов – по ней определяют плагиоклазы кайнотипных эффузивных пород.

Биотит

$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Моноклинная сингония. Относится к магнезиально - железистым триоктаэдрическим слюдам, образующим ряды флогопит – аннит и истонит – сидерофиллит. Межвидовым названием «биотит» обозначают изоморфные смеси упомянутых миналов.

В шлифах биотит бурый, зеленовато-бурый, красно-бурый (красно-бурый оттенок окраски вызывает повышенное содержание TiO_2, зеленый - высокое содержание окисного железа).

Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. Характерно полное отсутствие каких-либо пересекающих спайность поперечных трещин, как это обычно бывает у амфиболов и пироксенов.

В разрезах со спайностью наблюдается резкая шагреневая поверхность и относительно высокий рельеф (n_g = 1.610 – 1.697, n_p = 1.571 – 1.616). Показатели преломления и двупреломление биотита возрастают с увеличением содержания в нем железа. Характерен резкий плеохроизм с прямой схемой абсорбции ($N_g \approx N_m > N_p$), причем по N_g и N_m цвет густой бурый или зеленый, а по N_p цвет слабый, иногда почти бесцветный. В разрезах, параллельных спайности, шагреневая поверхность, рельеф и плеохроизм выражены слабее. Нередко в биотите встречаются включения циркона, монацита и других минералов, окруженные плеохроичными «двориками» с более густой, иногда почти черной, окраской.

Двупреломление 0.039 - 0.081. Интерференционная окраска биотита часто затушевывается густой собственной окраской, поэтому разрез с наивысшей интерференционной окраской, необходимый для определения двупреломления, часто отыскивается с трудом. Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное.

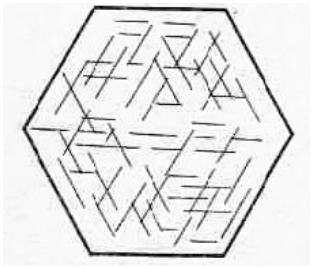


Рис. 23. Сагенит – тонкие иголки рутила, образующие сетку в хлорите, заместившем биотит

Двуосный, отрицательный. Угол *2V* часто приближается к 0 °, из-за чего коноскопическая фигура в сходящемся свете близка к кресту.

В эффузивных породах вкрапленники биотита нередко окружены непрозрачной опацитовой каймой, образующейся за счет превращения биотита в магнетит.

При вторичных изменениях биотит замещается хлоритом и мусковитом. Переход биотита в хлорит сопровождается осветлением биотита, появлением зеленой окраски и уменьшением двупреломления. Часто на месте биотита вместе с хлоритом

образуются линзовидные скопления эпидота и титанита по трещинам спайности, а также тонкие иголки рутила. Последние, пересекаясь под углом 60 °, иногда образуют в хлорите, замещающем биотит, сетку, называемую сагенитовой (рис. 23).

От хлорита биотит отличается резким плеохроизмом, более высоким двупреломлением и отсутствием аномальных цветов интерференции. От турмалина сходной окраски биотит отличается наличием спайности, двуосностью, положительным удлинением. От амфиболов биотит в разрезах со спайностью отличается прямым угасанием, резким плеохроизмом и более высоким двупреломлением. В разрезах, где спайность не видна, биотит отличается от амфиболов более низкими показателями преломления и небольшим углом *2V*.

Мусковит

$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$. Моноклинная сингония. Относится к диоктаэдрическим слюдам.

В шлифах бесцветный или слабо желтоватый, буроватый, зеленоватый. Образует чешуйки с весьма совершенной спайностью в одном направлении. В разрезах со спайностью наблюдается псевдоабсорбция (n_g = 1.588 – 1.624, n_p = 1.552 – 1.570).

Двупреломление 0.036 – 0.054. В разрезах со спайностью обладает чистыми и яркими цветами интерференции *II* и начала *III* порядков. В разрезах, параллельных спайности, мусковит имеет низкую интерференционную окраску – серовато-белую или желтоватую *I* порядка, как у кварца. От кварца в этих разрезах мусковит отличается более высоким показателем преломления и двуосной отрицательной коноскопической фигурой.

Мелкочешуйчатая разновидность мусковита (*серицит*) в случае, если чешуйки тоньше толщины шлифа, обладает более низкими цветами интерференции, чем мусковит.

Угасание относительно спайности прямое, удлинение положительное. Угол *2V* = 35 – 50 °.

Мусковит можно спутать с тальком, пренитом, канкринитом и другими бесцветными минералами, обладающими отчетливой спайностью и высокими цветами интерференции. От талька мусковит отличается по минеральным ассоциациям и углу *2V* (у талька *2V* не превышает 30 °). Канкринит имеет показатели преломления ниже канадского бальзама.

Мусковит встречается в гранитах, аплитах, пегматитах, а также во многих метаморфических породах. При высоких давлениях он может кристаллизоваться из гранитной магмы, но чаще образуется в результате метасоматического замещения биотита и полевых шпатов. Серицит - самый распространенный продукт постмагматического изменения плагиоклазов.

Амфиболы

Амфиболы – одна из наиболее распространенных групп минералов в земной коре. Они кристаллизуются в широком диапазоне температур и давлений, встречаются в магматических и метаморфических породах.

Моноклинные кальциевые амфиболы - тремолит $Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$ - ферроактинолит $Ca_2Fe_5(Si_8O_{22})(OH)_2$. Из их формул можно вывести формулы минералов, которые раньше обозначались как *роговые обманки* (в них кремний и другие катионы частично замещены алюминием с одновременным вхождением одновалентных и других катионов). Роговыми обманками объединенно называют амфиболы магматических пород до точного определения их состава. Встречающиеся в базальтах роговые обманки с высоким отношением Fe^{2+}/Fe^{3+} называют базальтическими роговыми обманками.

Кристаллам амфиболов свойственна вытянутая призматическая, до игольчатой, форма, отчетливый положительный рельеф и ясная шагреневая поверхность. Все наиболее распространенные амфиболы, кроме тремолита, который почти бесцветен, окрашены в зеленые, бурые, реже синие цвета и обладают плеохроизмом.

Самый надежный признак при микроскопической диагностике амфиболов - наличие спайности под углом 124 °, которая обнаруживается в поперечных разрезах. В продольных разрезах видна система параллельных трещин спайности и секущие их косые неправильные трещинки.

Во всех разрезах моноклинных амфиболов, кроме перпендикулярных (010), наблюдается косое угасание, причем углы угасания cN_g не превышают 30 °. Иногда встречаются простые и полисинтетические двойники по (100).

Двупреломление амфиболов колеблется в широких пределах. Наибольшего значения оно достигает у базальтической роговой обманки, минимального - у щелочных амфиболов.

Угол *2V* амфиболов большой и почти всегда отрицательный.

Обыкновенная роговая обманка. Окрашена в зеленые и бурые цвета, плеохроирует с изменением лишь густоты, но не оттенка окраски (в отличие от эгирина, обычно плеохроирующего от бурого до зеленого, а также от щелочных амфиболов). Следует помнить, что наиболее резко плеохроизм проявляется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской, в которых располагаются оси N_g и N_p. Для определения окраски по N_m можно использовать изотропные сечения или разрезы со спайностью по двум направлениям, где ось N_m проходит вдоль длинной диагонали ромба, образуемого трещинами спайности.

Двупреломление 0.014 - 0.026. Углы угасания (cN_g) 14 - 25 °. Удлинение положительное.

Базальтическая роговая обманка. Образует порфировые вкрапленники в вулканических породах. Характерен резкий плеохроизм от соломенно-желтого до красно-бурого цвета, чем похожа на биотит. Базальтическая роговая обманка

сходна с биотитом также тем, что имеет углы угасания, близкие к прямому (0 - 15 °), и высокое двупреломление (цвета интерференции *III* порядка). Наилучшее отличие от биотита – наличие поперечных разрезов с призматической спайностью. В сходящемся свете базальтическая роговая обманка, в отличие от биотита, дает двуосную фигуру с большим углом *2V*.

Как и биотит, базальтическая роговая обманка может быть подвержена опацитизации, которая проявляется в ее замещении агрегатом мельчайших зерен черного железорудного минерала и пироксена. При частичной опацитизации черный минерал развивается в краевых частях кристаллов. Когда кристаллы опацитизированы целиком, о роговой обманке можно судить по характерной форме кристаллов, особенно по ромбовидным поперечным сечениям. Наличие опацитизированных амфиболов свойственно эффузивным и гипабиссальным магматическим породам.

Тремолит. Образует радиально-лучистые и волокнистые агрегаты сильно вытянутых кристаллов. Бесцветен, в сочетании с довольно высоким двупреломлением, косым угасанием и положительным удлинением. В магматических породах встречается как продукт изменения магнезиальных силикатов (оливина, пироксена).

Актинолит. Окрашен в светлые зеленоватые тона и обнаруживает слабый плеохроизм (от светло-синевато-зеленого или светло-зеленого по N_g до бледно-желтого или светло-желто-зеленого по N_p). Углы угасания (cN_g) 11 - 17 °. Двупреломление 0.020. В магматических породах встречается как вторичный минерал.

Щелочные амфиболы. Отличаются от остальных амфиболов специфическими сине-черными, фиолетовыми и сиреневыми цветами плеохроизма, обратной схемой абсорбции и отрицательным удлинением (кроме встречающегося в метаморфических породах глаукофана, имеющего положительное удлинение и прямую схему абсорбции). Углы угасания 2 - 20 °, двупреломление ниже 0.012 (интерференционная окраска обычно затемняется густой собственной окраской минерала).

Характерна дисперсия оптических осей, проявляющаяся в отсутствии полного угасания – вместо полного угасания получается тусклая синеватая окраска, сменяющаяся при вращении столика микроскопа на красноватую окраску.

Арфведсонит характеризуется резким плеохроизмом с голубовато-зеленой или сине-зеленой окраской по N_p (обратная схема абсорбции), низким двупреломлением и отрицательным удлинением.

Рибекит окрашен в более яркие тона. Плеохроизм очень резкий – от густо-синего, почти черного, по N_p, до светлого желтоватого по N_g (обратная схема абсорбции). Двупреломление очень низкое, угол угасания мал (1 - 8 °), удлинение отрицательное.

Пироксены

Пироксены – одни из наиболее распространенных мафических силикатов многих высокотемпературных пород магматического и метаморфического происхождения.

Магнезиально-железистые пироксены кристаллизуются в ромбической (энстатит $Mg_2(Si_2O_6)$ и ферросилит $Fe_2(Si_2O_6)$) и моноклинной (клиноэнстатит и клиноферросилит) сингониях. Раньше промежуточные составы ряда энстатит – ферросилит имели свои названия (бронзит, гиперстен, феррогиперстен), которые сейчас упразднены.

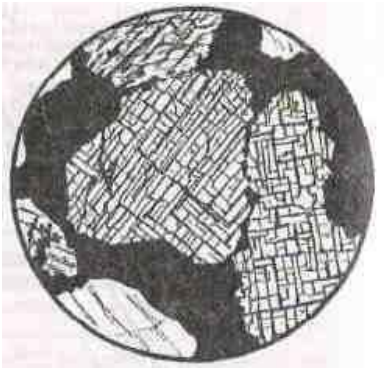


Рис. 24. Спайность диопсида в сечении, перпендикулярном оси *c*

Кальциевые пироксены. Диопсид $CaMg(Si_2O_6)$ – геденбергит $CaFe(Si_2O_6)$.

Натриевые пироксены. Эгирин $NaFe(Si_2O_6)$, жадеит $NaAl(Si_2O_6)$.

По преобладающим миналам пироксенам дают составные названия типа диопсид-геденбергит, геденбергит-эгирин и т. п.

Авгит – это диопсид, или диопсид-геденбергит, или диопсид-эгирин несколько усложненного состава, имеющий характерные аномальные цвета интерференции.

Омфацит – диопсид-геденбергит, обогащенный жадеитовым и эгириновым миналом. Типичен для эклогитов.

В ультраосновных и основных магматических породах пироксены представлены энстатитом (и его более железистыми разновидностями, называемыми ранее гиперстеном и бронзитом) и диопсид-геденбергитом (в нем всегда есть примесь натриевого и алюминиевого миналов).

В средних и кислых интрузивных породах встречается диопсид (с изоморфной примесью геденбергита и эгирина), в щелочных породах – эгирин-диопсид, диопсид-геденбергит-эгирин (его называют эгирин-авгитом), эгирин.

В горных породах типа диабазов или базальтов пироксены чаще всего представлены диопсид-геденбергитом, но всегда с примесью натрия, алюминия, титана.

Все пироксены имеют ряд общих признаков, позволяющих уверенно отличать их под микроскопом от других минералов. Это прежде всего два направления совершенной спайности, пересекающихся под углом 87 - 89 ° (рис. 24), и высокие (1.65 – 1.80) показатели преломления (определяют высокий рельеф и резкую шагреневую поверхность пироксенов).

Для кальциевых и магниевых пироксенов (диопсид, энстатит) характерны зернистые агрегаты короткопризматических кристаллов, железистые

пироксены (эгирин, геденбергит) образуют шестоватые и игольчатые кристаллы, радиально - лучистые агрегаты. В шлифах пироксены премущественно бесцветны или окрашены в слабые зеленоватые цвета и не плеохроируют (кроме гиперстена и эгирина).

При вторичных изменениях пироксены замещаются амфиболами, слюдами, хлоритом, иногда серпентином и тальком (особенно энстатит).

Ортопироксены

Отличаются от клинопироксенов прямым угасанием (в связи с этим название «ортопироксены») и более низким двупреломлением. Следует, однако, иметь ввиду, что в сечениях, ориентированных не перпендикулярно плоскостям спайности, или поперечных двум плоскостям спайности, угасание будет косым. Для определения угла угасания нужно использовать удлиненные сечения с наиболее четкими следами спайности. Иногда cN_g достигает 10 ° - из-за присутствия ориентированных вдоль плоскостей спайности субмикроскопических вростков клинопироксена (эти вростки иногда бывают и крупными, различимыми в скрещенных николях).

Энстатит бесцветен, cN_g = 0 °, двупреломление 0.009. Оптически положителен.

Гиперстен плеохроирует от бледно-розового до бледно-зеленого (очень слабо). Угол угасания cN_g 0 - 10 °, двупреломление до 0.013. Оптически отрицателен (как и бронзит). Смена оптического знака в ряду энстатит – ферросилит соответствует составу En_{88}.

В эффузивных породах вокруг вкрапленников ортопироксенов может быть опацитовая кайма.

При вторичных изменениях ортопироксены могут замещаться ромбическими амфиболами. В низкотемпературных условиях по ортопироксену образуются тонкозернистые псевдоморфозы ориентированного талька с магнетитом. Типично также замещение ортопироксенов, особенно энстатита, серпентином. В отличие от петельчатых псевдоморфоз серпентина по оливину, серпентин по ортопироксену ориентирован, образуя так называемый *бастит* – пластинчатые псевдоморфозы антигорита.

Клинопироксены

Отличаются от ортопироксенов косым угасанием (поэтому и называются «клинопироксены») и более высоким двупреломлением. Угол угасания определяется в разрезах с наивысшей интерференционной окраской.

Иногда встречается похожая на совершенную спайность «диаллаговая» отдельность. Угол между этой отдельностью и спайностью около 54 °, напоминая сечение амфиболов.

Клинопироксены могут содержать вростки ромбического пироксена; при вторичных изменениях замещаются уралитом (волокнистым зеленым амфиболом), хлоритом, эпидотом, карбонатами.

Диопсид - геденбергит – бесцветный или слабозеленоватый, без плеохроизма. cN_g = 38 - 48 °, двупреломление 0.030 - 0.018.

Авгит – слегка буроватый, иногда слабо плеохроирует (имеет розовато-буроватую окраску по N_g - в отличие от гиперстена, у которого такая окраска по N_p). Присутствие титана придает авгиту фиолетовый оттенок окраски. cN_g = 40 - 54 °, то есть при cN_g менее 48 ° авгит по углу угасания не отличается от пироксенов ряда диопсид-геденбергит.

Для авгита характерна дисперсия осей эллипсоида, проявляющаяся в неполном угасании (у пироксенов ряда диопсид-геденбергит дисперсия незначительна и они имеют четкое угасание).

В эффузивных породах вкрапленники авгита нередко имеют зональную окраску и обусловленное сильной дисперсией оптических осей зональное и секториальное угасание (фигура песочных часов). Двупреломление ниже 0.025.

Диопсид и авгит обладают близкими оптическими свойствами. Увеличение угла угасания в авгите, а также некоторая разница в двупреломлении (у диопсида оно несколько выше) далеко не всегда могут быть однозначно установлены из-за неточной ориентировки разрезов. Поэтому отличить авгит от диопсида под микроскопом удается далеко не всегда. Для точной диагностики пироксенов необходимо использовать микрозонд.

Эгирин-авгиту свойственен сильный плеохроизм, cN_g = 54 - 85 °; наблюдаются все переходы от эгирин-авгита к эгирину.

Эгирин – характерны длиннопризматический облик и густая окраска с обратной схемой абсорбции – зеленая по N_p и более светлая зеленовато-желтая по N_g. Отрицательное удлинение, cN_p до 8 °, двупреломление 0.037 - 0.059. При определении двупреломления следует иметь ввиду, что интерференционная окраска эгирина затушевывается его густой собственной окраской.

Таким образом, для эгирина в шлифах характерны интенсивная зеленая окраска, очень высокий рельеф и шагреневая поверхность, высокая интерференционная окраска *II* и *III* порядка, близкое к прямому угасание и отрицательное удлинение. От сходных по окраске амфиболов эгирин отличается обратной схемой абсорбции, малым углом угасания, отрицательным удлинением, высокой интерференционной окраской и углом между трещинами спайности.

Оливин

Оливин представляет собой непрерывный ряд изоморфных смесей от форстерита $Mg_2(SiO_4)$ до фаялита $Fe_2(SiO_4)$. Ромбическая сингония.

В шлифах бесцветный. В интрузивных породах форма зерен неправильная, изометричная. В эффузивных породах порфировые вкрапленники оливина могут иметь форму несколько вытянутых шестиугольников, иногда с отчетливой спайностью, в то время как в оливине из интрузивных пород спайность отсутствует или отмечается лишь в редких зернах.

Имеет самый высокий показатель преломления из всех мафических минералов (n_g = 1.669 – 1.975, n_p = 1.636 – 1.827), вследствие чего обладает резким положительным рельефом и четко выраженной шагреневой поверхностью.

Высокое двупреломление (форстерит 0.033, фаялит 0.052), вследствие чего имеет высокую интерференционную окраску. В зернах со спайностью угасание прямое.

Угол *2V* форстерита +85 °, фаялита -48 °. Смена оптического знака в ряду форстерит – фаялит соответствует Fo_{88}. У большинства природных оливинов магматических пород, которые содержат от 10 до 30 % $Fe_2(SiO_4)$, оптический знак нередко определить не удается: изогира коноскопической фигуры в разрезе, перпендикулярном оптической оси, обычно прямая, то есть не имеет различимой кривизны, необходимой для определения оптического знака.

Свежим оливин бывает редко, даже в кайнотипных эффузивных породах он по трещинам и по периферии зерен окрашен в бурый цвет гидроксидами железа. При вторичных изменениях наиболее характерными продуктами замещения оливина является серпентин и иддингсит (биотитоподобная смесь смектита, хлорита, серпентина и гетита). Серпентин развивается преимущественно по магнезиальному оливину, иддингсит – по железистому. Иногда отмечается замещение тальком, карбонатом, хлоритом. Вокруг зерен оливина могут наблюдаться реакционные оболочки, сложенные пироксеном и амфиболом.

Оливин в шлифах нередко имеет значительное сходство с минералами из группы пироксенов. Оливин отличается от пироксенов следущими особенностями.

1. При выключенном анализаторе оливин магматических пород всегда бесцветен, а пироксены нередко имеют буроватый или зеленоватый оттенок; этот оттенок слабый и может отсутствовать, но если он заметен, определяемый минерал не может быть оливином.

2. Пироксены обладают совершенной спайностью; оливин же имеет несовершенную спайность и во многих случаях она в шлифах не обнаруживается.

3. Коноскопическая фигура оливина в разрезах, перпендикулярных оптической оси, характеризуется тем, что изогира приближается к прямой, так как для большинства оливинов угол *2V* близок к 90 °. Моноклинные пироксены имеют угол *2V* около 60 ° и отчетливо изогнутую изогиру.

4. Наиболее обычные продукты изменения оливина – серпентин и иддингсит. Серпентин образуется и по ромбическим пироксенам, но в соответствии с формой первичных зерен псевдоморфозы серпентина по оливину имеют в шлифах изометричную форму, а по пироксену – прямоугольную. Вторичными минералами, замещающими моноклинные пироксены, являются актинолит и хлорит.

Акцессорные минералы

Нерудные акцессорные минералы в шлифах выделяются своей преимущественно правильной формой зерен и высоким рельефом. Они обычно устойчивы и не подвержены вторичным изменениям.

Anamum $Ca_5(PO_4)(F,Cl)$, гексагональная сингония. Образует столбчатые и таблитчатые кристаллы с прямоугольными и гексагональными сечениями. Бесцветный, без спайности, с высоким рельефом и ясной шагреневой поверхностью (n_o = 1.633 – 1.667, n_e = 1.630 – 1.664). Наличие тория и урана в апатите обусловливает появление плеохроичных двориков вокруг его кристаллов, включенных в биотит или амфибол.

Низкая серая интерференционная окраска (двупреломление 0.003). Угасание прямое, удлинение отрицательное. Одноосный, отрицательный.

В небольших количествах встречается во всех магматических породах. Максимальные содержания апатита характерны для щелочных пород, в которых он может переходить в разряд главных породообразующих минералов.

В шлифах апатит имеет сходство с андалузитом и силлиманитом. Но эти минералы оптически двуосны, обладают совершенной спайностью и их кристаллы в поперечных сечениях имеют форму ромба или прямоугольника. Двупреломление этих минералов более высокое, чем у апатита (интерференционная окраска последнего не поднимается выше серой окраски *I* порядка).

Циркон Zr(SiO4), тетрагональная сингония. Образует короткостолбчатые или призматические кристаллы с дипирамидальными окончаниями и округлые зерна. В поперечных сечениях дает четырех- и восьмиугольники.

Бесцветный, с очень резкими черными ограничениями из-за очень высокого показателя преломления (1.924 – 2.015); в скрещенных николях имеет высокую интерференционную окраску (двупреломление 0.044 – 0.055). Угасание прямое, удлинение положительное. Одноосный, положительный.

Часто образует включения в биотите, амфиболе и других минералах. Эти включения обычно окружены интенсивно окрашенными и резко плеохроирующими ореолами, образование которых связано с радиационным воздействием циркона.

В очень мелких зернах циркон в шлифах практически неотличим от монацита и ксенотима.

Циркон – один из наиболее распространенных акцессорных минералов, встречается практически во всех типах горных пород. Наиболее высокие содержания циркона – в щелочных породах.

Титанит $CaTi(SiO_4)$, моноклинная сингония. Характерна клиновидная форма кристаллов. Бесцветный, серый, часто буроватый. Очень резкие ограничения, очень высокий рельеф (n_o = 1.98 – 2.05, n_e = 1.89 – 1.91).

Цвета интерференции блеклые («перламутровые») высших порядков. Двупреломление титанита 0.09 – 0.14, что значительно выше, чем у циркона.

Поэтому, в отличие от циркона, окраска титанита при включенном анализаторе остается практически такой же (буроватой), как без анализатора. Нередко наблюдается неполное угасание, обусловленное сильной дисперсией. Иногда отмечаются простые или полисинтетические двойники.

Титанит встречается в широком диапазоне магматических пород и во многих метаморфических породах. В габброидах, долеритах, базальтах титанит нередко образует ксеноморфные оторочки вокруг зерен титаномагнетита и ильменита. В диоритах, сиенитах и гранитоидах он дает индивидуализированные кристаллы и ксеноморфные зерна, включенные в роговую обманку и биотит или располагающиеся между другими породообразующими минералами. В гранитоидах повышенной основности и в щелочных породах содержание титанита иногда превышает 1 – 2 %.

Шпинель $MgAlO_2$, кубическая сингония. Образует октаэдрические кристаллы, дающие в шлифах квадратные, четырехугольные и треугольные срезы. Встречается и неправильная форма зерен, нередки графические срастания с пироксеном. Спайность отсутствует, но весьма обычна отдельность.

Зеленая, бурая. Изотропна, с высоким рельефом и резкой шагреневой поверхностью (показатель преломления 1.763 - 2.05).

Бурую шпинель можно спутать с титанистым гранатом, но в отличие от него шпинели свойственна октаэдрическая форма кристаллов и характерная отдельность. Следует также иметь ввиду, что шпинель встречается в основных и ультраосновных породах. От хромита шпинель отличается меньшим показателем преломления.

Непрозрачные *рудные* минералы под микроскопом в проходящем свете выглядят черными; их точная диагностика производится в отраженном свете на специальном рудном микроскопе в полировках. В прозрачных петрографических шлифах окраска рудных минералов может быть определена, если направить свет не на зеркало микроскопа, а на поверхность шлифа сверху. В этом случае магнетит обнаруживает свойственную ему в отраженном свете стально-серую, пирит – желтую, хромит – буроватую окраску, и т. п.

Вулканическое стекло **–** не минерал, а аморфное вещество, представляющее собой застывший магматический расплав, не успевший раскристаллизоваться вследствие быстрого остывания. Обычно входит в состав основной массы эффузивных пород, а в ряде случаев слагает ее полностью.

В шлифе вулканическое стекло бесцветно или окрашено в желтые или бурые тона. Интенсивность окраски зависит от содержания и степени окисления железа. Показатель преломления изменяется от 1.492 (стекло риолитового состава) до 1.575 (стекло базальтового состава). Изотропно, хотя иногда обладает слабым двупреломлением вследствие внутренних напряжений.

При вторичных изменениях вулканическое стекло среднего и основного состава чаще всего замещается хлоритом, а кислое стекло подвергается раскристаллизации, превращаясь в смесь субмикроскопических зерен кварца и полевых шпатов.

2.2. Минералы метаморфических пород

Гранаты

Общая химическая формула гранатов $R^{2+}_3 R^{3+}_2(SiO_4)_3$:

(пиральспиты)		(уграндиты)	
пироп	$Mg_3 Al_2(SiO_4)_3$	уваровит	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$
альмандин	$Fe_3 Al_2(SiO_4)_3$	гроссуляр	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
спессартин	$Mn_3 Al_2(SiO_4)_3$	андрадит	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$

Гранаты пироп-альмандинового ряда широко распространены в метаморфических породах. Доля пиропового компонента в гранатах увеличивается с ростом температуры и давления. В наиболее низкотемпературных условиях образуются гранаты, обогащенные спессартином. Пиральспиты с высокой долей альмандина и спессартина кристаллизуются также из кислых магматических расплавов, пересыщенных глиноземом, встречаются в гранитных пегматитах.

Смесимость между собой пиральспитов и уграндитов ограничена. В твердых растворах одного ряда может быть растворено не более 20 - 25 мольных процентов компонентов другого ряда. В высокобарных условиях растворимость гранатов этих двух рядов между собой становится более значительной.

Точное определение состава гранатов производится с помощью микрозонда. Под микроскопом в ряде случаев возможна, с привлечением особенностей парагенезисов, приближенная оценка состава гранатов.

Гранаты в шлифе образуют изометричные зерна - идиоморфные или неправильной формы, часто ситовидные, с многочисленными включениями других минералов. Бесцветны или слабо окрашены в желтоватый или розоватый цвет. Характерны высокие показатели преломления, которыми обусловлены резко выраженный рельеф и шагреневая поверхность.

Обычно изотропны, но спессартин и некоторые уграндиты обнаруживают слабое (до 0.003) аномальное двупреломление, особенно в толстых шлифах. Такое двупреломление (с появлением серых интерференционных окрасок) особенно характерно для гранатов из скарнов. В некоторых уграндитах наблюдается зональное угасание и секториальные двойники.

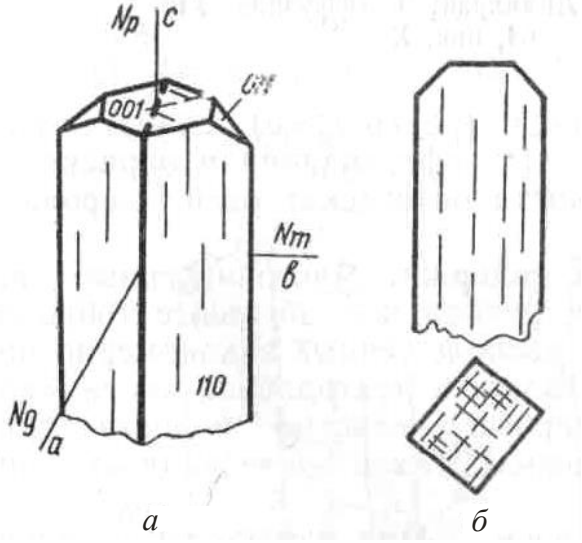
Пироп может замещаться хлоритом, альмандин – хлоритом и эпидотом. Уграндиты замещаются эпидотом, хлоритом, кальцитом, плагиоклазом.

Андалузит

$AlAl(SiO_4)O$, ромбическая сингония.

Андалузит, кианит и силлиманит – полиморфные модификации Al_2SiO_5, устойчивые при разных температурах и давлениях. Входят в состав метаморфических пород, богатых глиноземом; силлиманит и андалузит встречаются также в высокоглиноземистых кислых магматических породах. Андалузит устойчив при относительно низких давлениях – встречается в контактовых ореолах малоглубинных интрузивов и в продуктах регионального метаморфизма умеренного давления. Кианит образуется при высоком давлении, силлиманит – при высокой температуре.

Андалузит образует короткостолбчатые кристаллы с хорошо развитыми гранями ромбической призмы. В поперечном сечении – ромб, близкий к



а *б*

Рис. 25. Андалузит:
а – кристалл;
б – спайность
в продольном и
поперечном сечениях

квадрату, с трещинами спайности под углом 89 ° (рис. 25). Нередко встречается также в виде зерен неправильной формы с извилистыми границами.

Бесцветен или слабо и неравномерно окрашен в розоватый или зеленоватый цвет (плеохроирует от бледно-розового по N_p до бледно-зеленого или почти бесцветного по N_g). Обладает ясным рельефом и шагреневой поверхностью (n_g = 1.638 – 1.651, n_p = 1.629 – 1.640).

Двупреломление 0.009 - 0.011. В продольных разрезах имеет прямое угасание и отрицательное удлинение. Оптически отрицательный, угол *2V* около 85 °.

Отличается от похожих на него пироксенов и кианита более слабым рельефом, прямым угасанием и отрицательным удлинением, от силлиманита – низким двупреломлением и отрицательным удлинением. При вторичных изменениях замещается мусковитом.

Кианит

$Al_2(SiO_4)O$, триклинная сингония.

Бесцветный или слабо-голубоватый. Образует идиоморфные призматические или таблитчатые зерна. Часты простые и полисинтетические двойники. Спайность по двум направлениям под углом, близким к 90 °.

Очень высокий рельеф и резкая шагреневая поверхность (n_g = 1.728 – 1.729, n_p = 1.712 – 1.717).

Двупреломление 0.012 - 0.016. Характер угасания и знак удлинения в разных разрезах разный. В сечениях с более совершенной спайностью угасание почти прямое (0 - 3 °), а в сечениях, где спайность выражена хуже, угол угасания 27 - 32 °.

От андалузита отличается более высокими показателями преломления, положительным удлинением, наличием двойников, от силлиманита – меньшим двупреломлением, наличием двойников и двумя системами спайности.

По кианиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит. Вместе с кианитом встречаются гранат, ставролит, мусковит, биотит, кордиерит.

Силлиманит

$Al(AlSiO_5)$, ромбическая сингония.

Обычно встречается в виде удлиненных призм без концевых граней, дающих в поперечном сечении прямоугольники, почти квадраты и ромбы, а также в форме иголочек, палочек, лучистых и волокнистых агрегатов (фибролит), неправильных зерен (рис. 26).

Бесцветен. Фибролит вследствие дисперсии света кажется окрашенным в буроватый цвет. Совершенная спайность по одному направлению. Характерны высокие показатели преломления (n_g = 1.677 – 1.682, n_p = 1.657 – 1.660), в связи с чем обладает высоким рельефом и ясной шагреневой поверхностью.

Двупреломление 0.020 - 0.022. Прямое угасание, положительное удлинение. Малый угол *2V* (21 – 30 °).

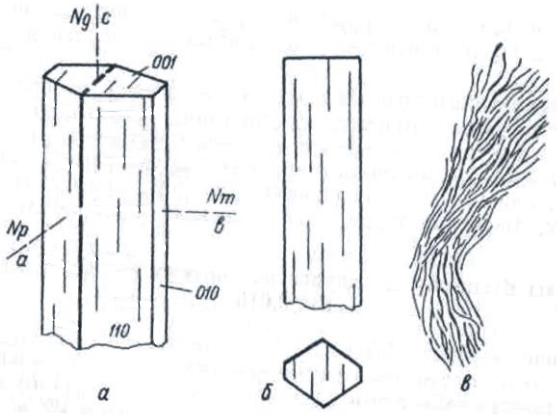


Рис. 26. Силлиманит:
а – форма кристаллов;
б – спайность в продольном и поперечном разрезах;
в – волокнистый силлиманит (фибролит)

Силлиманит может быть сходен в шлифах с андалузитом, кианитом, цоизитом, апатитом, ромбическим пироксеном.

Андалузит и апатит имеют отрицательное удлинение и отрицательный оптический знак. Кианит и цоизит обладают более высоким рельефом; кроме того, кианит дает сечения с косым угасанием, обладает большим углом *2V* и оптически отрицателен, а цоизит отличается характерными аномальными индигово-синими интерференционными окрасками и переменным знаком удлинения. Ромбические пироксены отличаются характером спайности (по двум направлениям под углом 87 °) и меньшим двупреломлением.

Силлиманит – высокотемпературный метаморфический минерал метапелитов. Он встречается вместе с биотитом, калиевым полевым шпатом, гранатом, кордиеритом, гиперстеном, шпинелью, корундом. При вторичных изменениях по силлиманиту развиваются белые слюды, пирофиллит, каолинит.

Ставролит

$(Fe,Mg,Zn)_2Al_9(Si,Al)_4O_{22}(OH)_2$. Ромбическая сингония.

Образует короткопризматические кристаллы или неправильные удлиненные порфиробласты ситовидного строения. Нередки крестообразные двойники со срастанием призматических индивидов почти под прямым углом или под углом 60 °.

Спайность несовершенная. Плеохроирует от оранжево- или золотисто-желтого по N_g до бледно-желтого, почти бесцветного, по N_p. Отчетливые рельеф и шагреневая поверхность (n_g = 1.746 – 1.762, n_p = 1.736 – 1.747).

Двупреломление 0.009 - 0.016. Прямое угасание, положительное удлинение.

Высокие показатели преломления и среднее двупреломление, характерная желтая окраска, плеохроизм и высокий положительный *2V* (82 – 90 °) позволяют в совокупности надежно определять ставролит в шлифах.

Ставролит – типичный минерал среднетемпературных фаций метапелитов, встречается с альмандином, мусковитом, биотитом и др. Может замещаться мусковитом, серицитом, хлоритом.

Кордиерит

$(Mg,Fe)_2Al_3(AlSi_5O_{18}) \cdot nH_2O$, ромбическая сингония.

Образует зерна неправильной формы, бесцветные или голубоватые, с низким положительным рельефом (n_g = 1.543 – 1.575, n_p = 1.534 – 1.558) и низким двупреломлением (0.009 – 0.017). Спайность несовершенная. Характерны двойники – полисинтетические или секториальные (тройники и шестерники).

В кордиеритах умеренной или высокой железистости вокруг включений циркона и других акцессорных минералов наблюдаются «плеохроичные дворики» - ореолы плеохроизма от бесцветного до ярко-желтого. В магнезиальных кордиеритах таких плеохроичных двориков не отмечается.

Кордиерит можно спутать с кварцем или плагиоклазом, имеющими близкий рельеф и двупреломление.

От кварца кордиерит отличается наличием двойников, плеохроичных ореолов, двуосностью. Кроме того, кварц часто имеет характерное волнистое угасание и чуть более высокое двупреломление. От плагиоклаза кордиерит отличается плеохроичными ореолами, менее совершенной спайностью, полисинтетические двойники в нем часто не доходят до краев зерен. От альбита, сходного с кордиеритом по показателю преломления и двупреломлению, последний отличается также отрицательным оптическим знаком.

Кордиерит может замещаться пинитом – бесцветной, зеленовато-голубоватой, желтой войлокообразной смесью мусковита, хлорита, серпентина и оксидов железа. Даже небольшие следы проявленной пинитизации могут быть использованы для отличия кордиерита от других минералов.

Встречается в метаморфических породах, богатых алюминием, и в высокоглиноземистых магматических породах кислого состава. Характерен для высоких ступеней регионального и контактового метаморфизма, нередко встречается вместе с гранатом, калиевым полевым шпатом, гиперстеном, силлиманитом.

Группа эпидота

Изоморфный ряд клиноцоизит $Ca_2Al_3(SiO_4)(SiO_2)O(OH)$ – эпидот $Ca_2(Al,Fe)_3(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$, моноклинная сингония. Цоизит – ромбическая сингония.

Минералы группы эпидота образуют в шлифах удлиненные или неправильные зерна с высоким рельефом и шагреневой поверхностью. Эпидот в шлифе слабо окрашен в зеленовато-желтый цвет (со слабым плеохроизмом) или бесцветен, клиноцоизит и цоизит бесцветны.

Спайность по двум направлениям под углом 65 ° (в одном направлении совершенная, в другом – несовершенная, в виде коротких трещин). Угол угасания 0 – 30 ° (в зависимости от спайности, по отношению к которой измеряется угол угасания). По длине кристаллов клиноцоизита и эпидота располагается N_m, поэтому разрезы могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение.

Минералам группы эпидота свойственна аномальная интерференционная окраска – у цоизита тусклая серо-синяя, желтовато-бурая, у клиноцоизита – густые желтые и оранжево-желтые цвета, у эпидота – яркие красные, малиново-красные и зеленые цвета.

Клиноцоизит также отличается от цоизита косым угасанием в большей части разрезов и углом $2V$ (65 - 90 °). От эпидота цоизит и клиноцоизит отличаются меньшим двупреломлением (0.005 – 0.008). Клиноцоизит оптически положительный, эпидот – отрицательный.

От клинопироксена эпидот отличается малым углом угасания (в удлиненных разрезах угасание может быть прямым), хуже проявленной спайностью, плеохроизмом, цветами интерференции, отрицательным оптическим знаком.

Цоизит – типичный минерал прогрессивного и регрессивного метаморфизма фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидот-амфиболитовой фации. Входит в состав соссюрита (агрегат серицита, цоизита и кварца), образующего псевдоморфозы по основным и средним плагиоклазам при изменении магматических пород.

Клиноцоизит и эпидот – типичные минералы метаморфических пород фаций зеленых сланцев, глаукофановых сланцев и эпидотовых амфиболитов, их парагенезисы почти не отличаются от парагенезисов цоизита.

Хлориты

Хлориты – большая и сложная по составу группа минералов, главными представителями которых являются клинохлор $Mg_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$ и шамозит $Fe_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$. Моноклинная сингония. Разнообразный изоморфизм приводит к изменчивости свойств хлоритов.

Характерными признаками хлоритов в шлифах является пластинчатая форма кристаллов, весьма совершенная спайность, зеленые отттенки окраски, слабый плеохроизм (от синевато-зеленого или бесцветного до желто-зеленого), низкое двупреломление, прямое угасание (иногда с отклонением в несколько градусов), нередко аномальная интерференционная окраска (грязная желто-зелено-серая, синяя, фиолетовая, реже бурая).

Могут иметь как положительное, так и отрицательное удлинение. В чешуйках хлорита могут наблюдаться плеохроичные дворики, сходные с двориками в биотите; в центре таких плеохроичных двориков часто находятся включения циркона.

От серпентина минералы группы хлорита можно отличить по часто наблюдаемому отчетливому плеохроизму, аномальным сиреневым и бурым цветам интерференции, а также по присутствию плеохроичных двориков, не характерных для серпентина. От похожего по окраске биотита хлорит в разрезах со спайностью отличается низкой интерференционной окраской и более слабым плеохроизмом.

Трудность для диагностики могут представлять бесцветные оптически изотропные или почти изотропные хлориты. Они отличаются от других изотропных минералов низким рельефом и слюдоподобной спайностью.

В магматических породах минералы группы хлорита являются вторичными. Они развиваются по главным породообразующим минералам (преимущественно мафическим). Часто хлорит замещает биотит, причем при этом в хлорите нередко образуются тончайшие иголки рутила, пересекающиеся под углом 60 ° и слагающие так называемую сагенитовую решетку (см. рис. 23). Хлоритом могут замещаться также пироксены, амфиболы, оливин, гранат, иногда полевые шпаты.

Серпентин

$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$, моноклинная сингония.

Бесцветный или зеленоватый, буроватый, желтоватый. У окрашенных разностей плеохроизм от зеленовато-желтого по N_g до бесцветного по N_p. Спайность весьма совершенная по одному направлению. Показатели преломления близки к канадскому бальзаму, в связи с чем рельеф и шагреневая поверхность отсутствуют.

Серая, белая, иногда бледно - желтая интерференционная окраска *I* порядка (двупреломление 0.006 – 0.013). Угасание прямое, удлинение положительное.

От хлорита серпентин отличается по цвету и отсутствию аномальных интерференционных окрасок. Сходные с серпентином бесцветные или слабоокрашенные разности хлоритов лучше окристаллизованы, обладают слюдоподобной спайностью, менее смяты и имеют более высокий положительный рельеф.

Серпентин – типичный вторичный минерал, развивающийся в ультраосновных и основных породах по магнезиальному оливину, пироксенам, реже амфиболам.

Тальк

$Mg_3(Si_4O_{10})(OH)_2$, моноклинная сингония.

Образует чешуйчатые агрегаты. В шлифе бесцветный, буроватый и зеленовато-буроватый. Спайность весьма совершенная по одному направлению. N_g - N_p = 0.050 – 0.045. Угасание прямое, удлинение положительное. Оптически отрицательный, угол *2V* = 0 - 30 °.

Под микроскопом сходен с мусковитом. Отличается показателями преломления (n_g = 1.589 – 1.590, n_p = 1.539 – 1.545), углом *2V*, минеральными ассоциациями. Кроме того, тальк отличается от мусковита своей пластичностью, плавной изогнутостью чешуек, что у мусковита наблюдается редко.

В основных и ультраосновных магматических породах тальк развивается по магнезиальным минералам – оливину, ортопироксенам, серпентину и др. Характерны ориентированные псевдоморфозы талька по магнезиальным ортопироксенам.

Турмалин

$NaFe_3Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$. Тригональная сингония.

Призматический. Спайность отсутствует. Рельеф и шагреневая поверхность хорошо заметны (n_o = 1.639 – 1.692, n_e = 1.620 – 1.657). Двупреломление 0.017 - 0.030, обычно около 0.020.

В шлифе часто окрашен в бурый цвет, хотя может иметь и другую окраску. Плеохроизм резкий, с изменением интенсивности окраски. В отличие от биотита, турмалин принимает наиболее темную окраску, когда длинная сторона кристалла перпендикулярна к направлению колебаний света в поляризаторе (у биотита наиболее темная окраска - когда длинная сторона кристалла параллельна направлению колебаний света в поляризаторе).

Угасание прямое, удлинение отрицательное.

Рутил

TiO_2, тетрагональная сингония.

Обычно встречается в виде мелких зерен. Кристаллы рутила призматические, столбчатые, игольчатые, но в кристаллических сланцах нередко встречается и в виде изометричных зерен.

Густо окрашен в буро-красный или желто-бурый цвет, часто почти непрозрачен. Очень высокий рельеф (n_e = 2.895 – 2.903, n_o = 2.609 – 2.616). Очень высокое двупреломление (0.286 – 0.287), в силу чего интерференционную окраску определить невозможно. Яркие цвета интерференции видны даже в тончайших иголочках, что позволяет по этому свойству отличить рутил от других тонкоигольчатых минералов.

Прямое угасание. Из-за интенсивной собственной окраски рутил обычно одного и того же цвета как при включенном, так и при выключенном анализаторе.

Сагенитовая решетка - включения тонкоигольчатого рутила в хлорите или в слюдах, имеющие вид сетки с треугольными ячейками (см. рис. 23).

Титанит, в отличие от рутила, имеет меньшие показатели преломления и двупреломление, и двуосен. Циркон более светло окрашен и имеет более низкие показатели преломления и двупреломление.

Рутил – широко распространенный акцессорный минерал. Он встречается в различных магматических породах - от ультрамафитов до гранитов, в метаморфических породах разныхь фаций. Рутил иногда развивается по ильмениту, но и сам может замещаться ильменитом или титанитом.

Карбонаты

Кальцит $CaCO_3$, доломит $CaMg(CO_3)_2$, магнезит $MgCO_3$, сидерит $FeCO_3$. Тригональная сингония.

Карбонаты в шлифах преимущественно бесцветны. Спайность по трем направлениям под косым углом. В крупных зернах встречаются полисинтетические двойники. В сечениях, где четко видны два направления спайности, у кальцита двойниковые полоски располагаются ближе к длинной диагонали ромба спайности, а у доломита – ближе к короткой диагонали ромба спайности. Магнезит обычно не подвержен двойникованию.

Характерна четко выраженная псевдоабсорбция. У кальцита псевдоабсорбция проявляется более отчетливо, чем, например, у сидерита, так как у кальцита показатель преломления n_g выше, а n_p ниже, чем у канадского бальзама, а у сидерита оба показателя преломления выше, чем у канадского бальзама.

Очень высокое двупреломление (более 0.170), которому отвечает очень высокая пестро-белая («перламутровая») интерференционная окраска, по которой, вместе с псевдоабсорбцией, карбонаты могут быть отличимы от других породообразующих минералов.

Одноосные, отрицательные.

Флюорит

CaF_2, кубическая сингония. Встречается преимущественно в виде неправильных зерен, выполняющих промежутки между другими минералами, реже в виде идиоморфных кристаллов.

Бесцветный, со спайностью по октаэдру, в связи с чем в некоторых разрезах можно наблюдать две или три системы пересекающихся трещин спайности. Показатель преломления много ниже канадского бальзама (1.434), вследствие чего минерал имеет отрицательный рельеф и резкую шагреневую поверхность. Изотропный.

Флюорит может быть спутан в шлифах с другими изотропными минералами со средним рельефом и шагреневой поверхностью. На него похожа слабо окрашенная (бесцветная, зеленая или фиолетовая) шпинель, имеющая к тому же отдельность по октаэдру, сходную со спайностью флюорита. Но у шпинели положительный рельеф. Гранаты не имеют спайности и также имеют положительный рельеф.

Флюорит нередко встречается в нефелиновых сиенитах, гранитоидах, пегматитах, грейзенах.

2.3. Контрольные вопросы

1. Как отличить в шлифе кварц и нефелин, кварц и кордиерит?
2. Назовите разновидности калиевых полевых шпатов и охарактеризуйте их диагностические признаки в шлифах.
3. Как отличить между собой пертиты и антипертиты?
4. Что общего и каковы различия в оптических свойствах плагиоклазов и калиевых полевых шпатов?
5. Перечислите признаки, по которым в шлифах выбирают зерна плагиоклаза для определения их состава методом максимального симметричного угасания.
6. Чем замещаются кислые и основные плагиоклазы при вторичных изменениях?
7. Назовите признаки отличия в шлифе биотита от хлорита, турмалина, амфиболов.
8. Что такое опацитизация и у каких минералов она может быть проявлена?
9. Перечислите характерные признаки тремолита, актинолита, щелочных амфиболов.
10. Как отличить в шлифе пироксен от оливина?
11. Как в шлифе различаются ромбические и моноклинные пироксены?
12. Перечислите сходства и различия минералов из группы пироксенов и амфиболов.
13. Чем эгирин отличается в шлифе от амфиболов?
14. Назовите оптически изотропные минералы и их отличия между собой в шлифе.
15. Как отличить в шлифе титанит и рутил, титанит и циркон?

16. Назовите характерные диагностические признаки кианита, андалузита, силлиманита.
17. Как определить в шлифе ставролит и кордиерит?
18. Охарактеризуйте особенности диагностики в шлифе минералов группы эпидота.
19. Как хлорит отличается в шлифе от серпентина и талька?
20. Назовите оптические свойства, характерные для минералов группы карбонатов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Белоусова О. Н., Михина В. В. Общий курс петрографии. М., Недра, 1972. 344 с.

Кравцова Л. И., Чукашева М. Н. Кристаллооптика. Методическое пособие к лабораторным работам по курсу петрографии. Изд. СГИ, 1961. 58 с.

Маракушев А. А., Бобров А. В., Перцев Н. Н., Феногенов А. Н. Петрология. I. Основы кристаллооптики и породообразующие минералы. М.: Научный мир, 2000. 316 с.

Петрография и петрология магматических, метаморфических и метасоматических горных пород. М.: Логос, 2001. 768 с.

Сиротин К. М. Практическая петрография. Изд. Саратов. ун-та. 1988. 312 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Авгит, 46, 48
Актинолит, 45
Альбит, 38
Амфиболы, 44
Андалузит, 53
Андезин, 38
Аномальная анизотропия, 17
Анортит, 38
Антигорит, 58
Антипертиты, 37
Апатит, 50
Арфведсонит, 45

Бастит, 47, 58
Биотит, 42
Битовнит, 38

Вулканическое стекло, 51

Гиперстен, 47
Глаукофан, 45
Гранаты, 52

Двупреломление, 17, 4, 21
Диопсид-геденбергит, 48
Дисперсионный эффект, 14
Дисперсия двупреломления, 19
Доломит, 60

Знак удлинения, 25

Интерференционная окраска, 17

Калиевые полевые шпаты, 35
Кальцит, 60
Канадский бальзам, 8
Канкринит, 35
Карбонаты, 59
Кварц, 34
Кварцевый клин, 24
Кианит, 53
Клинопироксены, 47
Клинохлор, 57
Клиноцоизит, 56
Компенсатор, 23
Кордиерит, 55
Круговое сечение, 5

Лабрадор, 38
Лизардит, 58

Магнезит, 60
Микроклин, 36
Микропегматит, 37
Мирмекит, 39
Мусковит, 43

Нефелин, 34

Объект-микрометр, 11
Ограничения, 14
Оливин, 48
Олигоклаз, 38
Омфацит, 46
Оптически двуосный, 4
Оптически одноосный, 4
Оптически отрицательный, 5
Оптически положительный, 5
Оптическая ось, 4
Ортоклаз, 36
Ортопироксены, 47
Острая биссектриса, 5

Пертиты, 37
Пироксены, 46
Плагиоклазы, 38
Плеохроизм, 26
Плоскость оптических осей, 5
Полоска Бекке, 14
Пренит, 39
Псевдоабсорбция, 16

Разность хода, 17
Рельеф, 13
Рибекит, 45
Роговая обманка, 44
Рутил, 59

Сагенит, 43, 59
Санидин, 36
Серицит, 39, 43
Серпентин, 58
Сидерит, 60
Силлиманит, 53
Симметричное угасание, 41

Скрещенность николей, 9
Соссюрит, 39
Ставролит, 55
Схема абсорбции, 26

Тальк, 58
Титанит, 50
Тремолит, 45
Тупая биссектриса, 5
Турмалин, 59

Угол оптических осей (2V), 5, 30
Угол угасания, 22

Фаялит, 48
Флюорит, 60
Форстерит, 48

Хлорит, 57
Хризотил, 58

Центрировка, 10
Цеолит, 35
Циркон, 50
Цоизит, 56

Шагреневая поверхность, 14
Шпинель, 51

Щелочные амфиболы, 45

Эгирин, 48
Эгирин-авгит, 48
Энстатит, 47

Эпидот, 56

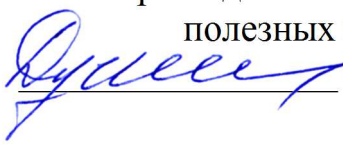
Учебное издание

Олег Анатольевич Суставов

ПЕТРОГРАФИЯ МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД, ПЕТРОЛОГИЯ

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
 В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.02 Основы учения о полезных ископаемых

Для обучающихся специальности
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.,
Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры
Протокол № 1 от 10.09.2020 г
Дата

Екатеринбург
2020

Самостоятельная работа студентов в рамках учебного процесса играет важную роль в изучении дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых», поскольку основными объектами труда горных инженеров-геологов – поисков, разведки являются месторождения полезных ископаемых. Поэтому в процессе обучения у студентов формируются представления о месторождения полезных ископаемых как геологических объектах, возникающих в процессах формирования и развития земной коры. Главные задачи профессиональной деятельности – разработка научно обоснованных направлений поисковых работ и выбор рациональной методики разведки месторождений полезных ископаемых могут быть успешно решены при условии овладения студентом современных представлений о геологических и физико-химических условиях их формирования. В процессе самостоятельной работы студент получает представление об особенностях строения каждого типа месторождений как модели месторождений, с которым он будет сталкиваться в процессе своей будущей практической деятельности, и сравнивать с ними конкретные объекты. Для этого в рамках самостоятельной работы в первую очередь следует обратить внимание на изучение имеющегося на кафедре каменного материала, характеризующего большую часть типов промышленных месторождений.

Основное содержание дисциплины и объемы самостоятельной работы по разделам дисциплины приведены в таблице

№№ тем	Содержание	Часы по СРС
1	Форма и условия залегания рудных тел	10
2	Структуры и текстуры руд	10
3	Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых	33
4	Подготовка к экзамену	27

Методические указания по организации самостоятельного изучения дисциплины

1. Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине «Основы учения о полезных ископаемых» дают главный материал, как по теории, так и по практике исследований генезиса и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых. Современные проблемы, рассматриваемые в данной дисциплине, обусловлены как появлением новых теоретических представлений о геологии месторождений, так и их новых промышленных типов. Это требует после

прослушивания лекций обращаться к рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучения дополнительного материала по теме для последующего выполнения лабораторных заданий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

2. Подготовка, выполнение и оформление лабораторных занятий

Лабораторные занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе минерального сырья по методическим указаниям, имеющимся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение новых разрабатываемых месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации МПИ.

Особое внимание при изучении генетических типов месторождений следует обратить на работу с научной литературой по данной проблематике.

Чтобы лабораторные занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнения в решении практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных разделов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

В рамках программы изучения дисциплины «Основы учения о полезных ископаемых» предусматривается следующая тематика лабораторных работ.

Тема 1. Форма и условия залегания рудных тел.

Цель лабораторных работ – ознакомиться с принципами определения формы рудных тел, изучить геологические разрезы, определить формы рудных тел на реальных геологических разрезах и найти их место в квалификационной таблице; по геологической обстановке на разрезе определить главные факторы, обусловившие форму и место локализации полезного ископаемого.

Места локализации рудных тел и, соответственно, их форма определяется рядом геологических факторов, в частности, условиям образования (эндогенными, экзогенными, или метаморфогенными). Как следствие, при изучении геологических разрезов месторождений, после определения формы рудного тела следует внимательно ознакомиться с геологической обстановкой и попытаться определить, какой из геологических факторов является определяющим: сингенетичность или эпигенетичность руд: отложения или замещения и др.

При выполнении работы следует иметь в виду, что форма природных геологических тел в большинстве случаев далека от идеальной, и при определении названия подбирается наиболее близкий эталон – идеальное геологическое тело.

Тема 2. Структуры и текстуры руд

Цель занятий – ознакомиться с основными структурами и текстурами руд, описать особенности минералогического состава и текстур руд различного генезиса. При изучении образцов необходимо, прежде всего, определить рудные минералы, текстуры, определить тип месторождения по типоморфным текстурам. Для этого используются таблицы «Типы текстур руд» по С.А. Вахромееву (1979).

Тема 3. Изучение генетических типов месторождений полезных ископаемых

Цель лабораторных работ – изучение теоретического и имеющегося в учебных коллекциях каменного материала, изучить парагенетические ассоциации минералов руд, описать имеющиеся в коллекциях образцы руд и определить их место согласно генетической классификации месторождений полезных ископаемых (по В.Ф. Рудницкому, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 46).

Последовательность изучения генетических типов МПИ рекомендуется следующим образом:

1). Повторение теоретического материала по лекции, учебным пособиям, консультации с преподавателем, просмотр дополнительной литературы из рекомендованного списка.

2). Самостоятельная работа по дополнительному изучению образцов руд из учебных коллекций кафедры.

3). Изучение примеров месторождений данного класса по литературным данным.

4). Проверка усвоения материала по «Вопросам и заданиям для самопроверки» (В.Ф. Рудницкий, «Основы учения о полезных ископаемых», стр. 233-245).

3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение учебной и научной литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить, используя следующие рекомендации:

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться , ориентируяясь на источники, содержащие необходимый материал.

2. Систематизировать перечень источников (для экзамена, для написания исследовательских работ.

3. Зафиксировать выходные данные по каждой книге.

4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книги) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. При этом целесообразно проконсультироваться с преподавателем.

5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).

6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте – это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

7. Рекомендуется широко использовать интернет-источники и базы геологической литературы.

4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные в процессе обучения знания (примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже).

1). Понятие о полезных ископаемых и их месторождениях

2).Вещественный состав руд. Вредные и полезные компоненты. Комплексное использование руд.

3). Минеральный состав руд. Массивные и вкрапленные руды.

4). Рудоконтролирующие структуры.

5). Морфологическая классификация рудных тел. Формы рудных тел.

6). Понятия текстуры и структуры руд. Классификация текстур.

7). Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород.

8). Источники рудного вещества эндогенных месторождений.

9). Источники рудного вещества экзогенных месторождений.

100. Причины и способы рудоотложения.

11). Раннемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

12). Позднемагматические месторождения- условия образования полезных ископаемых.

13. Ликвационные месторождения – условия образования и примеры месторождений.

14). Пегматиты: условия формирования месторождений, их типы и примеры.

15). Карбонатиты. Условия формирования, примеры месторождений.

16). Грейзены: факторы их образования, примеры месторождений.

17). Скарновые месторождения: условия формирования и примеры.

18). Порфировые месторождения: условия формирования и примеры.

19).Субвулканические (гидротермально-метасоматические) вулканогенные месторождения

20).Гидротермально-осадочные вулканогенные месторождения, условия их формирования и примеры.

21). Гидротермальные амагматогенные месторождения, условия формирования и примеры.

22). Месторождения выветривания и факторы их формирования.

23). Инфильтрационные месторождения.

24). Остаточные месторождения.

25). Механические месторождения полезных ископаемых и условия их формирования. Россыпные месторождения и их примеры.

26). Химические месторождения и условия их формирования.

27). Биохимические месторождения и условия их формирования.

28). Метаморфогенные месторождения.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по данной дисциплине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

а) основная

Рудницкий В. Ф. Основы учения о полезных ископаемых. Учебное пособие.- 3-е издание, исправленное и дополненное - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. -245 с.

б) дополнительная

Попова О.М. Полезные ископаемые: Лабораторный практикум с основами теории.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 97 с.

Рудные месторождения СССР В 3-х томах /под ред. Смирнова В.И., М.: Недра, 1978.

Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1989

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03-Основы учения о полезных ископаемых

Интернет ресурсы: Все о геологии http://www.geo.web.ru

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Дворов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ»

ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Бутин В.В., к.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Оглавление

		стр.
Предисловие		4
1. Общие сведения		5
2. Дешифровочные признаки		8
2.1.	Прямые дешифровочные признаки	8
2.2.	Косвенные дешифровочные признаки	10
2.3.	Основные формы рельефа	11
3. Дешифрирование геологических структур		12
4. Дешифрирование литологии		13
5. Методика выполнения лабораторной работы		15
5.1.	Определение взаимного расположения и ориентация аэрофотоснимков	16
5.2.	Определение границ участка	17
5.3.	Расчет масштаба аэрофотоснимков	19
5.4.	Определение центров аэрофотоснимков	19
5.5.	Построение линии главного направления	20
5.6.	Расчет базиса фотографирования	20
5.7.	Выделение и прослеживание литологических разновидностей пород	20
5.8.	Выделение разрывных нарушений	22
5.9.	Построение элементов залегания пород	22
5.10.	Определение относительных превышений элементов рельефа	24
5.11.	Построение элементов залегания	28
6. Составление геологической карты		32
7. Построение геологического разреза		33
7.1.	Построение рельефа по линии разреза	33
7.2.	Построение геологического разреза	36
8. Составление стратиграфической колонки.		37
9. Составление геологической карты		37
Рекомендуемая литература		39

Предисловие

В современных геологических исследованиях весьма широкое распространение получили методы дистанционного изучения земной поверхности и геологических комплексов на удалении (на дистанции) от их расположения. Сюда относятся методы исследования объектов с воздуха, выполняемые на разных высотах с помощью самолетов, космических кораблей, спутников. Высокий технический уровень современных исследований позволяет использовать широкий диапазон электромагнитных волн для дистанционного изучения площадей и проведения фотоэлектронных, телевизионных, радиолокационных, рентгеновских, инфракрасных, ультрафиолетовых и других видов съемок. Резко возрос и круг задач, решаемых дистанционными методами, результаты которых используются в геологии, сельском хозяйстве, мелиорации, строительстве и в других видах хозяйственной деятельности человека.

Особенно важна роль дистанционных методов, и прежде всего фотометодов, при геологосъемочных работах, инженерно-геологических исследованиях, при поисках полезных ископаемых. Для этих целей применяется набор высокоэффективных электронных приборов, позволяющих с большой точностью измерять параметры элементов рельефа, выполнять в автоматическом режиме качественный и количественный анализ форм рельефа, определять состав, условия залегания и площади распространения пород геологических комплексов, характер и интенсивность процессов их изменения, определять параметры и типы геологических структур.

Большим разнообразием отличаются и фотоматериалы, используемые при изготовлении аэрофотоснимков. В современных практических исследова-ниях применяются черно-белые, цветные и синтезированные космоснимки и аэрофотоснимки разного масштаба и составленные по ним фотосхемы, репродукции монтажа, фотопланы.

1. Общие сведения

Наибольшее применение в настоящее время при площадных геологоразведочных, геологосъемочных работах получили черно-белые аэрофотоснимки крупного масштаба - от 1:10000 до 1:70000. Выбор масштаба аэрофотоснимков, их информативность для конкретных территорий зависят от характера геологических задач, детальности геологических исследований, от степени дешифрируемости, от условий и параметров фотографирования.

При проведении специализированных аэрофотосъемочных работ фотосъемкой перекрывается вся площадь геологических исследований, фотографирование производится с самолета на различных высотах, при различных вариантах вертикального или наклонного положении оптической оси аэрофотокамеры.

При фотографировании площадей маршруты самолета располагаются параллельно друг другу и обычно ориентированы в широтном направлении (рис. 1).

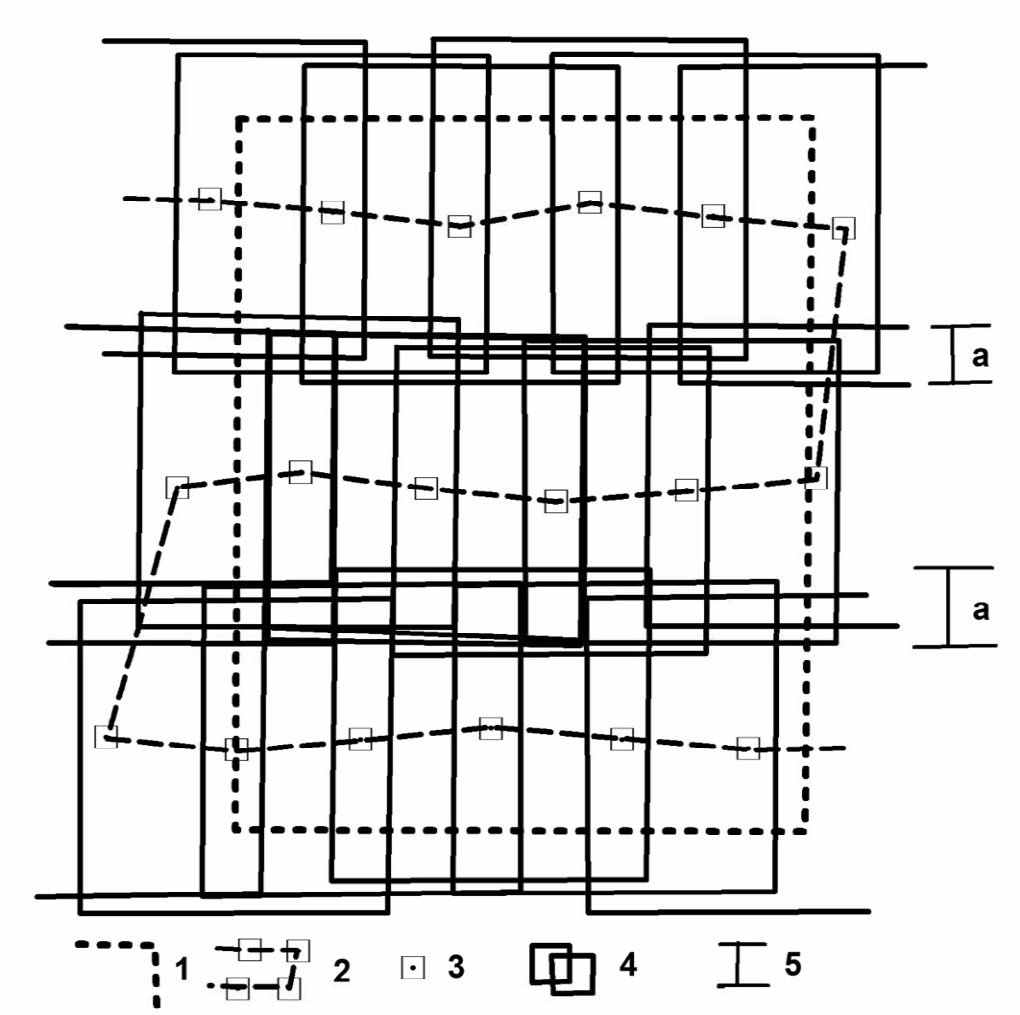


Рис.1. Взаимное расположение аэрофотоснимков и маршрут полета самолета при сплошном фотографировании площади.

1 – границы площади; 2 – маршрут самолета; 3 – центры фотографирования; 4 – границы одиночных снимков и их взаимное расположение; 5 – зоны поперечного наложения (а) снимков в соседних рядах (не менее 15%).

Обязательным условием аэрофотосъемки должно быть не менее, чем

60% перекрытие площадей двух соседних снимков вдоль маршрута самолета и 15% поперечное перекрытие площадей снимков в соседних параллельных маршрутах (рис. 2).

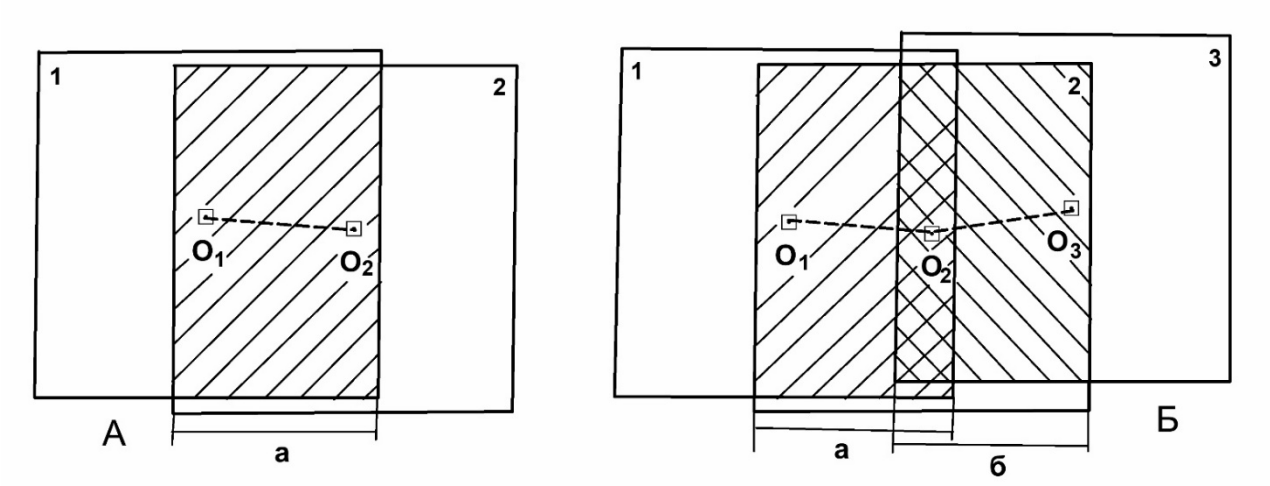


Рис. 2. Взаимное расположение соседних аэрофотоснимков в стереопаре (А) и стереотройке (Б). O_1, O_2, O_3 - центры аэрофотоснимков. Заштрихованы участки снимков 1 и 2 (а) и 2 – 3 (б) со стереоэффектом.

В настоящих Методических указаниях рассматриваются вопросы методики геологического дешифрирования аэрофотоснимков с помощью стереоскопов, определения структурных параметров геологических комплексов и составления геологической карты.

Для выполнения лабораторных работ по дешифрированию подготовлено 25 комплектов черно-белых аэрофотоснимков размером 18х18 см крупного масштаба. Комплекты аэрофотоснимков содержат два или три снимка, составляющих, соответственно, стереоскопические пары или стереоскопические тройки (рис. 1.2). В тексте геологических заданий к снимкам указываются основные черты тектонического строения площади, возраст и состав пород, характер рельефа. Приведены данные о параметрах фотографирования (высота фотографирования - Н, фокусное расстояние аэрофотокамеры – f_k). На снимках показаны центральные точки снимков, проекции центров соседних аэрофотоснимков и базис фотографирования.

По результатам изучения аэрофотоснимков необходимо выделить литологические разновидности пород, определить элементы залегания и возраст пород, построить геологический разрез, стратиграфическую колонку и геологическую карту.

2. Дешифровочные признаки.

Выделение геологических или геоморфологических объектов на аэрофотоснимках осуществляется на основе изучения дешифровочных признаков, которые помогают выделить и оконтурить геологические тела, определить их форму, размер, ориентировку, состав и границы слагающих их пород, выделить складчатые и разрывные структуры.

Дешифровочные признаки подразделяются на две группы - прямые и косвенные.

2.1. Прямые дешифровочные признаки

Прямые дешифровочные признаки непосредственно отображают свойства геологического объекта. К прямым признакам относятся геометрическая форма, размер, цвет, фототон объекта.

Геометрические формы геологических объектов весьма разнообразны и по своей конфигурации они могут быть объединены в три группы – линейные, округлые и неправильные.

В виде линейных геологических форм различной протяженности и ширины на аэрофотоснимках выделяются слои осадочных, вулканогенных и метаморфических пород, моноклинальные структуры, крылья складчатых структур, дайки и жилы магматических пород, разрывные нарушения.

Округлые геологические объекты изометричной или овальной формы на аэрофотоснимках имеют брахискладчатые антиклинальные и синклинальные структуры, штоки интрузивных тел, вулканические купола, тектонические блоки.

Неправильную форму на аэрофотоснимках обычно имеют горизонтальные или пологозалегающие геологические тела, занимающие вершины и водораздельные участки горного рельефа. Они могут быть представлены слоями осадочных отложений, в том числе и четвертичными образованиями, покровами и пластами вулканических пород, интрузивными силлами. Горизонтальные геологические тела отличаются извилистыми очертаниями, пятнистым распределением по площади. Конфигурация выходов горизонтальных толщ на поверхности зависит от интенсивности эрозионного расчленения рельефа.

Размеры геологических объектов колеблются в широких пределах и, в зависимости от масштаба аэрофотоснимков, они могут занимать различную площадь снимков. Визуальное дешифрирование позволяет различать объекты на снимках с точностью до 0,2 мм, однако, практически нецелесообразным

является выделение геологических объектов размером менее I мм. Исключение составляют мелкие магматические дайки и жилы, которые на картах показываются немасштабными условными обозначениями.

Фототон на черно-белых аэрофотоснимках зависит от цвета пород, характера их поверхности, степени и типа выветривания, влажности, степени освещенности объекта.

Цвет пород зависит от их химического состава, от минерального состава, структуры пород. Магматические породы основного и ультраосновного состава и развивающиеся по ним метаморфические сланцы характеризующиеся железо-магнезиальным валовым химическим и минеральным составом, имеют черный или темно-зеленый цвет и, соответственно, темный фототон на снимках. Граниты и их эффузивные аналоги отличаются белым или светлосерым фототоном. Карбонатные осадочные породы имеют белый фототон, алевролиты и песчаники (в зависимости от минерального состава) - белый или светлосерый фототон, глинистые и углистые сланцы, аргиллиты имеют серый или темносерый фототон.

Интенсивность и *тип выветривания* пород изменяют характер выхода коренных пород на поверхность и цвет пород. Физическое выветривание пород приводит к их разрушению, расчленению на обломки различных размеров и формы. Обломки с ровной поверхностью обладают хорошей отражательной способностью и характеризуются более светлым фототоном, по сравнению с породами, обломки которых имеют неровную поверхность. Химическое выветривание способствует преобразованию химического и минерального состава пород и изменению их цвета. На магматических породах основного и ультраосновного состава развиваются красные железистые лимониты, по базальтам развиваются латеритные коры выветривания с пестрым фототоном, преобразование гранитов нередко завершается формированием белых глинистых каолиновых кор выветривания.

Горные породы во влажном состоянии (коренные и рыхлые) на аэрофотоснимках имеют серый и темносерый фототон, в сухом состоянии фототон этих пород зависит от их цвета.

Характер освещенности земной поверхности при ее фотографировании играет значительную роль для контрастного горного и холмистого рельефа. Наиболее благоприятными для фотографирования являются условия отсутствия облачности и высокое положение солнца. При косом солнечном освещении поверхности расчлененного рельефа образуются теневые участки на горных склонах и бортах речных долин, что в определенной степени может затруднить визуальное геологическое дешифрирование.

2.2. Косвенные дешифровочные признаки

К косвенным дешифровочным признакам относятся элементы рельефа, ландшафта, непосредственно не отражающие деталей геологического строения площади, но с их помощью возможно получение геологической информации о составе пород или особенностях геологических структур. В качестве наиболее распространенных косвенных признаков можно выделить такие признаки как рисунок поверхности рельефа, тип и характер распределения растительности.

Рисунок поверхности рельефа геологических тел зависит от состава и степени выветривания пород, от тектонического строения площади, степени обнаженности структур. Массивные слабо выветрелые интрузивные породы характеризуются крупноблочным однородным рисунком поверхности, с развитием разреженной системы речных долин, ручьев по зонам трещиноватости, зонам разломов в интрузивных массивах. Интенсивно трещиноватые магматические породы и слабо устойчивые к выветриванию осадочные породы разрушаются более интенсивно, что приводит к образованию на их поверхности мелкосетчатого пестрого неоднородного рисунка, развитию многочисленных водных потоков по зонам локального выветривания.

Развитие растительности и характер ее распределения в различной степени может отражать особенности геологического строения площади. При сплошном однородном площадном распределении растительности элементы геологического строения на аэрофотоснимках выделяются слабо, поэтому расчленение пород по составу и дешифрирование геологических структур в этих условиях представляет значительные трудности.

При неравномерном или ограниченном избирательном развитии растительности часто наблюдается ее приуроченность к породам определенного состава. Интенсивное распространение растительности прежде всего приурочено к участкам развития водопроницаемых дробленых, пористых пород с повышенным содержанием воды. На аэрофотоснимках полосчатое линейное распределение растительности приурочено к выходам водосодержащих слоистых осадочных отложений, выделяющихся на снимках по темному фототону среди других осадочных отложений.

Кроме того, линейное расположение растительности также может быть приурочено к участкам разрывных нарушений, зон дробления, рассланцевания, характеризующихся повышенной водопроницаемостью. Иногда, на фоне сплошного распространения растительности встречаются закономерно распределенные участки с разреженным характером растительности, приуроченные к выходам на поверхность основных или ультраосновных пород,

медных, сурьмяных и других руд, химический состав которых неблагоприятен для развития растительности.

2.3. Основные формы рельефа.

Формы рельефа на аэрофотоснимках имеют различную степень связи с геологическим строением или составом пород площади. При решении геологических задач особенно важен учет особенностей рельефа для горизонтальных или слабонаклонных моноклинальных геологических структур.

При выполнении лабораторных работ по геологическому дешифрированию изучение рельефа проводится лишь в общих чертах, с определением основных характеристик наиболее крупных форм. На имеющихся учебных аэрофотоснимках наибольшее распространение получили горный, холмистый и равнинный типы рельефа.

Горный рельеф характеризуется преобладанием контрастных эндогенных или экзогенных форм, образовавшихся в результате интенсивного проявления тектонических, магматических или экзогенных эрозионных процессов. Положительные формы рельефа на снимках представлены различными по высоте одиночными горами или горными хребтами с четкими, острыми вершинами и крутыми склонами. Отрицательные формы горного рельефа образуют относительно прямолинейные врезанные долины рек, ручьев, логов с крутыми бортами. Обнаженность участков неравномерная, выходы коренных пород приурочены к эрозионным элементам рельефа - к вершинам хребтов, к эрозионным останцам на уплощенных вершинах, эрозионным склонам гор, к бортам речных долин, эрозионным речным террасам. Четвертичные аккумулятивные формы рельефа развиты в ограниченном объеме. Они занимают локальные участки и представлены, главным образом, элювием, делювием, коллювием и пролювием склоновых отложений. Характерной особенностью горного рельефа является значительное распространение на аэрофотоснимках теневых участков, на которых дешифрирование геологических границ возможно только под стереоскопом.

Холмистый рельеф характеризуется развитием одиночных холмов высотой до 200-300 метров среди относительно ровного окружающего пространства. Холмы представляют собой реликтовые денудационные участки горного рельефа с округлыми вершинами и крутыми склонами. Выходы коренных пород приурочены к склонам холмов, реже встречаются на их вершинах в виде эрозионных останцов или площадных денудационных участков. Рыхлые четвертичные аккумулятивные формы рельефа могут быть

сложены прибрежно-морскими обломочными отложениями или элювиальными и делювиальными отложениями на вершинах и склонах холмов. В долинах оврагов, ручьев, рек развиты пролювиальные или аллювиальные отложения.

Равнинный рельеф отличается слабой контрастностью форм рельефа. Наиболее распространенными являются аккумулятивные равнины, сформированные в результате накопления горизонтально залегающих осадочных толщ речного, озерно-болотного, ледникового, эолового или морского происхождения. Дочетвертичные породы обычно представлены осадочными горизонтальными толщами кайнозойского и мезозойского возраста.

3. Дешифрирование геологических структур

При изучении геологических структур на аэрофотоснимках по результатам дешифрирования могут выделяться горизонтальные, моноклинальные и складчатые структуры, сложенные осадочными, вулканогенными или метаморфическими комплексами. Геологические структуры осложнены разломами или интрузиями, которые также необходимо выделить на территории изученного участка.

Дешифрирование *горизонтально залегающих слоистых толщ* возможно только на участках расчлененного рельефа. Геологические границы слоев параллельны друг другу, имеют на снимках извилистый характер и полностью повторяют контуры элементов рельефа. Нижние стратиграфические горизонты горизонтальных комплексов, слагающих площадь, обнажаются в отрицательных формах рельефа - в днищах долин рек, в основаниях склонов гор, холмов. Верхние горизонты комплексов располагаются на вершинах и водоразделах положительных форм рельефа. Мощность пород, свит, комплексов можно определить по геологическому разрезу с детально отстроенным профилем рельефа или непосредственно на снимках по разнице высотных отметок верхних и нижних границ пород.

Наклонно залегающие слоистые толщи (моноклинали) образуют в условиях горного или холмистого рельефа асимметричные формы рельефа (куэсты) с пологими склонами по наклону слоев и крутыми склонами вкрест их напластования. Условия залегания пород, их возрастная последовательность, мощность слоев определяются на аэрофотоснимках геометрическим путем с помощью построения структурных элементов. Благоприятными для определения структурных элементов и для измерительного дешифрирования

являются участки выхода пород на склоны расчлененного эрозионного рельефа, для которого характерно изменение прямолинейности геологических границ слоев, выходящих на поверхность. Линии выходов слоев приобретают извилистый или ломаный характер и конфигурация геологических границ на снимках зависит от сочетания углов падения слоев и интенсивности эрозионного расчленения рельефа. При вертикальном падении слоев линии их выхода на поверхность полностью сохраняют прямолинейность, при крутых углах падения (70-80°) границы имеют незначительные искривления, а при пологих углах падения слоев их выходы на поверхность наиболее сильно зависят от характера рельефа и геологические границы приобретают сложный извилистый характер.

При дешифрировании *складчатых структур* с помощью структурных элементов определяются направления и углы наклона пород, выделяются антиклинальные и синклинальные складки. Построение структурных элементов выполняют геометрическим способом на крыльях складок по аналогии с методикой построения таких элементов в моноклинальных толщах. При условии согласного залегания пород между собой, в ядрах антиклинальных структур будут выходить наиболее древние отложения участка, в ядрах синклинальных складок на поверхности обнажаются наиболее молодые слои комплексов. Мощности слоев в складчатых структурах определяются по геологическому разрезу, построенному вкрест простирания пород и с учетом конфигурации элементов рельефа.

Разрывные нарушения отображаются на аэрофотоснимках в виде прямолинейных или коленообразных отрицательных элементов рельефа - узкие ровные долины рек, ручьев, логов, прямолинейные уступы по склонам высот и по бортам речных долин. Зоны разломов, проходящих через всю площадь, делят ее на отдельные блоки, которые могут иметь свои особенности геологического строения. Разломы пересекают линии выхода слоев, ограничивают их простирание в блоках, часто к зонам разломов приурочены магматические дайки, жилы.

4. **Дешифрирование литологии**

На аэрофотоснимках могут быть представлены осадочные, вулканические, метаморфические и интрузивные породы различного состава и возраста.

Осадочные породы составляют большую часть геологических образований аэрофотоснимков и среди них можно выделить две группы отложений - четвертичные и дочетвертичные.

Четвертичные осадочные отложения представлены рыхлыми породами элювиального, делювиального, пролювиального и аллювиального генетических типов.

Элювиальные породы образуются в результате физического или химического выветривания коренных пород и не испытавшие перемещения с места своего образования. Эти породы занимают изолированные участки по вершинам и водоразделам горного и холмистого рельефа.

Делювиальные продукты выветривания коренных пород залегают на склонах высот и перемещаются вниз по склону. Элювиальные и делювиальные отложения перекрывают коренные породы, имеют площадное развитие и на аэрофотоснимках они обычно выделяются светлым фототоном в виде локальных пятен по вершинам, площадным шлейфам верхних и средних частей склонов гор и холмов.

Пролювиальные отложения образуются в результате переноса продуктов выветривания временными потоками, они локализованы на склонах и у подножий склонов, в долинах ручьев, логов. На снимках эти отложения образуют линейные полосы по долинам ручьев и конуса выноса в их устьях. Чаще всего пролювиальные отложения имеют серый или темносерый фототон.

Аллювиальные отложения, представленные осадками русловой и пойменной фаций, приурочены к долинам рек. Отложения русловой фации, сложенные галечниками, песками, выделяются белым фототоном, пойменные фации занимают днища выровненных речных долин и имеют тёмный фототон в связи с широким развитием растительности. Более древние аллювиальные отложения (aQIII) на некоторых аэрофотоснимках слагают реликтовые аккумулятивные террасы, образующие уступы, ступени в бортах речных долин.

Дочетвертичные осадочные породы представлены неогеновыми, палеогеновыми, мезозойскими или палеозойскими толщами и свитами согласно залегающих пород различного генетического типа.

Конгломераты, *песчаники* обычно выделяются в виде слоев с выдержанными четкими границами, выдержанной мощностью и отличаются светлым фототоном, разреженным характером растительности, однородным фоторисунком поверхности.

Алевролиты образуют согласные с песчаниками прослои, на снимках имеют светлосерый фототон, иногда тонкослоистый рисунок поверхности.

Аргиллиты, глинистые и углистые сланцы интенсивно разрушаются с образованием отрицательных форм рельефа, имеют тонкополосчатый рисунок, темный фототон. Часто к этим породам приурочено более интенсивное развитие растительности.

Карбонатные породы (известняки, доломиты) на аэрофотоснимках выделяются белым фототоном, отсутствием растительности на поверхности, массивным однородным строением, грубым толстоплитчатым или трещиноватым рисунком поверхности.

Кварциты являются наиболее устойчивыми к выветриванию осадочными породами. В рельефе они образуют линейные эрозионные останцы, отпрепарированные пласты.

Вулканогенные породы имеют массивное однородное строение, образуют согласные пласты в вулканогенно-осадочных толщах, слагают вулканогенные купола, покровы, потоки. Породы основного состава имеют темносерый, черный цвет, вулканогенные породы кислого состава отличаются белым, светлосерым фототоном.

Метаморфические сланцы, кристаллические сланцы и гнейсы, образовавшиеся при региональном метаморфизме, образуют пласты разного состава, имеют относительно одинаковую степень выветривания к отличаются между собой только по фототону, отражающему особенности химического и минерального состава пород.

Интрузивные породы отличаются массивным строением, на аэрофотоснимках поверхность интрузий характеризуется разреженной растительностью, однородным фототоном, крупноблочным трещинным рисунком. Интрузии ультраосновного состава имеют темносерый, черный цвет, интрузии основного состава (габбро, диабазы) имеют темносерый и серый цвет, гранитные породы на снимках отличаются белым фототоном. Массивы интрузивных пород в рельефе образуют останцовые положительные формы различного размера и конфигурации.

5. Методика выполнения лабораторной работы

Выполнение учебной работы по геологическому дешифрированию с составлением геологической карты осуществляется каждым студентом самостоятельно по индивидуальному заданию по одному из комплектов аэрофотоснимков. В процессе работы проводится обработка геологической информации и результатов измерительного дешифрирования, на основе которых составляются геологическая карта, геологический разрез и стратиграфическая колонка.

Работа выполняется в следующей последовательности: определение взаимного расположения и ориентировка снимков, определение границ участка, расчет масштаба аэрофотоснимков, определение центров аэрофотоснимков,

определение положения линии главного направления фотографирования, расчет базиса фотографирования, выделение и прослеживание литологических разновидностей пород, выделение разрывных нарушений, построение элементов залегания пород, стратиграфическое расчленение пород, определение превышений элементов рельефа, построение геологического разреза, определение мощностей пород, составление стратиграфической колонки, оформление геологической карты.

5.1. Определение взаимного расположения и ориентировки аэрофотоснимков.

Комплекты аэрофотоснимков для лабораторных работ по геологическому дешифрированию включают по два или по три снимка. Необходимо определить их взаимное расположение, отражающее последовательность фотографированиплощади. Маршруты фотографирования обычно имеют широтную ориентировку (рис. 1). В северо-восточном углу каждого снимка помещается цифровой индекс с указанием серии и номера снимка и даты фотографирования (рис. 3).

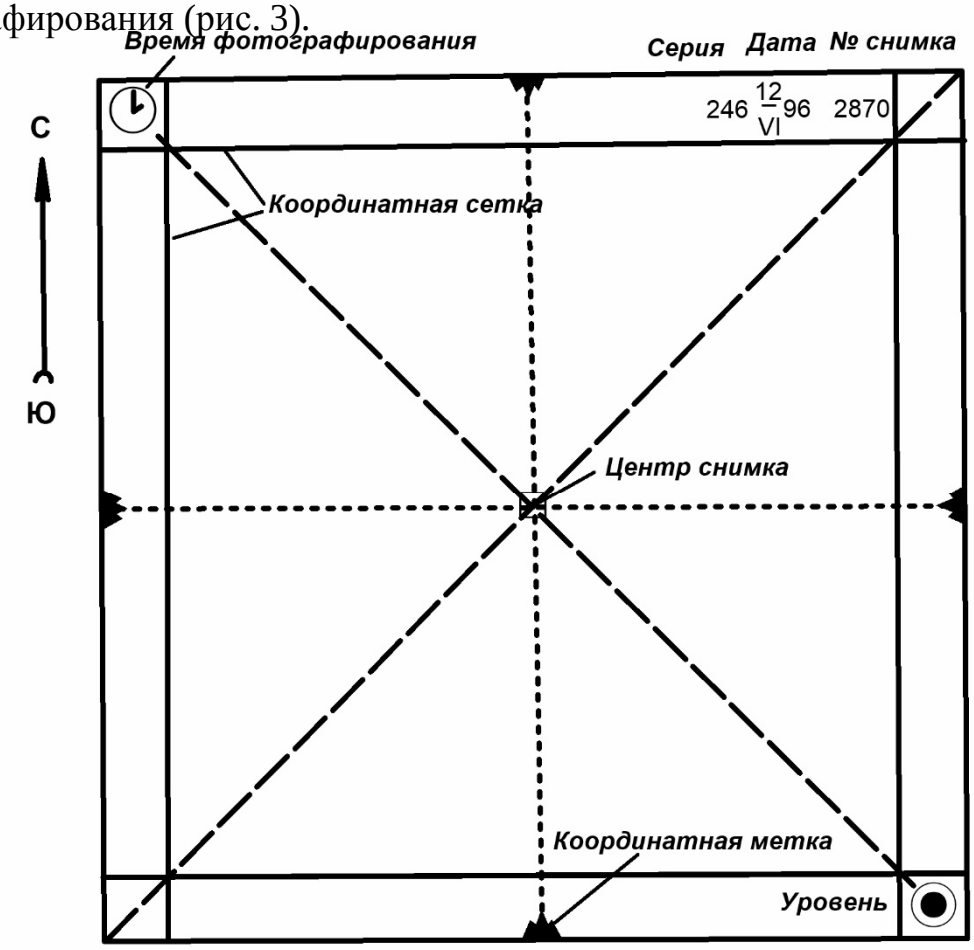


Рис. 3. Одиночный плановый аэрофотоснимок и его основные параметры.

В комплектах с двумя снимками (стереопара) необходимо определить левый и правый снимки, в комплектах с тремя снимками (стереотройка) определяют левый, центральный и правый снимки. Для этого поступают следующий образом. На аэрофотоснимках, составляющих стереопару, определяют участки рельефа, изображенные на обоих снимках. Наложив снимки друг на друга таким образом, чтобы одна и та же часть рельефа совпадала в основных своих формах, можно определить какой из этих двух снимков является левым, а какой снимок — правым (рис. 4).

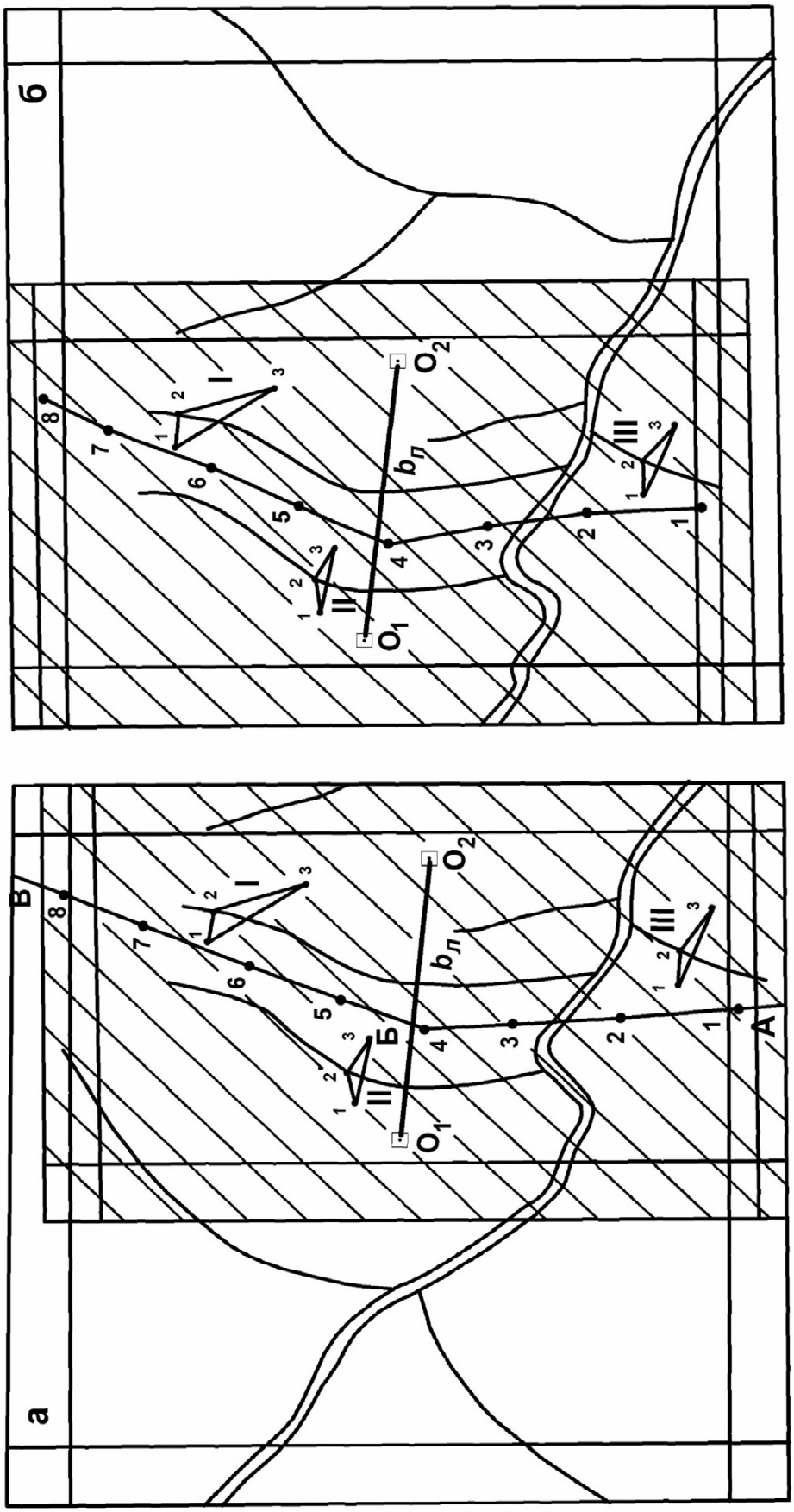
При наличии трех снимков, попарно сравнивая их между собой, таким же образом определяем стереоскопические пары первого и второго, второго и третьего снимков. Для дальнейшей работы из трех снимков выбираем те два соседних снимка, на которых получили наиболее четкое отображение геологические структуры. Использование третьего снимка дает возможность получения более полного стереоскопического обзора площади. В учебных комплектах из трех аэрофотоснимков для работы выбираются те два снимка, на которых нанесены пластовые треугольники и линии геологических разрезов.

5.2. Определение границ участка

Размер и контуры участка для составления геологической карты по аэрофотоснимкам определяются размерами площади их взаимного перекрытия, которая на имеющихся комплектах аэрофотоснимков составляет от 60 до 50% площади одного снимка. Из двух аэрофотоснимков стереопары выбирается снимок, имеющий более четкое, контрастное отображение рельефа, литологии, структурных элементов. На этом снимке оконтуривается та часть его площади, которая составляет общую стереоскопическую модель этого участка с соседним снимком. Уточнение положения границ участка проводится при наблюдении под стереоскопом. При работе со стереоскопом левый снимок стереопары помещается под левое зеркало стереоскопа, правый снимок - под правое зеркало. Перемещая снимки относительно друг друга, добиваются получения стереоскопической (объемной) модели рельефа. Наложив кальку на снимок, выбранный для составления геологической карты, оконтуривают на ней участок стереоскопической модели местности для данной стереопары (рис. 4).

Рис. 4. Левый (а) и правый (б) аэрофотоснимки с элементами гидросети.
O_1 и O_2 – центры левого и правого снимков, $b_л$ и $b_п$ - базисы фотографирования на левом и правом снимках, I, II, III – пластовые треугольники и номера точек треугольников, А – Б - В – линия геологического разреза с точками замера высоты рельефа. Заштрихована на снимках площадь,

составляющая стереоскопическую модель местности для данной пары аэрофотоснимков



5.3. Расчет масштаба аэрофотоснимков

Масштаб аэрофотоснимков определяется по соотношению фокусного расстояния аэрофотокамеры (f_k) и высоты фотографирования (H) по формуле $m=f_k/H$. Данные о фокусном расстоянии аэрофотокамеры и высоте фотографирования приведены в тексте задания к каждому комплекту аэрофотоснимков. При расчете масштаба снимков значения f_k и H переводятся в одни единицы (метры или миллиметры), а рассчитанный масштаб округляется до целых значений тысячи, например, 1:17000, 1:23000, 1:32000 и т. д.

5.4. Определение центров аэрофотоснимков

Аэрофотоснимки в учебных комплектах имеют квадратную форму различного размера. На снимках проведены координатные линии (рис. 3), параллельные сторонам снимков и ограничивающие центральные части снимков с минимальными оптическими искажениями рельефа. Периферические части снимков за пределами координатной сетки имеют существенные искажения форм рельефа, особенно значительные для горного типа рельефа.

Для каждого аэрофотоснимка необходимо определить центр снимка, фиксирующий положение точки фотографирования на снимке, куда была направлена оптическая ось фотоаппарата. Положение центральной точки на учебных аэрофотоснимках допускается определять несколькими геометрическими способами. Наиболее точно центр снимка определяется при использовании координатных меток, расположенных по краям снимков в их середине. В этом случае за центр снимка принимается точка пересечения линий, соединяющих координатные метки противоположных сторон снимков (рис. 3). При отсутствии на снимке координатных меток за центр снимка принимается точка пересечения линий, соединяющих противоположные углы координатной сетки. Менее точным является определение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимков.

5.5. Построение линии главного направления

.

После определения положения центральных точек, дополнительно на каждом аэрофотоснимке должно быть показано положение проекций центров соседних снимков. При наблюдении под стереоскопом на левом снимке отмечают положение центральной точки правого снимка (рис. 4 точка O_2), а на правом снимке определяется положение проекции центральной точки левого

снимка (рис. 4, точка O_1). Линия O_1 - O_2, соединяющая центры снимков с проекциями центров соседних снимков называется главным направлением фотографирования. Главное направление должно иметь широтную ориентировку и располагаться параллельно сторонам снимка. Частичная непараллельность линий O_1 - O_2 сторонам снимков в некоторых учебных комплектах существенно не сказывается на точности определений структурных параметров при выполнении учебных лабораторных работ.

5.6. Расчет базиса фотографирования

Базис фотографирования представляет собой расстояние между центрами фотографирования двух соседних аэрофотоснимков.

Для измерительного дешифрирования необходимо определить средний базис фотографирования, который рассчитывается как среднеарифметическая величина базисов левого ($b_л$) и правого ($b_п$) снимков (рис. 5). Для этого палеткой или линейкой измеряют базис фотографирования на каждом снимке и рассчитывают его среднюю величину ($b_{ср}$) по формуле: $b_{ср} = (b_л + b_л)/ 2$.

При работе с тремя стереоскопическими аэрофотоснимками необходимо определять отдельно средние базисы для каждой пары снимков (1–2, 2-3).

5.7. Выделение и прослеживание литологических разновидностей пород.

В соответствии с имеющейся к комплектам аэрофотоснимков информацией о геологическом строении площади, проводится расчленение породпо составу, возрасту. Выделение литологических разновидностей пород дочетвертичного возраста, прослеживание границ этих пород, оконтуривание участков распространения проводится под стереоскопом на основе изучения прямых и косвенных дешифровочных признаков, отражающих особенности литологического состава пород. На аэрофотоснимках определяются и уточняются границы литологических разновидностей осадочных, вулканических, метаморфических дочетвертичных пород, выполняется прослеживание границ и оконтуривание площадей их распространения.

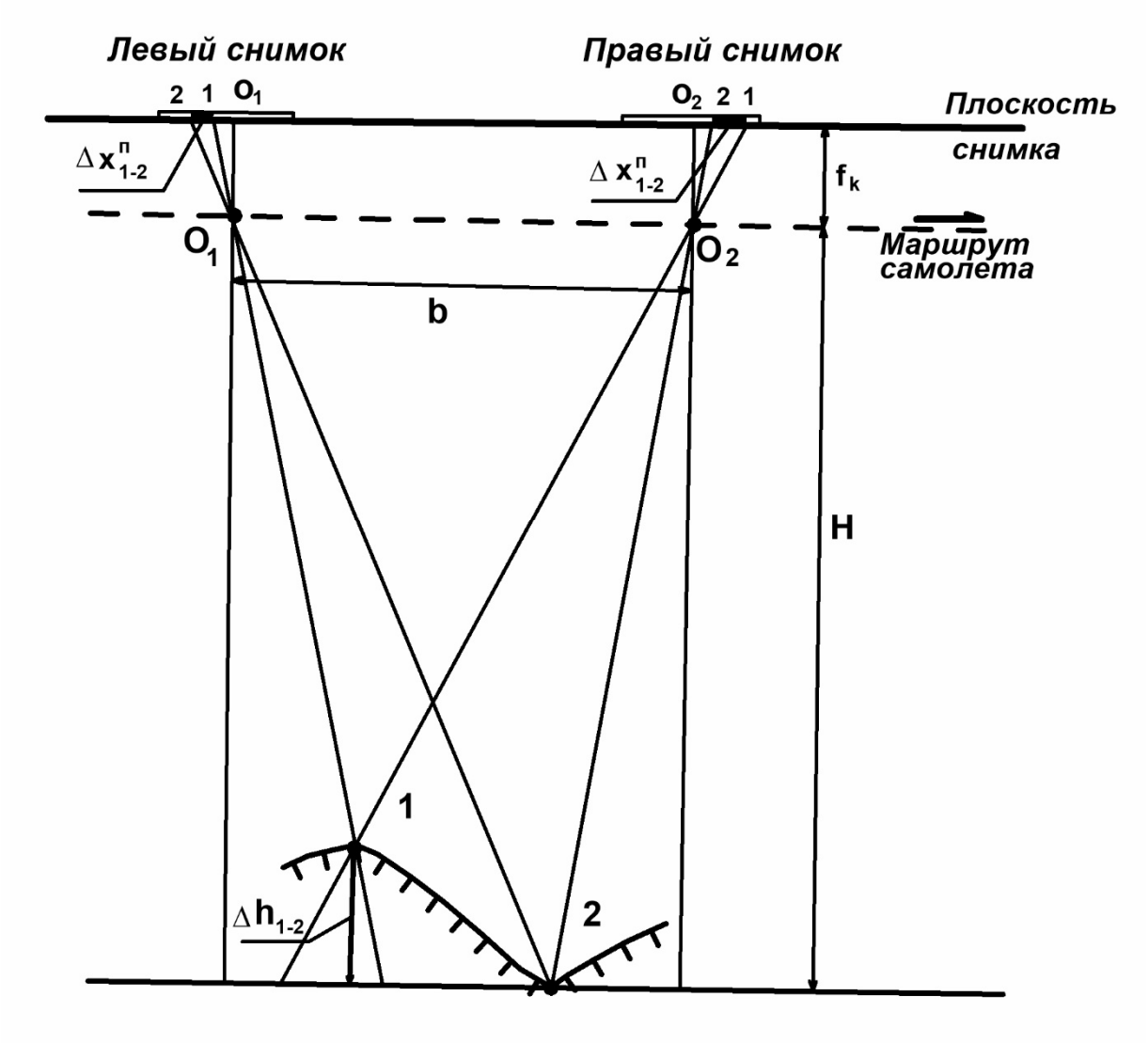


Рис. 5. Параметры фотографирования участка рельефа.

O_1, O_2 – центры фотографирования; o_1, o_2 – центры левого и правого снимков; H – высота фотографирования; f_k – фокусное расстояние аэрофотокамеры; b – базис фотографирования; Δh_{1-2} – относительное превышение в рельефе точек 1 и 2, $\Delta x^{л}_{1-2}$, $\Delta x^{п}_{1-2}$ – разность координат точек 1 и 2 на левом и правом снимках.

В случаях частого переслаивания пород друг с другом или при наличии маломощных согласных прослоев допускается объединение пород в более крупные литологические подразделения. Например, выделяются такие объединенные толщи как "юрская терригенная толща песчаников с прослоями алевролитов и аргиллитов", "пермская толща переслаивающихся песчаников, гравелитов и конгломератов", "глинисто-карбонатные отложения верхнедевонского возраста" и т.д.

Интрузивные массивы на аэрофотоснимках достаточно отчетливо выделяются по фототону, фоторисунку и характеру поверхности. Мелкие дайки диабазов, кварцевых порфиров, выраженные прямолинейными останцовыми формами рельефа, должны быть показаны на карте немасштабными линейными условными обозначениями.

Осадочные четвертичные отложения, перекрывающие более древние породы, на геологической карте необходимо выделять только на тех участках, где отсутствуют данные о геологической структуре, составе и условиях залегания более древних дочетвертичных пород. К таким участкам относятся долины крупных рек с нерасчлененными аллювиальными отложениями, пологие склоны гор с делювиальными или пролювиальными отложениями и элювиальные коры выветривания, располагающиеся на некоторых вершинах и водоразделах горного и холмистого рельефа.

5.8. Выделение разрывных нарушений

В пределах изучаемого участка необходимо проследить основные разрывные нарушения, выраженные на аэрофотоснимках косвенными геоморфологическими признаками, частично охарактеризованными в тексте геологического задания к комплектам снимков. Разрывные нарушения в рельефе проявляются в виде прямолинейных уступов, прямолинейных или коленообразных участков долин рек и ручьев, линейными полосами растительности, несогласными о простиранием пород. Данные об углах падения плоскостей разломов обычно отсутствуют и в этих случаях на геологических картах и разрезах падение таких зон разломов показывается вертикальное.

5.9. Построение элементов залегания пород.

Построение элементов залегания пород (линия простирания, линия падения, угол падения) на аэрофотоснимках производится геометрическим способом путем измерительного дешифрирования пластовых треугольников. Пластовый треугольник составляют три точки, принадлежащие слою (или его части) на линии выхода слоя на дневную поверхность. В случае маломощного слоя или мелкого масштаба аэрофотоснимков слои на снимке могут быть выражены в виде линий различной толщины, извилистость линий зависит от сочетания угла наклона слоя и степени расчлененности рельефа.

Для построения элементов залегания точки пластовых треугольников

должны быть обозначены непосредственно на линии выхода геологических границ на поверхность. Если слой достаточно мощный, то для выбора точек пластового треугольника можно использовать границу кровли слоя (верхний контакт слоя) или почвы (нижний контакт слоя, рис. 6).

Для большей представительности структурных данных определение элементов залегания пород на аэрофотоснимках проводится по трем пластовым треугольникам в различных частях слоистых толщ и расчет на их основе среднеарифметических значений углов падения.

Построение элементов залегания пород включает в себя два этапа - определение относительного высотного превышения точек пластового треугольника между собой и построение по полученным данным структурных элементов.

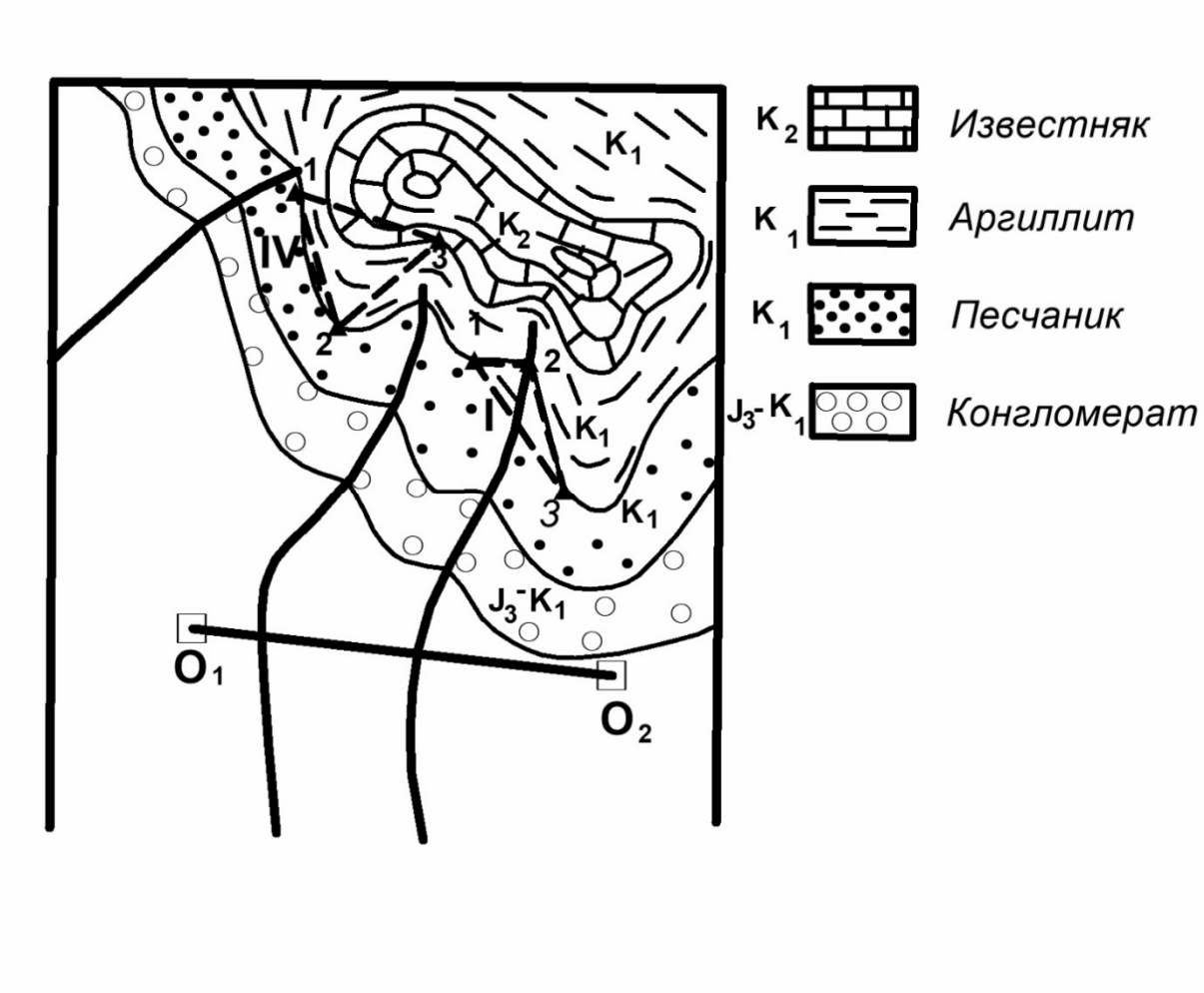


Рис. 6. Пластовые треугольники I и IV в слоистых осадочных отложениях. Пластовый треугольник IV выделен неправильно, т.к. в нем точки I, 2, 3 не располагаются в одной геологической плоскости. Точки пластового треугольника должны располагаться на одной геологической границе (на кровле или подошве пласта).

5.10. Определение относительных превышений элементов рельефа

Для определения относительных превышений точек рельефа (Δh) необходимо рассчитать разность высотных положений этих точек между собой. Расчет высотных превышений проводится последовательно в каждом треугольнике для каждой пары точек (Δh_{1-2}, Δh_{2-3}, Δh_{3-1}). На рис. 5 для точек 1 и 2 показано превышение точки I над точкой 2 (Δh_{1-2}) и отображение этой части рельефа на снимках – 1-2 на левом и правом снимках.

Основу метода измерительного дешифрирования для определения величины Δh составляет расчет количественной оценки разности линейных величин продольных параллаксов $\Delta p_{1-2} = (\Delta x^{л}_{1-2})–(\Delta x^{п}_{1-2})$. Линейные размеры 1-2 на левом и правом снимках зависят от параметров аэрофотоснимков (высота фотографирования H, базис фотографирования $b_{ср}$, фокусное расстояние аэрофотокамеры f_k) и от величины превышения точек между собой (Δh_{1-2}). Параметры H и f_k являются постоянными величинами для каждого комплекта аэрофотоснимков и их значения даны в тексте задания к снимкам. Базис фотографирования должен быть уже определен ($b_{ср}$) и также является величиной постоянной для каждого комплекта. Таким образом, работа сводится к измерению на обоих снимках для каждой пары точек рельефа значений $\Delta x^{л}_{1-2}$ и $\Delta x^{п}_{1-2}$, определения их разности Δp_{1-2} и расчета Δh_{1-2}.

Для этого на левом и правом снимках необходимо определить положение каждой точки и рассчитать разность координат точек в системе координат XY, лежащей в плоскости снимка. За ось X принимается главное направление $O_1 – O_2$, ось Y располагается перпендикулярно оси X и также проходит через центр снимка. Расчет превышений выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета самолета, наклона снимков, изменения координат точек по оси Y и др. Изменение положения точек и определение разности их координат проводим только относительно оси X. Разность координат точек по оси X называется *продольным параллаксом* этой точки (продольным по отношению к маршруту самолета, параллельным главному направлению снимка). Определение продольных параллаксов точек рельефа на снимках может выполняться автоматически с помощью специальных фотограмметрических приборов или ручным способом. Ручным способом продольный параллакс определяется с помощью параллаксометров, параллактических линеек, палеток. Наиболее простым способом является определение параллаксов с помощью палетки.

Палетка геолога-дешифровщика позволяет измерять линейные величины с точностью до 0.1 мм и представляет собой стандартный

поперечный масштаб. Шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, при работе ее непосредственно накладывают на снимок. Разность координат точек (Δx) с помощью палетки определяется на каждом снимке отдельно без стереоскопа и выполняется сначала на левом снимке, а затем на правом. Определяя разность координат двух точек (например, точек 2-3, рис. 7) палетку помещают ка снимок таким образом, чтобы левая точка в этой паре (точка 2) располагалась на левой рамке шкалы. Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы вторая точка (точка 3) заняла определенное положение на одной из наклонных линий палетки. Обязательным условием должно быть ориентированное положение палетки, при котором линия O_1-O_2 всегда должна быть параллельна горизонтальной части шкалы палатки, параллельно горизонтальным штрихам палетки.

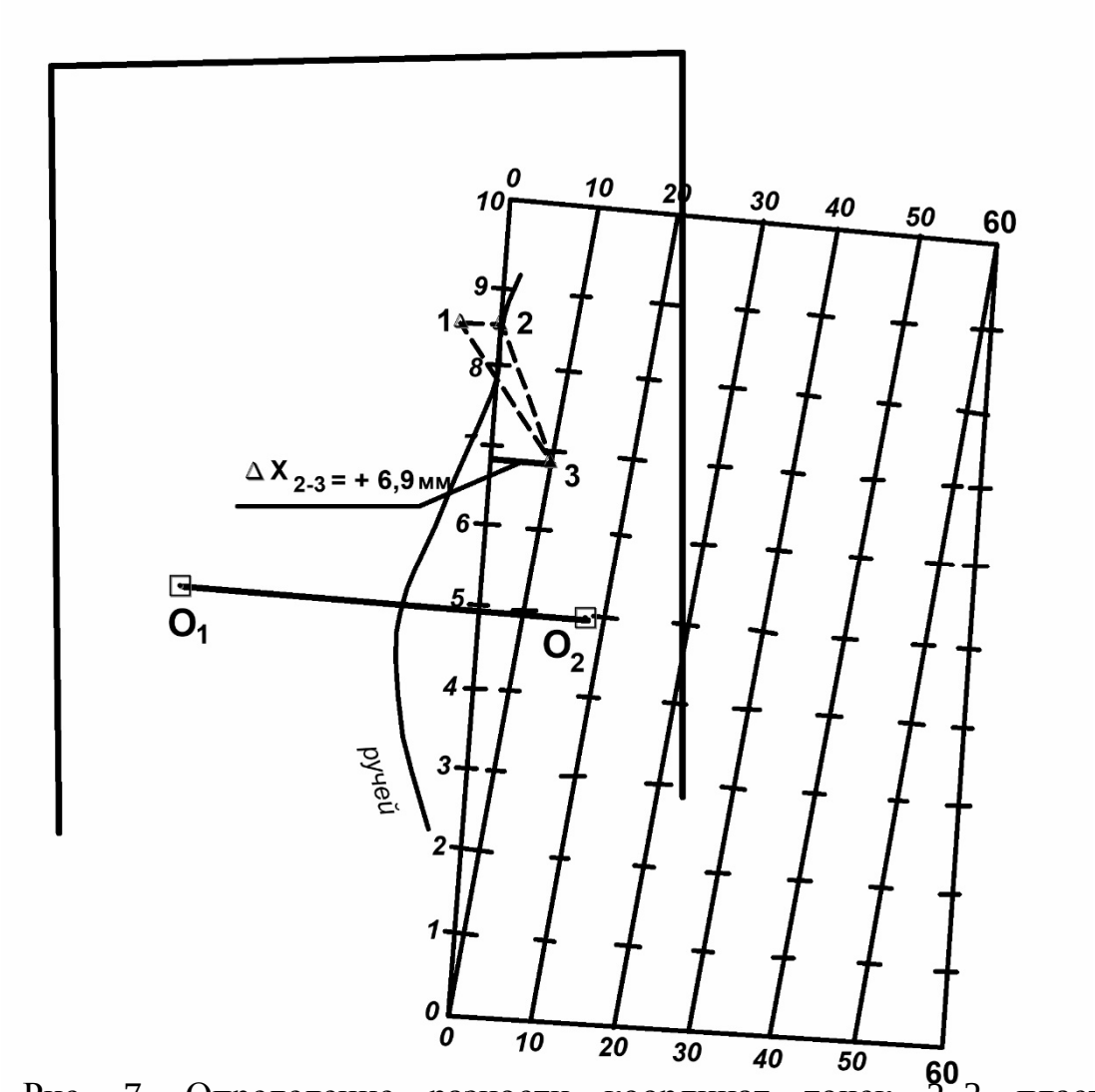


Рис. 7. Определение разности координат точек 2–3 пластового треугольника I (Δx_{2-3} = + 6,9 мм).

При определении Δx_{2-3} измеряется расстояние от правой точки (точка 3)

до левой части шкалы палетки, на которой располагается точка 2. В приведенном примере (рис. 7) отсчет $\Delta x_{2\text{-}3}$ определяется по расположению проекции точки 3, которая располагается на наклонной линии 0-10 в интервале между 6 и 7 мм. В этом случае принимаем отсчет, равный 6 мм. Десятые доли миллиметров рассчитываются путем интерполяции положения точки 3 между делениями 6 и 7 и эта величина составляет 0,9 мм. Полное значение отсчета составит: $\Delta x_{2\text{-}3}$ = 6 + 0,9 мм = 6,9 мм.

Аналогичным образом определяем разность координат между точками 1-2, 3 - I в этом пластовом треугольнике.

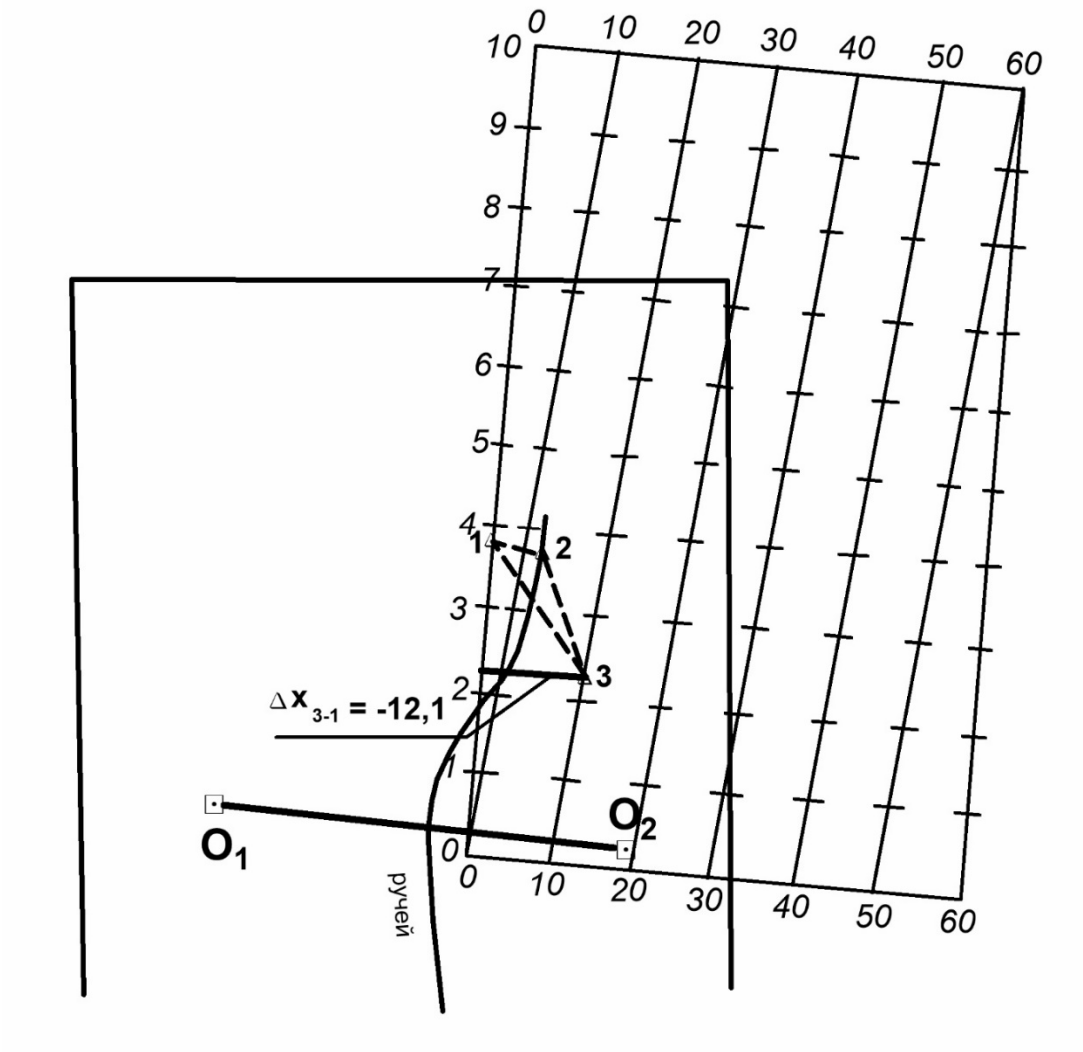


Рис. 8. Определение разности координат точек 3 и I пластового треугольника I ($\Delta x_{3\text{-}1}$ = - 12.1).

Если величина Δx превышает 10 мм и правая точка находится на других наклонных линиях, то при определении Δx необходимо дополнительно определить количество десятков миллиметров. Так, при определении $\Delta x_{3\text{-}1}$ (рис. 8) точка 3 располагается на наклонной линии 10-20 мм, т. е. Δx имеет величину больше 10 мм и меньше 20 мм. Поэтому полное значение $\Delta x_{3\text{-}1}$ = 10 + 2 + 0,1 = 12,1 мм. Полученные результаты замеров заносятся в таблицу (табл. 1).

При расчете относительных превышений точек рельефа необходимо учитывать их взаимное положение, т. е. какая из них располагается выше или ниже другой по рельефу.

С этой целью принимается определенный порядок отображения результатов измерений в таблице. Каждая пара точек заносится в таблицу (табл. 1) в определенной последовательности в порядке возрастания их номеров и возврата к начальной точке (1-2, 2-3, 3-1). Если в каждой паре точек первая из них на снимке располагается левее относительно другой точки, то значение Δx для этой пары принимается со знаком «+», например, $\Delta x_{1\text{-}2}$, $\Delta x_{2\text{-}3}$ (рис. 7). Для пары точек 3-1 (рис. 8) устанавливается, что точка 3 располагается правее точки 1, а точка 1 находится на левой части шкалы палетки. В этом случае величина $\Delta x_{3\text{-}1}$ принимается со знаком «-» ($\Delta x_{3\text{-}1}$ = - 12,1 мм).

Таким же образом определяются эти параметры на правом снимке. Проверкой правильности замеров служит результат алгебраической суммы величин Δx, который показывается в нижней части колонки таблицы и должен быть равен нулю. Допускается отклонение суммы на 10% от наибольших значений Δx для данного треугольника и снимка.

После определения значений Δx рассчитываются продольные параллаксы для каждой пары точек по формуле $\Delta p = \Delta x_л - \Delta x_п$, где $\Delta x_л$ и $\Delta x_п$ являются разностями координат двух точек на левом и правом снимках с учетом их знаков. Полученные значения Δp также имеют знаки "+" или "-" (табл. 1).

По рассчитанным значениям Δp определяются относительные превышения для каждой пары точек рельефа в пластовых треугольниках по упрощенной формуле: $\Delta h = H \times \Delta p / b_{ср}$, где Δh – относительные превышения двух точек (м), H - высота фотографирования (м), $b_{ср}$ - средний базис фотографирования (мм), Δp - разность продольных параллаксов (мм). Превышение точек (Δh) имеет тот же знак, что и Δp и показывает относительное положение в каждой паре точек **второй** точки по отношению к **первой** (табл. 1). Например, в пластовом треугольнике I точка 2 располагается ниже точки 1 на 20 м, точка 3 выше точки 2 на 5 м, точка 1 выше точки 3 на 15 м. В случае, если Δh окажется равной нулю (пластовый треугольник II, точки 3-1), то это означает, что данные

точки располагаются на одной высоте, не имеют между собой относительных превышений и через них проходит линия простирания.

Таблица 1

Параметры пластовых треугольников и элементов залегания пород.

Пласт. треугольн.	Точки треугольн.	Δx (мм)	Δx (мм)	Δp (мм)	Δh (м)	Элементы залегания
I	1-2	+4,9	5,3	-0,4	-20	АзПад31<10
	2-3	+6,9	+6,8	+0,1	+5	
	3-1	-11,8	-12,1	+0,3	+15	
	сумма	0	0	0	0	
II	1-2	+5,6	+6,1	-0,5	-26	АзПад10<24
	2-3	+6,5	+6,0	+0,5	+26	
	3-1	-12,1	-12,1	0	0	
	сумма	0	0	0	0	
III	1-2	+5,8	+6,4	-0,6	-31	АзПад20<40
	2-3	+8,1	+7,0	+1,1	+56	
	3-1	-13,9	-13,5	-0,4	-26	
	сумма	0	-0,1	-0,1	-1	

5.11. Построение элементов залегания

Для определения условий залегания пород необходимо в каждом пластовом треугольнике определить и построить элементы залегания - линию простирания, линию падения, угол и азимут падения слоя (пласта).

Линия простирания слоя - горизонтальная линия, лежащая в плоскости слоя или его части (кровля или почва слоя). *Линия падения* – линия перпендикулярная к простиранию, лежит в плоскости слоя и направлена по наклону слоя. *Угол падения слоя* - угол в вертикальной плоскости между линией падения слоя и горизонтальной плоскостью.

При построении структурных элементов сначала необходимо определить взаимное высотное положение точек в пластовом треугольнике. Так, в пластовом треугольнике I по результатам замеров (табл. 1). самой высокой точкой является точка I, самой низкой - точка 2, точка 3 располагается выше точки 2, но ниже точки 1.

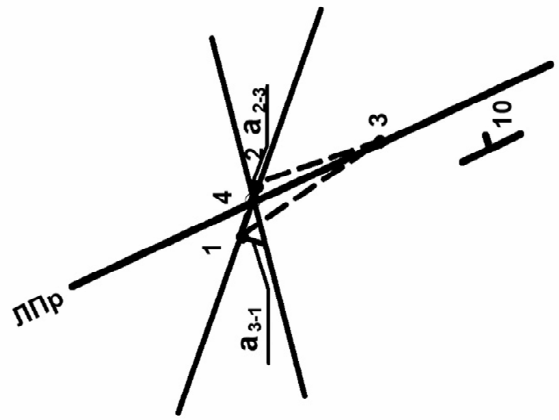
Для построения структурных элементов необходимо одну из точек треугольника выбрать в качестве базовой и при дальнейших геометрических построениях использовать превышения двух других точек по отношению к этой базовой точке. За базовую точку можно принимать любую точку треугольника - конечный результат построения структурных элементов будет одинаковый, хотя методика построения для разных базовых точек будет различной. Рассмотрим три возможных варианта построения структурных элементов в зависимости от различного положения базовой точки на примере пластового треугольника I (рис. 9).

Вариант I. Базовая точка располагается по высоте выше двух других точек треугольника (рис. 9.а). Такой точкой является точка I, которая располагается в рельефе выше т. 2 и 3 (1>3>2).

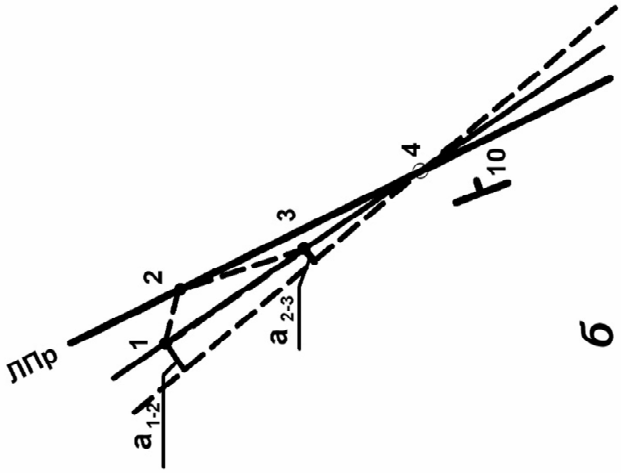
Точки 2 и 3 соединяем прямой линией и из этих точек проводим перпендикуляры, располагая **по одну сторону** (любую) **от этой линии**. Длины перпендикулярных отрезков должны быть пропорциональны превышениям точек 2 и 3 по отношению к базовой точке 1. От точки 2 откладывается перпендикуляр Δh_{1-2}, от точки 3 откладывается перпендикуляр Δh_{3-1} по данным табл. 1. Если длины перпендикуляров Δh в масштабе снимка будут иметь очень малые величины (менее I мм), то для удобства их построения отрезки перпендикуляров можно пропорционально увеличить в несколько раз. Например, при Δh_{1-2} = 20 м и Δh_{3-1} = 15 м эти величины в масштабе снимка (1:17000, Приложение I) составят 1,2 мм и 0.9 мм. Пропорционально увеличив их в несколько раз, примем Δh_{1-2} = 12 мм, Δh_{3-1} = 9мм. Соединив концы перпендикуляров и продолжив эту линию до пересечения с линией 2-3, получим на пересечении точку 4. Точка 4 по отношению к базовой точке I имеет Δh_{4-1} = 0, т. е. она располагается на одной высоте с точкой I.

Соединительная линия 1-4 является линией простирания слоя, проходящая через точку I. Падение слоя направлено от линии простирания к точкам 2 и 3, т. к. точка I в этом треугольнике имеет самую высокую отметку.

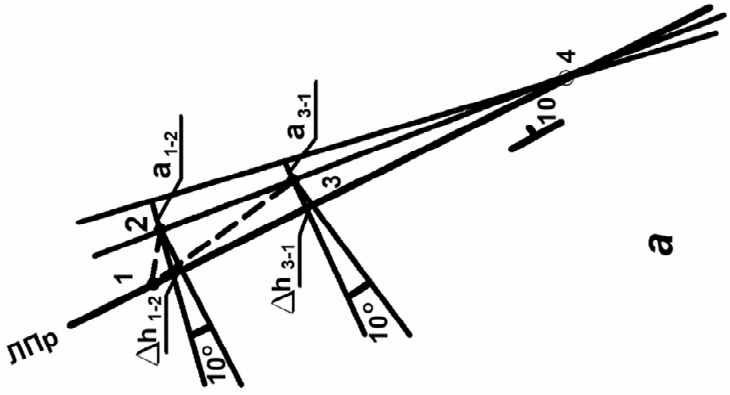
Определение угла падения слоя выполняем непосредственно на карте геометрическим способом в пределах пластового треугольника. От точки 2 на линию простирания откладываем перпендикуляр Δh_{1-2} = 20 м, длина которого в масштабе карты составит 1,2 мм. Угол при вершине треугольника в точке 2 является углом падения слоя, который в данном случае составляет 10°. Это же значение угла падения можем получить и при его определении в т. 3 (рис. 9.а), где на линии простирания откладываем Δh_{3-1} = 15 м (0,8 мм).


ЛПр
1
2
3
4
a_{2-3}
a_{3-1}
r_{10}

в


ЛПр
1
2
3
4
a_{1-2}
a_{2-3}
r_{10}

б


ЛПр
1
2
3
4
a_{1-2}
a_{3-1}
Δh_{1-2}
Δh_{3-1}
10°
10°
r_{10}

а

Рис. 9. Построение элементов залегания в пластовом треугольнике тремя вариантами: а - вариант I (базовая точка I), б -.вариант 2 (базовая точка 2). в - вариант 3 (базовая точка 3); ЛПр - линия простирания.

Построенный элемент залегания наносим на карту и определяем *азимут линии падения* слоя (азимут падения). Азимут падения слоя - угол в горизонтальной плоскости, отсчитываемый по часовой стрелке от направления на север до линии падения (рис. 10, Приложение I). За линию север - юг на снимках принимается направление боковых сторон снимка. Азимут падения слоя замеряется транспортиром и заносится в табл. 1.

Вариант 2. В этом же пластовом треугольнике принимаем в качестве базовой точку 2 (рис. 9.б), которая располагается по высоте ниже двух других точек (1>3>2). Построение элементов залегания производится аналогично варианту I. Соединяем точки I и 3 прямой линией и откладываем от этих точек перпендикуляры также **по одну сторону** (в любую сторону) **от этой линии**. Длины перпендикуляров пропорциональны разнице высот точек I и 3 к базовой точке 2 (Δh_{1-2} = 20 м, Δh_{2-3} = 5 м). В масштабе снимка (1:17000, Приложение I) это составит, соответственно 1,2 и 0,3 мм. Пропорционально увеличиваем эти значения и откладываем Δh_{1-2} = 12 мм, Δh_{2-3} = 3 мм. Проводим линию через концы перпендикуляров и на пересечении с линией 1-3 получим точку 4, которая находится на одной высоте с точкой 2 (Δh_{4-2} = 0 м). Линия 4-2 является линией простирания, проходящей через точку 2.

Для определения угла падения слоя проводим перпендикуляр из точки I (рис. 10) на линию простирания, проходящую через точку 2 и откладываем на ней отрезок в масштабе снимка, равный превышению Δh_{1-2}. Угол в точке 1 между этим перпендикуляром и отложенным отрезком является углом падения слоя на этом участке (угол падения равен 10°).

Вариант 3. Для этого же пластового треугольника в качестве базовой принимаем точку 3 (рис. 9.в), которая по высоте располагается ниже точки 1, но выше точки 2 (1>3>2). Точки 1 и 2 соединяем прямой линией и откладываем отрезки перпендикуляров Δh_{2-3}, Δh_{3-1}, направленные в **противоположные** от линии 1-2 **стороны**. Соединив концы этих отрезков, получим точку 4, которая располагается между точками 1 и 2. Точка 4 имеет одинаковую высоту с базовой точкой 3, т.е. Δh_{4-3} = 0 м. Линия 3 - 4 является линией простирания, проходящая через точку 3.

Для определения угла падения из точки I проводим перпендикуляр к линии 3-4 (рис. 10), который является линией падения слоя. Откладываем в масштабе карты отрезок Δh_{3-1} = 15 м (I мм). Угол падения в этом случае также равен 10°.

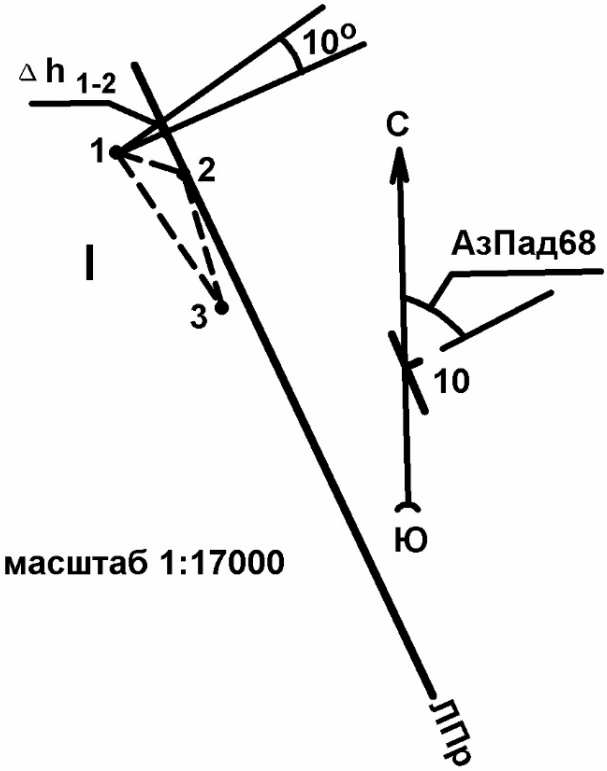


Рис. 10. Определение угла падения слоя (10^0) и азимута линии падения слоя в пластовом треугольнике I (АзПад68<10).

Таким образом, независимо от выбора базовых точек в пластовом треугольнике (варианты I, 2, 3), получаем идентичное положение элемента залегания слоя - азимут падения 68°, угол падения 10°. Стандартная запись этого элемента АзПад68<10.

6. Составление геологической карты

После построения элементов залегания определяем условия залегания и взаимоотношение пород по площади. Если все три треугольника характеризуют залегание отдельных согласных между собой моноклинальных слоев осадочных пород, то по полученным замерам определяем усредненные значения углов падения этой толщи в целом. В остальных случаях элементы

залегания могут показывать углы падения крыльев складчатых структур, падение пород в разных структурных этажах, залегание согласных силловых интрузий в осадочных толщах и другие структурные элементы.

По результатам установленных структурных взаимоотношений пород на основе имеющейся информации о возрасте и составе пород участка проводится полное стратиграфическое расчленение толщ с определением стратиграфического положения пород по их относительному положению в вертикальном разрезе, выполняется уточнение возраста пород, выделяются стратиграфические толщи, свиты, комплексы.

Под стереоскопом проводится прослеживание геологических границ в пределах всего участка, оконтуривание складчатых, разрывных, магматических геологических структур и составляется геологическая карта.

7. Построение геологического разреза.

На геологическом разрезе отображаются особенности геологического строения площади на глубине, морфология складчатых, разрывных, интрузивных и вулканических структур, показываются залегания и взаимоотношения пород. По геологическому разрезу определяется истинная мощность пород, толщ, свит. Для этого на аэрофотоснимках нанесены линии разрезов, ориентированные вкрест простирания геологических структур. Полное определение геологических параметров комплексов по разрезу возможно лишь при учете морфологических особенностей рельефа. Наиболее важным учет характера рельефа является при построении разрезов для горизонтальных или полого залегающих геологических комплексов.

Каждый разрез включает 7-15 точек, расположенных на характерных элементах рельефа - по вершинам гор, в долинах рек и логов, на резких перегибах рельефа, на уступах, террасах и пр.

7.1. Построение рельефа по линии разреза.

Для построения рельефа по линии разреза необходимо установить относительные превышения элементов рельефа (Δh), которые определяются с помощью палетки по методике, описанной для пластовых треугольников. Для каждой пары соседних точек профиля в порядке увеличения их номеров (рис. 11, точки I - 2, 2 - 3, ... 7 - 8, 8 - 1) определяется разность координат Δx сначала на левом снимке, а затем на правом снимке.

Разность $\Delta x_{8\text{-}1}$, с возвращением замеров от последней точки 8 профиля к

исходной точке 1, определяется для контроля выполненных измерений. Результаты замеров заносятся в таблицу (табл. 2) с учетом знаков "+" или "-".

Таблица 2

Определение относительных превышений элементов рельефа по линии разреза А-Б-В

Точки рельефа	$\Delta x_л$ (мм)	$\Delta x_п$ (мм)	Δp (мм)	Δh (м)
1-2	-4,1	-2,6	-1,5	-76
2-3	-3,8	-4,9	+1,1	+56
3-4	-4,1	-4,6	+0,5	+26
4-5	+4,9	+5,5	-0,6	-31
5-6	+5,8	+5,0	+0,8	+41
6-7	+5,4	+3,6	+1,8	+92
7-8	+3,5	+5,2	-1,7	-87
8-1	-7,8	-7,3	-0,5	-26
сумма	-0,2	-0,1	-0,1	-5

Значения Δx принимается со знаком «+» для тех пар точек, в которых первая точка располагается левее второй точки (4 - 5, 5 - 6, 6 - 7, 7 - 8). В других случаях, когда первая точка располагается правее второй точки, Δx принимается со знаком "-" (I - 2, 2- 3, 3 – 4, 8 - I). Контроль измерений производится определением величин сумм. $\Delta x_л$, $\Delta x_п$ с учетом их знаков (табл. 2), которые должны быть равны нулю. Допускается отклонение сумм. Δx до 10% от наибольшего значения Δx. По данным табл. 2 сумм. $\Delta x_л$ = -0,2 мм, сумм. $\Delta x_п$ = -0,1 мм, что соответствует выполнению требований к точности измерений Δx.

После определения Δx рассчитывается разность продольных параллаксов (Δp) и относительные превышения (Δh) для каждой пары точек по профилю. Разность продольных параллаксов рассчитывается по формуле $\Delta p = \Delta x_л – \Delta x_п$ с учетом алгебраических знаков Δx. Значения Δp также имеют знаки "+" или "-", например, (Приложение I): Δp_{3-4} = -4,1 – (-4,6) = + 0.5 мм.

Определение относительных превышений точек рельефа в каждой паре точек (Δh, м) проводится по формуле $\Delta h = (H \times \Delta p)/b_{ср}$, где H – высота фотографирования (м), Δp – разность продольных параллаксов (мм), $b_{ср}$ – среднеарифметическое значение базиса фотографирования (мм).

Например (Приложение 1): Δh_{1-2} = 2600x(-1,5)/51,5 = - 76 м.

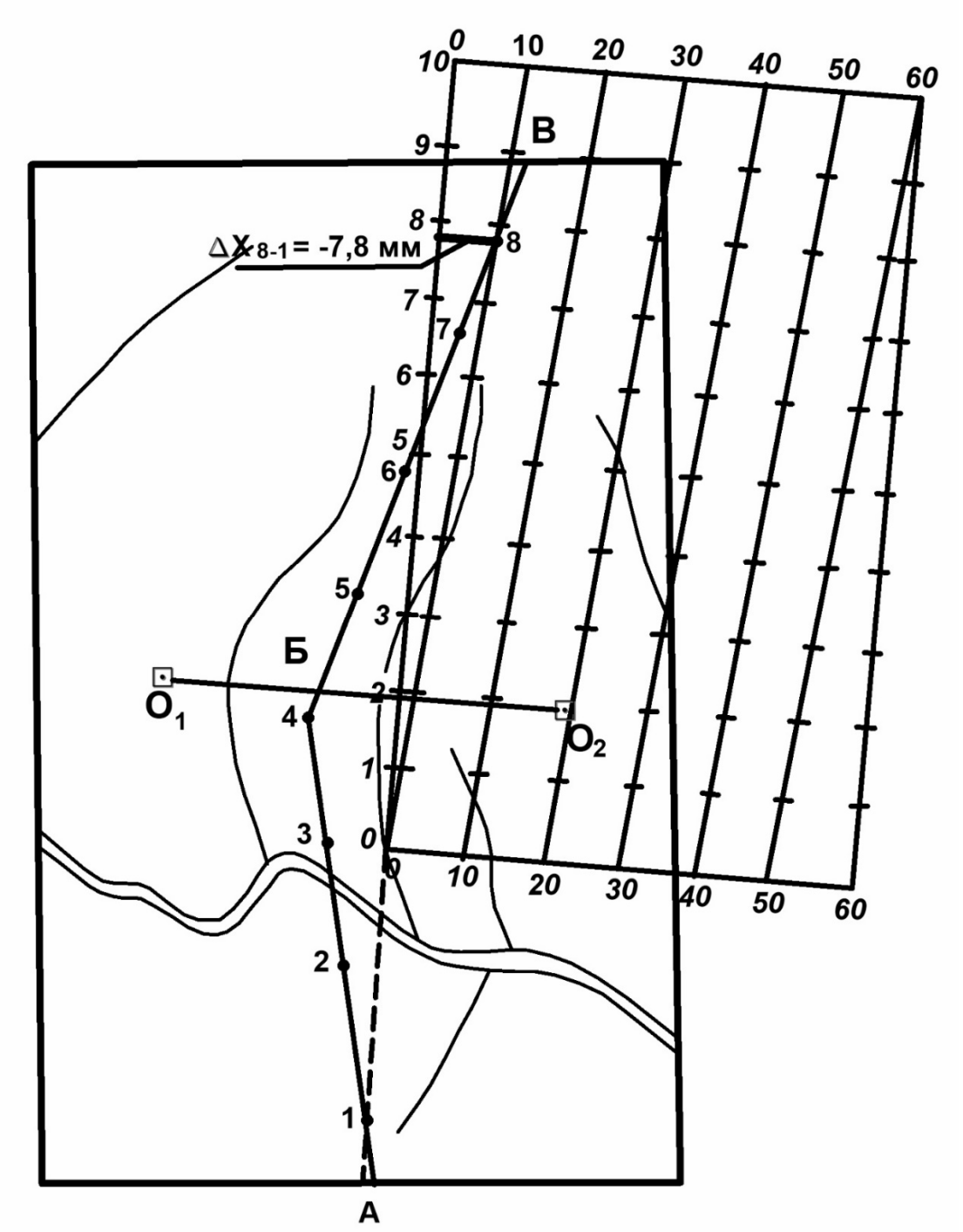


Рис. 11. Определение разности координат точек 8 и I по линии разреза А-Б-В (Δx_{8-1} = -7,8мм). Точка I находится за пределами палетки на продолжении ее левой рамки.

Знак Δh соответствует знаку Δр и показывает относительное положение в каждой паре **второй точки по отношение к первой**. Так, по профиле 1-8 (табл. 2) точка 2 располагается ниже точки I на 76 м, 3 - выше точки 2 на 56 м, 4 -

выше 3 на 26 м, 5 - ниже 4 на 31 м, 6 - выше 5 на 41 м, 7 - выше б на 92 м, 8 - ниже 7 на 87 м, точка I ниже точки 8 на 26 м.

По данным вычисленных превышений точек рельефа по линии разреза строится профиль рельефа. Вертикальный масштаб принимается равным горизонтальному масштабу и соответствует масштабу снимка. Для учебных комплектов аэрофотоснимков отсутствуют данные об абсолютных отметках рельефа, поэтому для разрезов принимается условная гипсометрическая шкала. Наиболее низкая точка рельефа по профилю (обычно - это участки речных долин, русла рек) условно принимается за базовую отметку + 200 м. Другие точки рельефа располагаются выше и имеют различные гипсометрические отметки в зависимости от относительных превышений их между собой и по отношению к базовой точке рельефа. Элементы и конфигурация форм рельефа уточняются под стереоскопом. Вершины гор, холмов могут быть острыми, округлыми или уплощенными. Склоны имеют различную крутизну и могут быть ровными, неравномерными, вогнутыми, выпуклыми. В долинах рек нередко выделяются эрозионные террасы, в бортах которых обнажаются коренные дочетвертичные породы.

7.2. Построение геологического разреза

На линию профиля с геологической карты выносятся границы пород, толщ, свит. По замеренным элементам залегания определяются направления и углы падения пород. При согласном залегании пород границы между ними на разрезе проводятся параллельно, под тем углом, который определен для этой толщи. Разрез строится на глубину 3-4 см, для снимков разного масштаба это составит различную глубину в метрах. Например, для аэрофотоснимков масштаба 1:10000 разрез отражает геологическое строение площади на глубину 300-400 метров.

При отсутствии данных о направлении и углах падения разломов, они на разрезах показываются вертикальными. Такие же вертикальные границы принимаются и для несогласных интрузий, когда неясен характер их залегания. Магматические силлы залегают согласно с вмещающими породами в виде линз, межпластовых интрузий и их границы на разрезе и карте параллельны слоистости вмещающих пород. Для четвертичных пород на разрезах принимается условная мощность, составляющая 2-3 мм на участках горного или холмистого рельефа и достигает 5-6 мм в пределах крупных речных долин (аллювий).

8.. Составление стратиграфической колонки

По линии геологического разреза, ориентированного вкрест простирания структур, определяется истинная мощность пород, толщ, свит. Полную мощность можно определить только для тех пород, у которых в разрезе выходят верхняя и нижняя границы. Истинная мощность таких пород определяется в масштабе разреза по линии, перпендикулярной границам пород. Для верхнего слоя разреза или структурного этажа отсутствует верхняя граница слоя, у самого нижнего слоя отсутствует нижняя граница. Для этих пород определяется неполная мощность и записывается **более …м**, например (Приложение I), так определяется мощность отложений K_2 (мощность более 40 м), D_3 (мощность более 200 м). Мощность четвертичных отложений также неполная, определяется условно по разрезу (Приложение 1).

После определения истинной мощности пород составляется стратиграфическая колонка для геологических комплексов в целом. В нее включаются все дочетвертичные толщи, свиты, распределенные по возрасту и с учетом их мощностей. Показываются литологические разновидности пород, характер их взаимоотношений. Согласные геологические границы показываются в колонке прямыми линиями, несогласные залегания - волнистой линией.

Масштаб стратиграфической колонки произвольный и выбирается с таким расчетом, чтобы можно было отобразить литологические разновидности маломощных пород и в то же время общие размеры колонки не превышали бы размеры геологической карты.

9. Оформление геологической карты.

Завершающим этапом работы по геологическому дешифрированию аэрофотоснимков является полное составление и оформление геологической карты (Приложение I, 2).

На геологической карте должны быть показаны;

- стратифицированные дочетвертичные и четвертичные геологические образования, расчлененные по возрасту и выделенные соответствующим цветом. Индексом показывается возраст пород, название свиты, например K_1o^2 - верхняя толща охотской свиты нижнего мела;
- интрузивные породы, разделенные по составу и возрасту с обозначением петрографическими и стратиграфическими индексами;
- разрывные нарушения;

- литологические разновидности пород;

- выносятся пластовые треугольники цветной тушью, подписываются номера треугольников и точек треугольников;

- построение элементов залегания в пластовых треугольниках показывается непосредственно на карте или за пределами карты;

- показываются элементы залегания пород.

Ниже геологической карты располагается геологический разрез. Горизонтальный и вертикальный масштабы геологического разреза одинаковые и соответствуют масштабу карты.

Справа от карты располагаются условные обозначения. Последовательность размещения условных обозначений сверху вниз:

- стратиграфические подразделения от четвертичных пород (в верхней части) вниз ко все более древним пародам;
- интрузивные породы от молодых к более древним;
- литологические разновидности пород;
- структурные элементы.

Слева от геологической карты помещается стратиграфическая колонка.

Кроме того, за пределами карты должны быть показаны таблицы с результатами дешифрирования пластовых треугольников и определения превышений точек рельефа по геологическому разрезу.

В правом верхнем углу указывается фамилия студента, учебная группа, номер и параметры аэрофотоснимков.

Полностью оформленная геологическая карта, выполненная тушью на кальке или белой бумаге, сдается преподавателю.

Рекомендуемая литература

1. Корсаков А. К. Структурная геология: учебник / М.: КДУ, 2009. 328с.
2. Михайлов А. Е. Структурная геология и геологическое картирование / М.: Недра, 1984. – 464 с.
3.Михайлов А.Е., Рамм Н.С. Аэрометоды при геологических исследованиях. М.; Недра, 1975. 230 с.
4. Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1:50 000. Том 1,2. Коллектив авторов; под ред. А. С. Кумпана. Л.: Недра, 1978.

Дополнительная литература

1. Сократов Г.И. Структурная геология и геологическое картирование. М.: Недра, 1972, 280 с.
2. Петрусевич М.Н., Казик Л.И. Практическое руководство по аэрофотогеологии. М.; МГУ, 1977, 320 с.
3. Гудилин Н.П., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрогеологических исследованиях. М.: Недра, 1978.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.04 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Методические указания к лабораторным работам

Темы практических работ:

1. Упорядочение статистических совокупностей в виде вариационных рядов. Вариационный анализ.
2. Решение задач на статистическую оценку параметров генеральной совокупности.
3. Параметрические методы сравнения групп переменных.
4. Корреляционный, кластерный и факторный анализы.

Практическая работа № 1 (4-6 часов). Упорядочение статистических совокупностей в виде вариационных рядов. Вариационный анализ.

Задание:

1) Рассчитать ряд распределения проб по содержанию в них элемента (вариант из **приложения 1**). Построить таблицу интервального ряда для нормального закона распределения.
2) Рассчитать статистические характеристики
   $\bar{U}$-среднее значение
   S^2-дисперсия
   S-стандарт
   V-коэффициент вариации
   A-показатель асимметрии
   E- эксцесс
3) Построить графики (для нормального распределения) – полигон, гистограмму, кумуляту.
4) Рассчитать значение моды Mo и медианы Med по формулам, показать их на графике. По кумуляте определить медианное значение и сравнить его с вычисленным по формуле.
5) Выбрать наиболее подходящую вероятностную модель распределения по критерию Пирсона χ^2
6) Сделать вывод о характере вариационного ряда:

- О степени изменчивости
- По статистическим характеристикам
- По наиболее подходящей вероятностной модели

Порядок выполнения работы:

1) Для построения интервального вариационного ряда непрерывного признака рассчитать ширину интервала (h) по формуле Стерджесса:
   $h = \frac{Umax - Umin}{1 + 3.32 \lg N}$, где
   U_{max} и U_{min}- соответственно максимальное и минимальное значение в выборке,
   N-объем выборки (количество проб).
   Упорядочить значения в виде интервального ряда для нормального закона распределения (пример табл. 1).

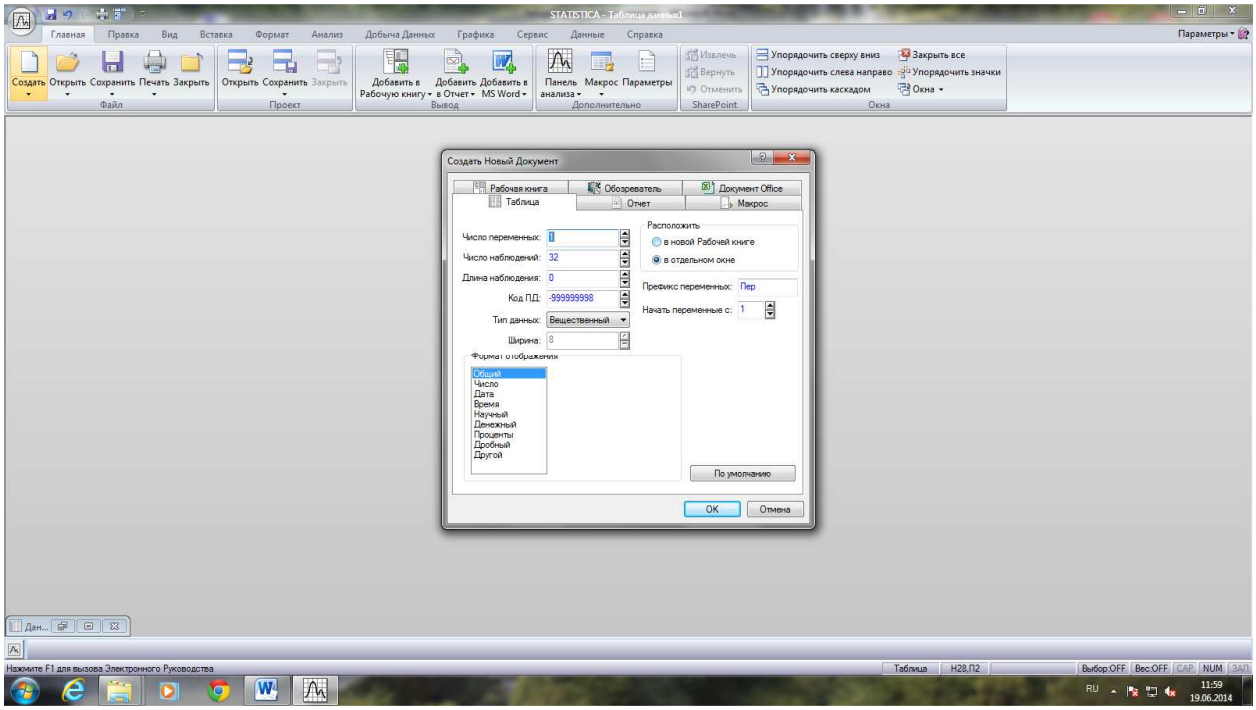
Таблица 1

Интервальный вариационный ряд распределения проб по содержанию в них меди

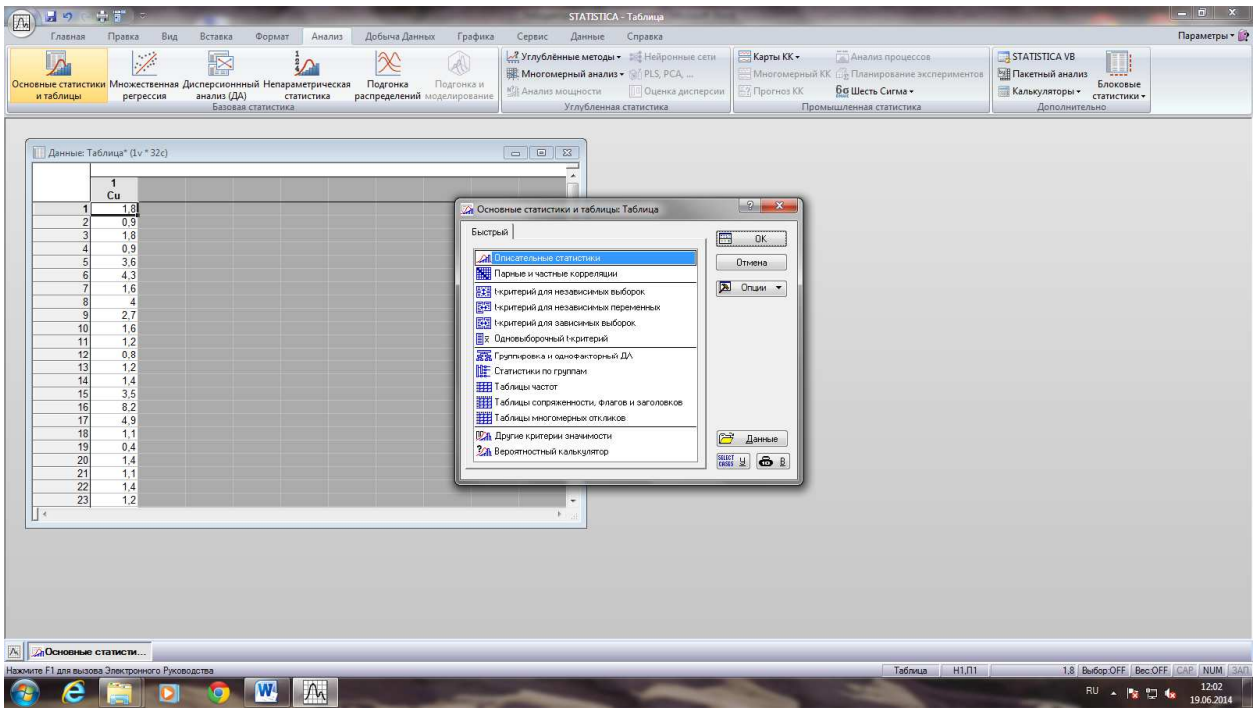
Границы	Серединный интервал	Частота (n_i)	Накопленная частота	Частность (w_i)	Накопленная частость

0,4-2,6	1,5	21	21	0,677	0,677
2,6-4,8	3,7	7	28	0,225	0,895
4,8-7,0	5,9	1	29	0,032	0,927
7,0-9,2	8,1	1	30	0,032	0,959
9,2-11,4	10,3	-	-	-	-
11,4-13,7	12,5	1	31	0,032	1

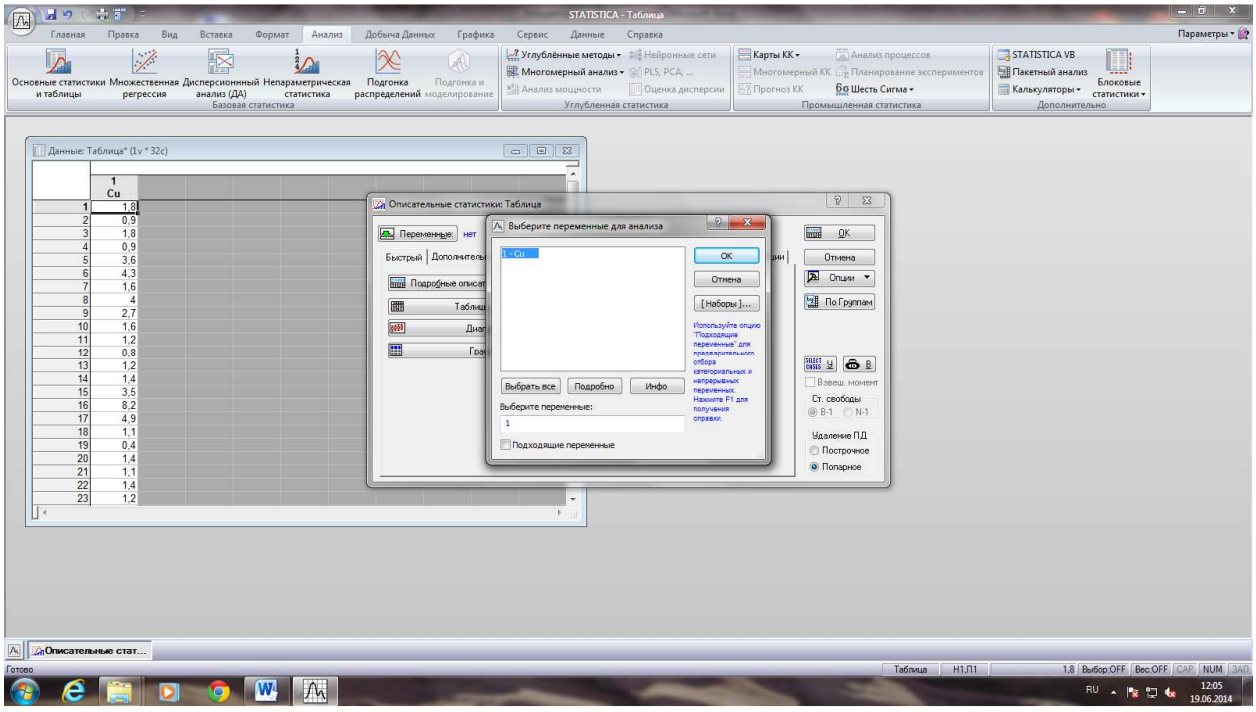
2) Создать исходную таблицу значений в программе Statistica. В меню программы выбрать: Главная → Создать → Таблица → выбрать число переменных (1 – количество признаков), число наблюдений (32 – количество проб) → ОК



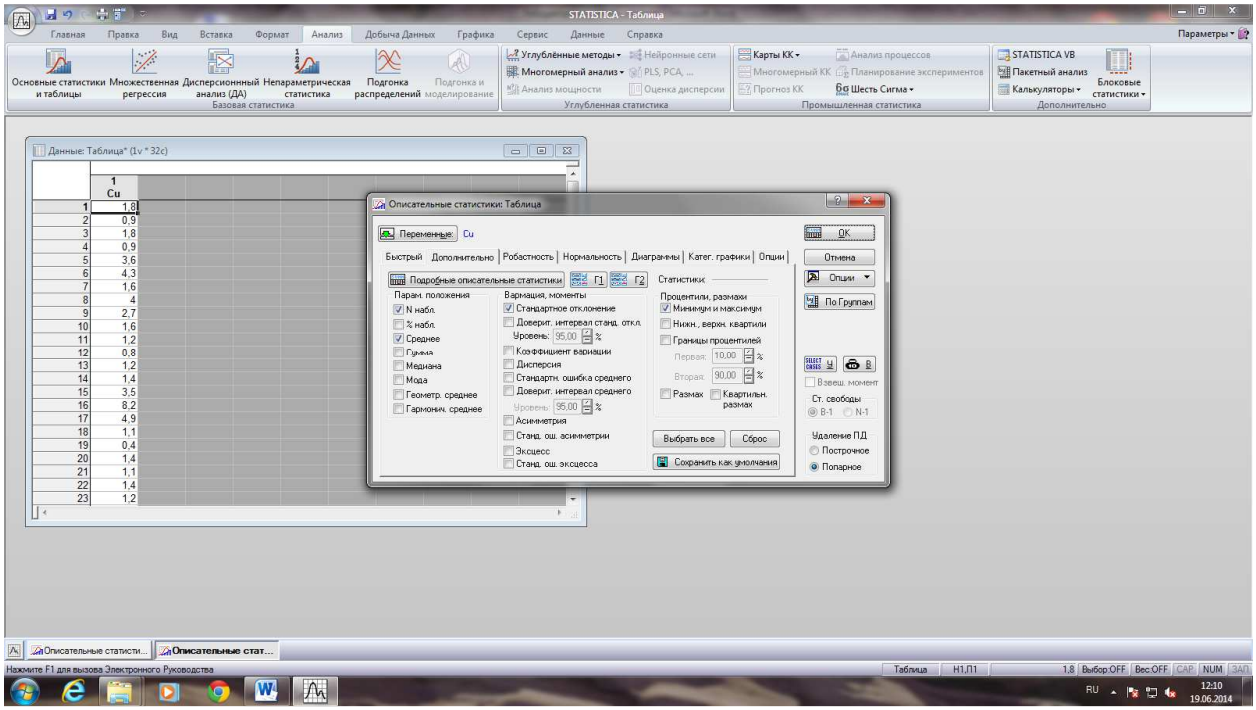
Рассчитать статистические характеристики в программе Statistica:
В меню выбрать:
Анализ → Основные статистики и таблицы→ Описательные статистики → ОК



Далее выбрать переменную (вкладка «переменные» в верхнем левом углу) → ОК



В появившимся диалогом окне выбрать: Дополнительно → отметить необходимые характеристики → ОК (пример табл.2).



Описательные статистики Таблица 2

	N набл.	Среднее	Минимум	Максим.	Дисперсия	Ст.откл.	Коэф. вар.	Асимметрия	Эксцесс
Cu	31	2,47	0,40	13,70	7,25	2,69	108,74	2,86	9,90

3) Построить графики (для нормального распределения) – полигон, гистограмму, кумуляту. При построении полигона по оси абсцисс отмечаются середины интервалов признака, по оси ординат – соответствующие этим интервалам частоты (или частости) (рис. 1)

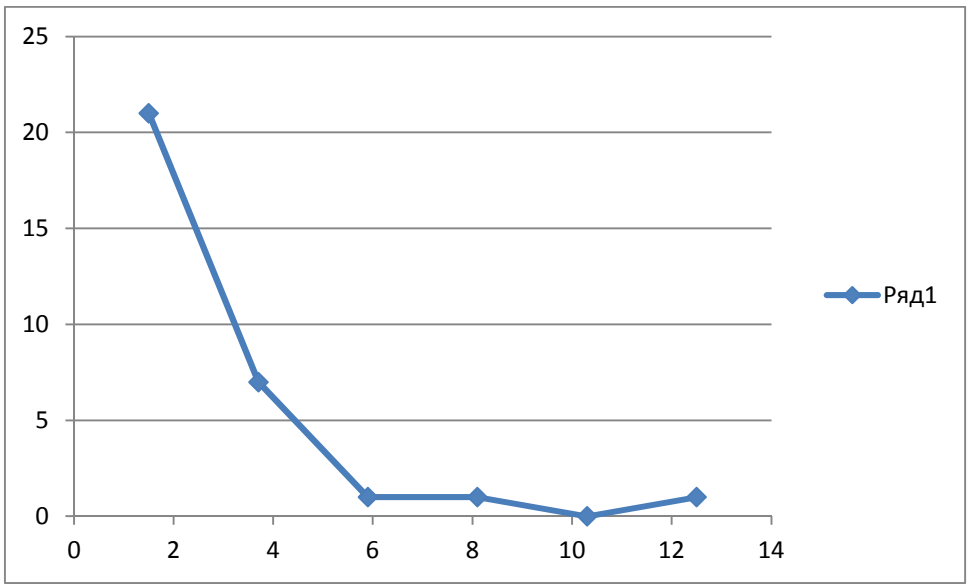


Рис 1. Полигон распределения проб по содержанию в них Cu

При построении гистограммы по оси абсцисс отмечаются границы интервалов признака, по оси ординат – соответствующие этим интервалам частоты (или частости) (рис. 2)

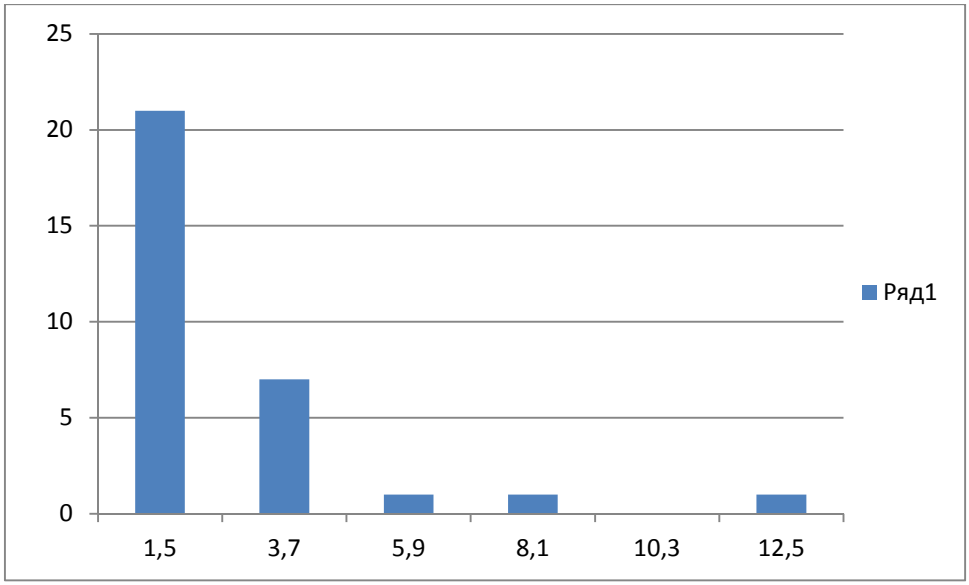


Рис.2 Гистограмма распределения проб по содержанию в них Cu

При построении кумуляты по оси абсцисс отмечаются верхние границы интервалов, по оси ординат – соответствующие накопленные частости.

4) Рассчитать значение моды Мо по формуле

Мо=$U_{mo} + h(\frac{n_{mo}-n_{mo-1}}{(n_{mo}-n_{mo+1})+(n_{mo}-n_{mo-1})})$, где

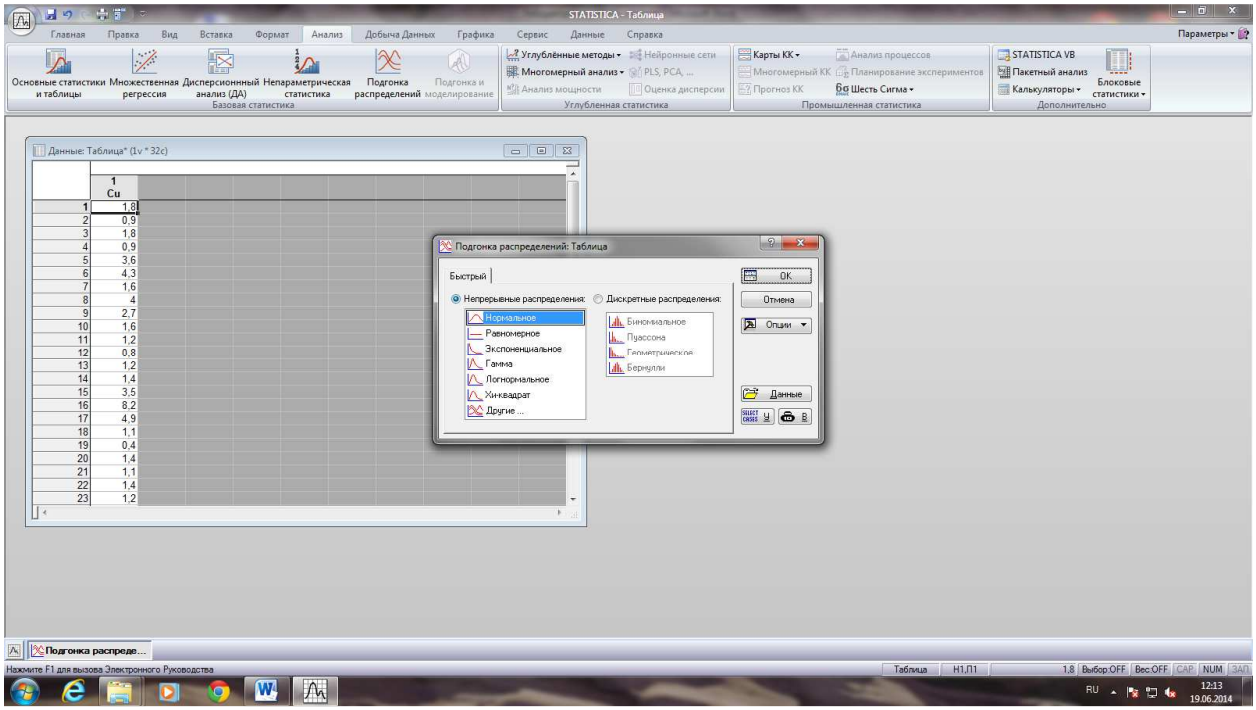
U_{mo} – начало модального интервала,
h - ширина интервала
n_{mo} – частота модального интервала,
n_{mo-1}- частота домодального интервала,
n_{mo+1}- частота послемодального интервала.

Рассчитать значение медианы (Med) по формуле.

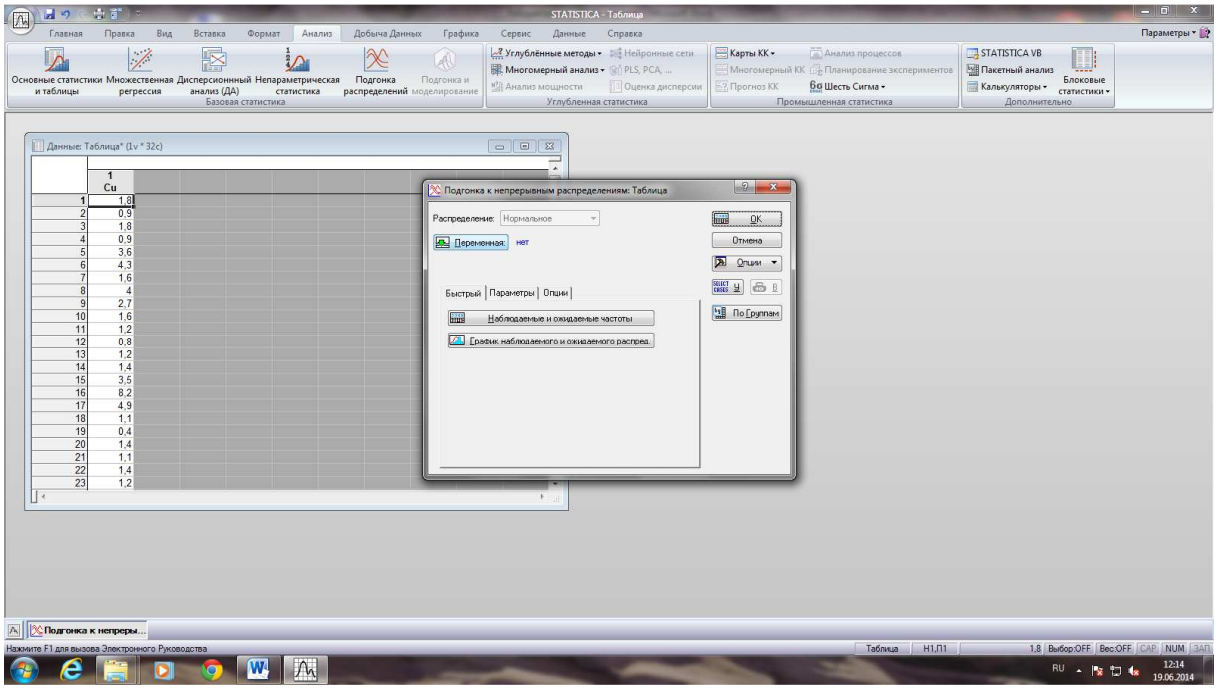
Med=$U_{med} + h(\frac{\frac{N}{2}-n_{sm}}{n_{med}})$, где

U_{med}- начало медианного интервала (определяется по кумуляте),
n_{med} – частота медианного интервала,
n_{sm} – накопленная частота интервала, предшествующего медианному
По кумуляте определить медианное значение и сравнить его с вычисленным по формуле.

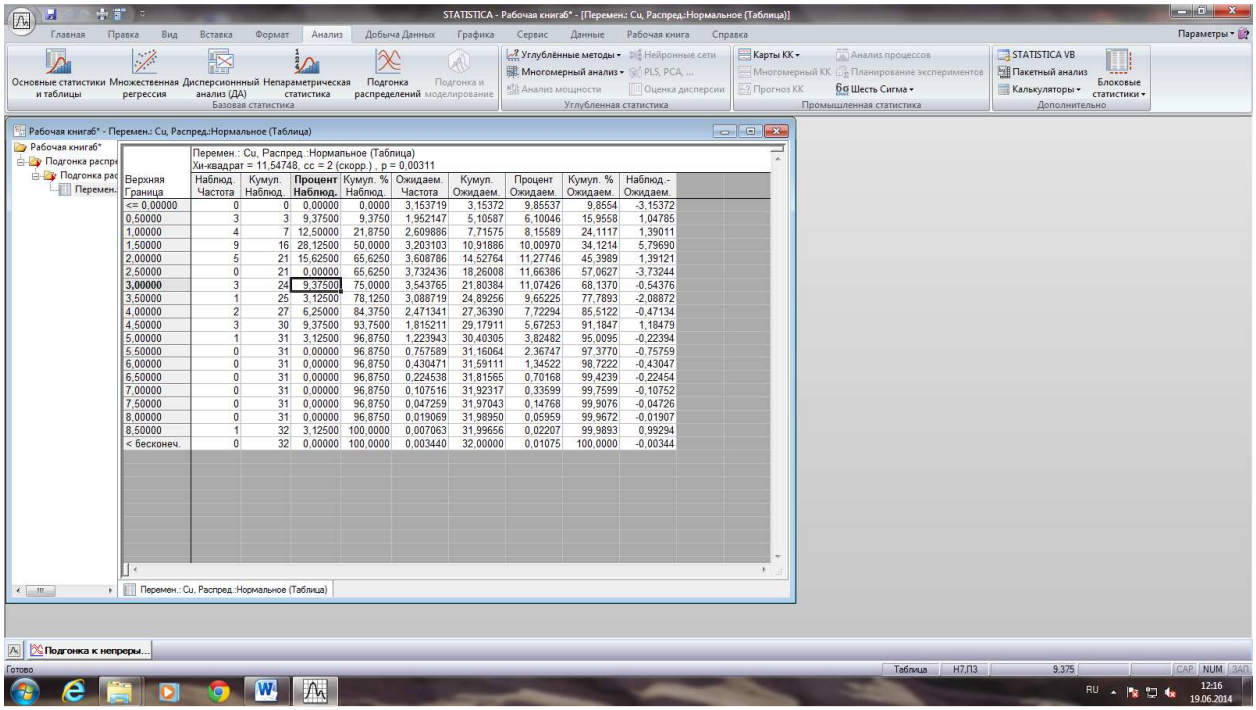
5) Выбрать наиболее подходящую вероятностную модель распределения по критерию Пирсона χ^2, который рассчитывается в программе Statistica.
В меню выбрать: Анализ → Подгонка распределений → выбрать нормальное распределение → ОК



Не забыть выбрать переменную!



В появившемся окне в таблице отобразится ряд распределения признака, а в шапке тблице указан критерий Пирсона – хи-квадрат.



Верхняя Граница	Наблюд. Частота	Кумул. Наблюд.	Процент Наблюд.	Кумул. % Наблюд.	Ожидаем. Частота	Кумул. Ожидаем.	Процент Ожидаем.	Кумул. % Ожидаем.	Наблюд - Ожидаем.
<= 0,00000	0	0	0,00000	0,0000	3,153719	3,15372	9,85537	9,8554	-3,15372
0,50000	3	3	9,37500	9,3750	1,952147	5,10587	6,10046	15,9558	1,04785
1,00000	4	7	12,50000	21,8750	2,609886	7,71575	8,15589	24,1117	1,39011
1,50000	9	16	28,12500	50,0000	3,203103	10,91886	10,00970	34,1214	5,79690
2,00000	5	21	15,62500	65,6250	3,608786	14,52764	11,27746	45,3989	1,39121
2,50000	0	21	0,00000	65,6250	3,732436	18,26008	11,66386	57,0627	-3,73244
3,00000	3	24	9,37500	75,0000	3,543765	21,80384	11,07426	68,1370	-0,54376
3,50000	1	25	3,12500	78,1250	3,088719	24,89256	9,65225	77,7893	-2,08872
4,00000	2	27	6,25000	84,3750	2,471341	27,36390	7,72294	85,5122	-0,47134
4,50000	3	30	9,37500	93,7500	1,815211	29,17911	5,67253	91,1847	1,18479
5,00000	1	31	3,12500	96,8750	1,223943	30,40305	3,82482	95,0095	-0,22394
5,50000	0	31	0,00000	96,8750	0,757589	31,16064	2,36747	97,3770	-0,75759
6,00000	0	31	0,00000	96,8750	0,430471	31,59111	1,34522	98,7222	-0,43047
6,50000	0	31	0,00000	96,8750	0,224538	31,81565	0,70168	99,4239	-0,22454
7,00000	0	31	0,00000	96,8750	0,107516	31,92317	0,33599	99,7599	-0,10752
7,50000	0	31	0,00000	96,8750	0,047259	31,97043	0,14768	99,9076	-0,04726
8,00000	0	31	0,00000	96,8750	0,019069	31,98950	0,05959	99,9672	-0,01907
8,50000	1	32	3,12500	100,0000	0,007063	31,99656	0,02207	99,9893	0,99294
< Бесконеч.	0	32	0,00000	100,0000	0,003440	32,00000	0,01075	100,0000	-0,00344

Вычисленный критерий Пирсона для нормального закона сравнить с табличным значением. Табличное значение находится по статистическим таблицам (учебник Шестакова Ю.Г. Математические методы в геологии) и зависит от уровня значимости α (α=0,05) и числа степеней свободы f (f= k-2, где k-количество интервалов). Если вычисленное значение критерия Пирсона (χ^2 вычисл.) меньше табличного (χ^2 табл.), то распределение признака не противоречит нормальному закону. Если вычисленное значение критерия Пирсона (χ^2 вычисл.) больше табличного (χ^2 табл.), то проверяемый закон (в данном случае нормальный) не подходит. И далее таким же образом выполняем проверку на соответствие логнормальному распределению.

Практическая работа № 2 (4 часа).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА СТАТИСТИЧЕСКУЮ ОЦЕНКУ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ

1.Примеры решения задач на статистическую оценку параметров генеральной совокупности.

Задача. Качество хромитовых руд Кемпирсайских месторождений определяется содержанием оксида хрома (V = Cr_2O_3) и оксида кремния (U = SiO_2), по соотношению которых могут выделяться естественные природные типы руд (по интенсивности вкрапленности) и технологические промышленные сорта (марки руд) по данным опробования кернов скважин на стадии предварительной и детальной разведки месторождений. Для изучения распределения содержаний указанных выше компонентов на одном из рудных тел месторождения было отобрано 120 керновых проб, по которым были рассчитаны средние значения содержаний V = 43,50 % Cr_2O_3, $\bar{U}$ = 10,50 % SiO_2 выборочные дисперсии S_v^2 = 11,00 и S_u^2 = 6,00 и коэффициент корреляции r_{uv} = 0,92. При доверительной вероятности γ = 0,95 соответственно с уровнем значимости α = 1, γ = 0,05 оценить генеральную среднюю V, генеральную дисперсию σ_v^2 и генеральный коэффициент корреляции ρ_{uv} для всего рудного тела.

Решение:

Оценка генерального среднего. Поскольку объем выборки большой n > 120, то для оценки генерального среднего используем классическую оценку и соответствующую

статистическую таблицу (Методическая разработка к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач», выпуск 5, приложение 1).

$P(V - t_\gamma\frac{S_v}{\sqrt{n}} \le \hat{U} \le V + t_\gamma\frac{S_v}{\sqrt{n}}) = \Phi(t)$

Для $\gamma = 0{,}95$, $t_\gamma = 1{,}96$ (статистическая таблица из Методической разработки к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач», выпуск 5, приложение 1).

Подставляя цифровые данные примера в формулу, получаем

$P(43{,}5 - 1{,}96\frac{3{,}32}{\sqrt{120}} \le V \le 43{,}5 + 1{,}96\frac{3{,}32}{\sqrt{120}}) = 0{,}95$

Следовательно, с доверительной вероятностью $\gamma = 0{,}95$ можно утверждать, что генеральное среднее V будет находиться в интервале от 42,91 до 44,09 % оксида хрома.

Оценка генеральной дисперсии σ_v^2. Для нахождения интервальной оценки используем формулу и таблицу (Методическая разработка к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач», выпуск 5, приложение 3).

$P(\frac{S_u^2 \cdot n}{\chi^2_{1-\alpha,f}} \le \sigma_v^2 \le \frac{S_v^2 n}{\chi^2_{\alpha,f}}) = \gamma = 1-\alpha$

Подставляя цифры нашего примера, имеем

$P(\frac{11{,}0 \cdot 120}{146{,}57} \le \sigma_v^2 \le \frac{11{,}0 \cdot 120}{95{,}70}) = 0{,}95$

С доверительной вероятностью $\gamma = 0{,}95$ можно утверждать, что генеральная дисперсия σ_v^2 находится в доверительном интервале 9,00 – 13,79.

Оценка генерального коэффициента корреляции. По таблице (Методическая разработка к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач», выпуск 5, приложение 4) находим значение Z = 1,589 для r = - 0,92. Затем вычисляем погрешность $\delta_Z = 1 : \sqrt{n-3} = 1 = \sqrt{117} = 0{,}092$. Для $\gamma = 0{,}95$ находим значение $\gamma = 1{,}96$ по таблице (Приложение 1). По формулам вычисляем Z_1 и Z_2, т.е. нижнюю и верхнюю границу доверительного интервала для величины Z.

$Z_1 = Z - t_\gamma \delta_Z = 1{,}589 - 1{,}96 \cdot 0{,}092 = 1{,}409$

$Z_2 = Z + t_\gamma \delta_Z = 1{,}589 + 1{,}96 \cdot 0{,}092 = 1{,}769$

$P(Z_1 \le Z \le Z_2) = \gamma$

$P(1{,}409 \le Z \le 1{,}769) = 0{,}95$

По таблице (Приложение 4 из методической разработки …) по значениям Z_1 и Z_2 находим соответствующие значения $r_1 = -0{,}89$ и $r_2 = -0{,}94$ и с учетом знака коэффициента корреляции определяем доверительный интервал для генерального коэффициента корреляции

$P(-0{,}94 \le \rho \le -0{,}89) = \gamma = 0{,}95$

Выводы: в 95 случаях из 100 можно утверждать, что генеральное среднее содержание оксида хрома будет находиться в интервале от 42,91 до 44,09 %; генеральная дисперсия в интервале от 9,00 до 13,79 и генеральный коэффициент корреляции в интервале от – 0,94 до -0,89 и только в 5 случаях из 100 генеральное среднее содержание оксида хрома, генеральная дисперсия и генеральный коэффициент корреляции могут выйти за пределы указанных доверительных интервалов.

2. Задания для решения задач на статистическую оценку параметров генеральной совокупности

Задача 1. (Приложение 2, вариант 1 – 6).

В рудном теле Кемпирсайского хромитового месторождения изучалось распределение содержаний оксидов хрома (V = Cr_2O_3) и оксида кремния (U = SiO_2). По

выборкам различного объема (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6), состоящих из керновых проб, рассчитаны средние значения компонентов $\bar{V}$ и $\bar{U}$, выборочные дисперсии S_v^2 и S_u^2 и коэффициенты корреляции r_{VU}. При доверительной вероятности γ или соответственно с уровнем значимости $\alpha = 1-\gamma$ оценить генеральную среднюю $\bar{V}$, генеральную дисперсию σ_v^2 и генеральный коэффициенты корреляции ρ_{VU} для всего рудного тела.

Задача 2. (Приложение 2, вариант 7 – 12).

В рудном теле Магнитогорского железорудного месторождения, представленным магнетитовой рудой с хлоритом, изучалось распределение оксидов кальция ($\bar{V}$ = CaO %) и оксида магния (U = MgO %). По выборкам различного объема (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6), состоящих из штуфных проб, рассчитаны средние значения компонентов $\bar{V}$ и $\bar{U}$, выборочные дисперсии S_v^2 и S_u^2 и коэффициенты корреляции r_{UV}. При доверительной вероятности γ или соответственно с уровнем значимости $\alpha = 1-\gamma$ оценить генеральную среднюю $\bar{U}$, генеральную дисперсию σ_v^2 и генеральный коэффициент корреляции ρ_{UV} для всего рудного тела для данного варианта.

Задача 3. (Приложение 2, вариант 13 – 18).

В рудном теле Магнитогорского железорудного месторождения, представленным магнетитовой рудой с гранатом, изучалось распределение оксидов кремния ($\bar{V}$ = SiO_2 %) и оксида алюминия (U = Al_2O_3 %). По выборкам различного объема ((n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6), рассчитаны средние значения компонентов $\bar{V}$ и $\bar{U}$, выборочные дисперсии S_v^2 и S_u^2 и коэффициенты корреляции r_{UV}. При доверительной вероятности γ или соответственно с уровнем значимости $\alpha = 1-\gamma$ оценить генеральную среднюю $\bar{U}$ дисперсию $\hat{U}$, σ_v^2 и генеральный коэффициент корреляции ρ_{UV} для всего рудного тела для выданного варианта.

Задача 4. (Приложение 2, вариант 19 – 24).

В рудном теле Петлинского железорудного месторождения, сложенного охристо-глинистыми бурыми железняками, изучалось распределение содержаний железа ($\bar{V}$ = Fe %) и оксида кремния (U = SiO_2 %). %). По выборкам различного объема (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6), состоящих из бороздовых проб, рассчитаны средние значения компонентов $\bar{V}$ и $\bar{U}$, выборочные дисперсии S_v^2 и S_u^2 и коэффициенты корреляции r_{VU}. При доверительной вероятности γ соответственно с уровнем значимости $\alpha = 1-\gamma$ оценить генеральную среднюю $\bar{U}$, генеральную дисперсию σ_v^2 и генеральный коэффициент корреляции ρ_{VU} для всего рудного тела для выданного варианта.

Задача 5. (Приложение 2, вариант 25 – 30).

В главной залежи Качканарского железорудного месторождения изучалось распределение содержаний железа ($\bar{V}$ = Fe %) и оксида ванадия (U =V_2O_5 %). По выборкам различного объема (n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6), состоящих из штуфных проб, рассчитаны средние значения компонентов $\bar{U}$ и V, выборочные дисперсии S_v^2 и S_u^2 и коэффициенты корреляции r_{VU}. При доверительной вероятности γ или соответственно с уровнем значимости $\alpha = 1-\gamma$ оценить генеральную среднюю $\bar{V}$, генеральную дисперсию σ_v^2 и генеральный коэффициент корреляции ρ_{VU} для всего рудного тела для выданного варианта.

Практическая работа № 3 (2 часа).

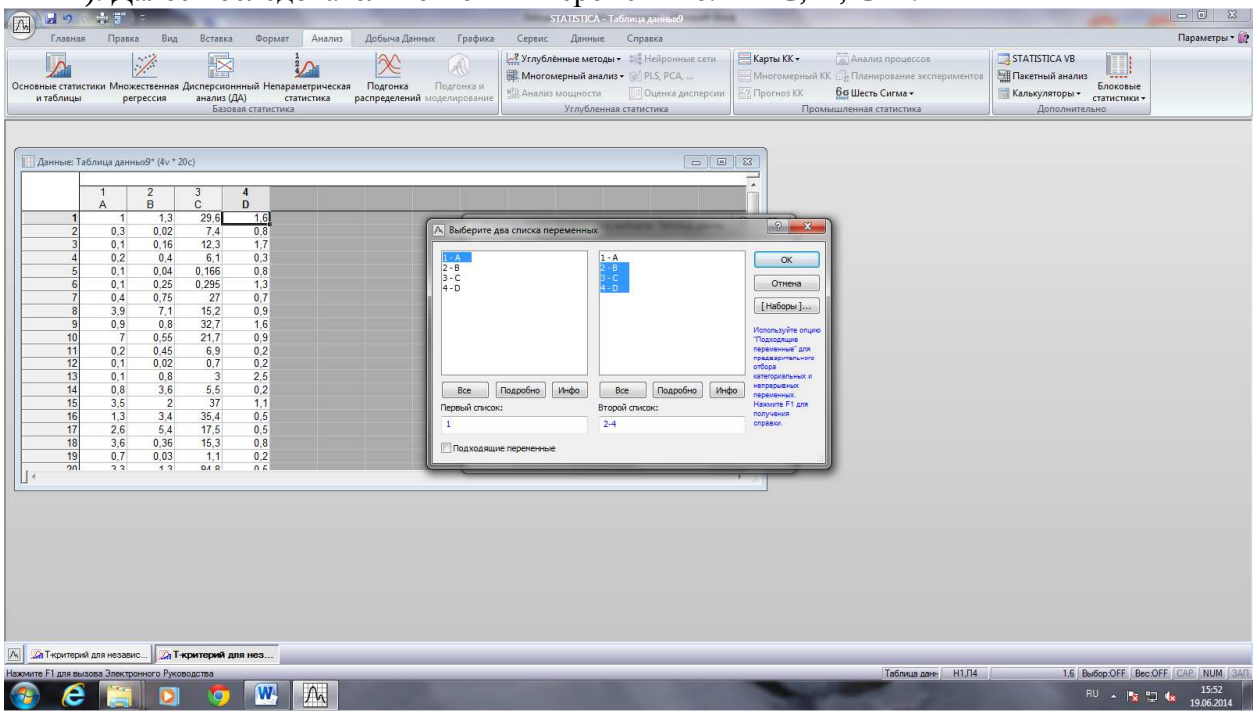
Параметрические методы сравнения групп переменных

Исходные: даны результаты химического анализа (породообразующие окислы) щелочнополевошпатовых сиенитов, которые были отбраны с различных массивов центрального Алдана (Якутия) – Якокутского, Ыллымахвского, Джекондинского и Юхтинского. См. **Приложение 3.**

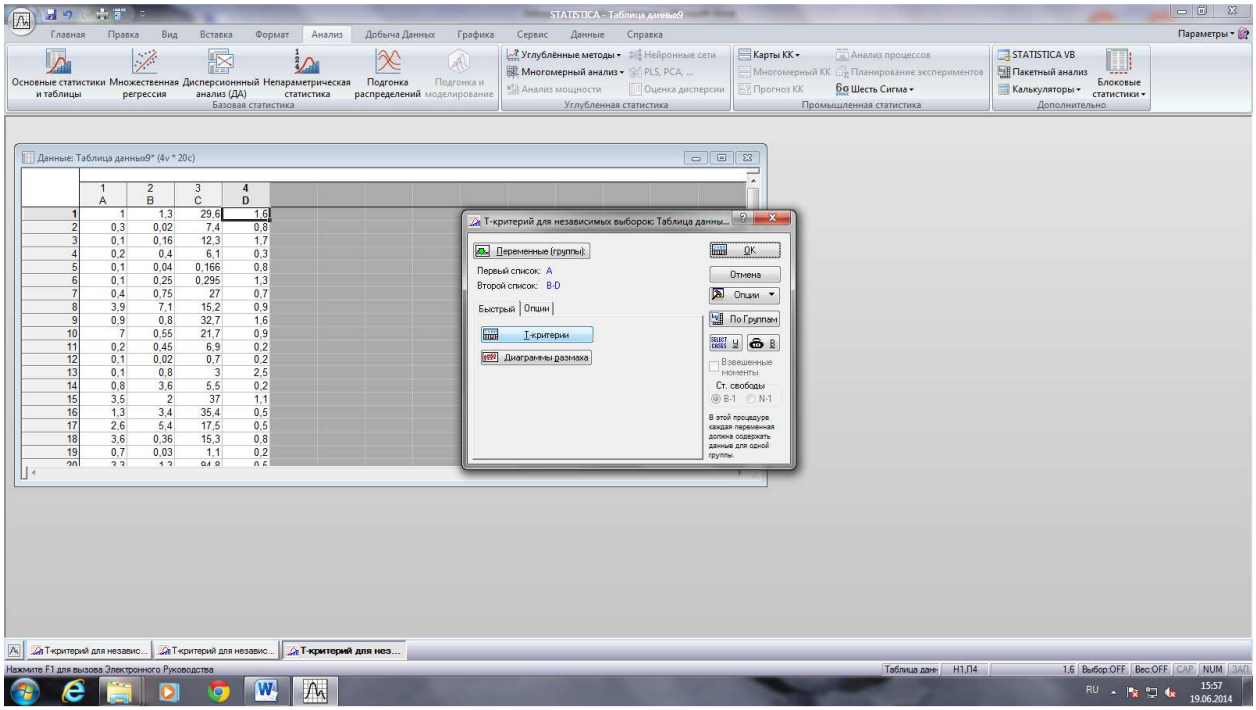
Задание: Проверить параметрическими методами (по t-критерию Стьюдента (сравнение средних значений) и по F-критерию Фишера (сравнение дисперсий)) различие или сходство щелочных пород их массивов по содержанию определенного компонента (приложение 3).

Ход выполнения работы:

1. Создать исходную таблицу значений (вариант из приложения 3) в программе «Statistica».
2. Рассчитать t-критерий Стьюдента в программе:
   Анализ → Основные статистики и таблицы → t-критерий для независимых переменных → ОК.
   Далее произвести выбор переменных для попарного сравнения: в левом «окне» выбрать первую переменную (A), а в правом – последующие три переменные (B, C, D). Далее последовательно менять переменные: B – C, D; C-D.



ОК
Выбрать: Т-критерий→ ОК



Эта процедура предназначена для установления достоверной статистической разницы (или сходства) между средними значениями выборок на основе t-критерий Стьюдента Результаты занести в таблицу (табл. 3)

Таблица 3

Результаты вычисления t-критерия Стьюдента и F-критерия Фишера

Сравниваемые переменные		Среднее значение	S	$t_{эмп.}$	$t_{табл.}$	$F_{эмп.}$	$F_{табл.}$
A		61,52	3,97	2,35	2,00	1,46	1,85
	B	59,26	3,29				
A		61,52	3,97	1,27		2,56	
	C	60,59	2,48				
A		61,52	3,97	-2,66		1,38	
	D	64,45	4,68				
B		59,26	3,29	-1,68		1,75	
	C	60,59	2,48				
B		59,26	3,29	-5,05		2,02	
	D	64,45	4,68				
C		60,59	2,48	-3,70		3,56	
	D	64,45	4,68				

$t_{эмп.}$ – эмпирическое значение критерия Стьюдента (вычисленное в программе)

$t_{табл.}$- табличное значение критерия Стьюдента. Находится по статистическим таблицам (α=0.05, f = N1+N2-2)

$F_{эмп.}$ – эмпирический критерий Фишера.

$F_{табл.}$- табличное значение критерий Фишера. (α=0.95, $f_1 = N_1-1$, $f_2 = N_2-1$,)

Далее по таблице сделать выводы, учитывая следующее:

Нулевая гипотеза состоит в том, что средние значения выборочных (сравниваемых) совокупностей существенно не различаются. Нулевая гипотеза отвергается, если полученное значение критерия Стьюдента ($t_{эмп}$) больше табличного значения t-критерия ($t_{табл}$) при принятом уровне значимости (α) и имеющемся числе степеней свободы (f).

Нередко совокупности не различаются по средним значениям признака, но могут существенно различаться по дисперсиям. Для сравнения генеральных дисперсий по выборочным используется критерий Фишера. Он вычисляется по формуле: S_1^2/S_2^2 , где и S_1^2 – дисперсий большей по объему выборки, S_2^2 – дисперсия меньшей выборки; сравнивается с табличным значением.

Нулевая гипотеза состоит в том, что дисперсии сравниваемых совокупностей существенно не различаются. Нулевая гипотеза отвергается, если полученное значение критерия Фишера ($F_{эмп}$) больше табличного значения ($F_{табл}$) F-критерия.

Практическая работа № 4 (4 часа).
Корреляционный, кластерный и факторный анализы

Задание:

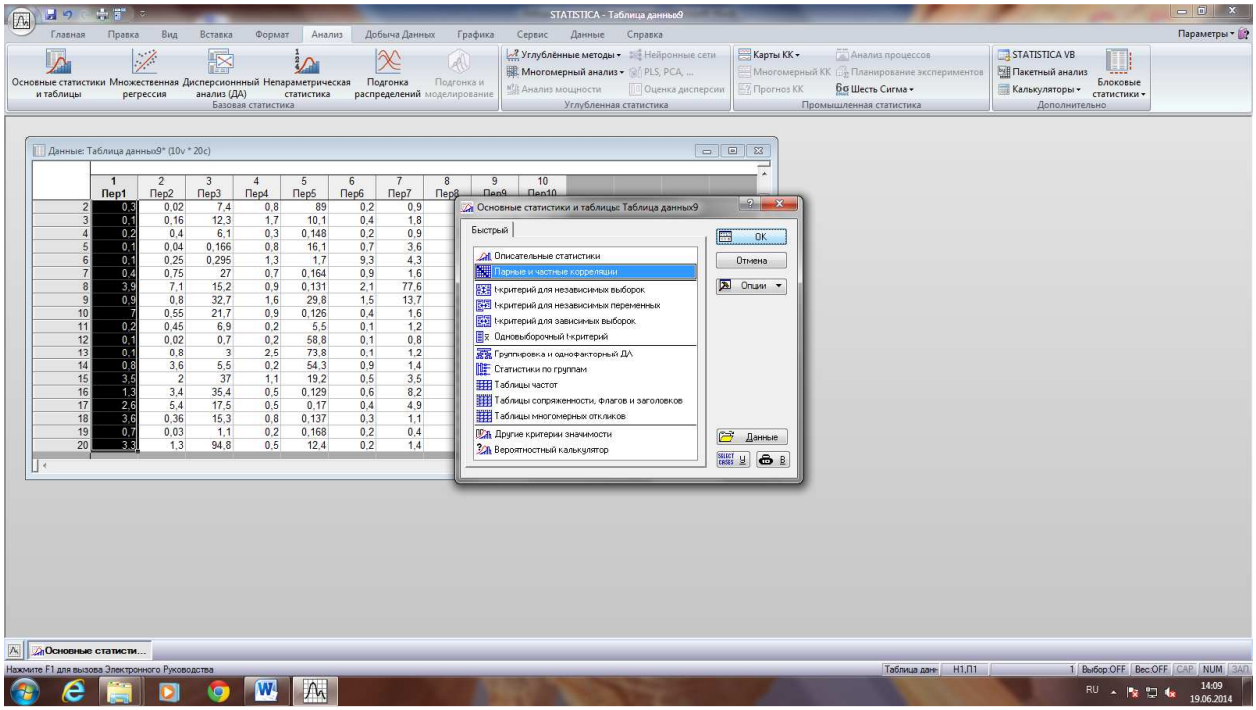
1. Определить направленность и силу корреляционной связи между геохимическими элементами (выбрать пару элементов из приложения 1), построив корреляционную матрицу. Выделить значимые корреляционные связи по другим элементам.
2. Построить корреляционное поле между данными элементами, провести геометрическую проверку правильности построения линии регрессии.
3. Рассчитать коэффициент корреляции по формуле Матерона (метод дробового выстрела) и сравнить его с вычисленным в программе Statistica.
4. Сделать заключение о виде связи между переменными и о возможности практического использования уравнения регрессии в целях прогноза.
5. Рассчитать коэффициент детерминации и сделать вывод по нему.
6. Выполнить кластерный и факторный анализы, сделать выводы по ним.

Ход работы:

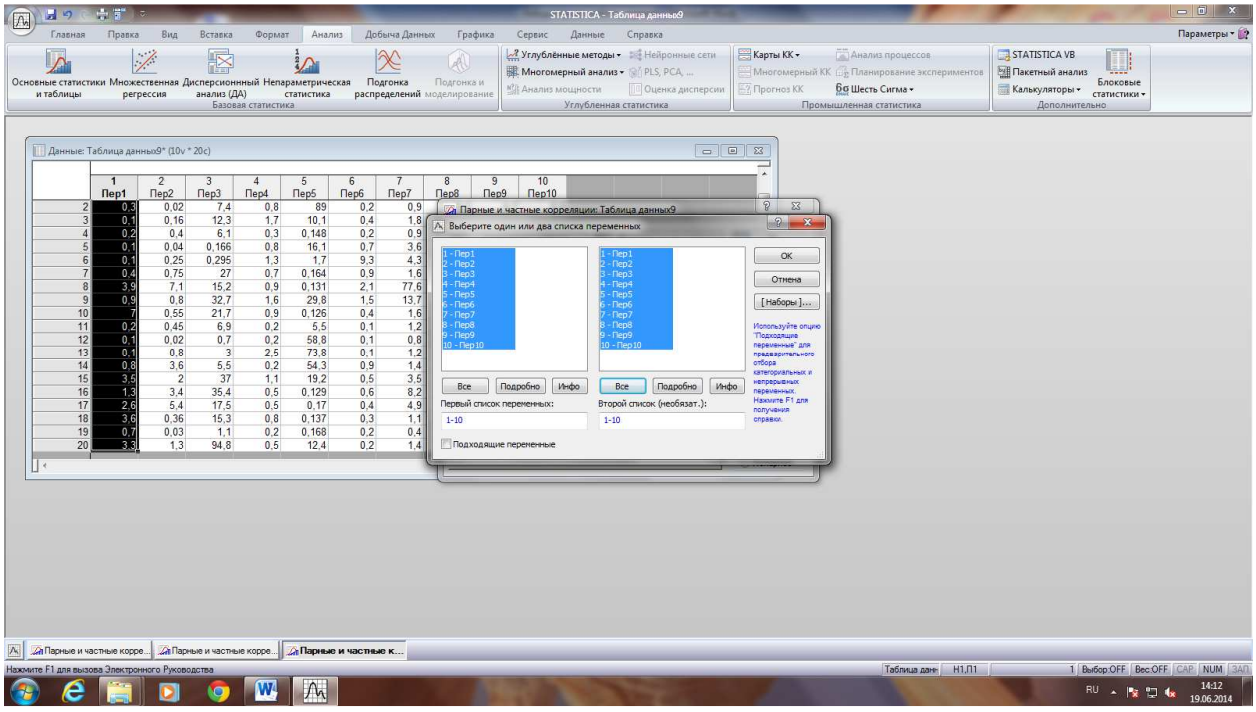
1. В программе «Statistica» произвести набор исходных значений (из приложения 1) и выполнить корреляционный анализ.

   В меню программы выбрать:

   Анализ → Основные статистики и таблицы → Парные и частные корреляции → ОК



В новом окне выбрать: матрица парных корреляций → отметить все переменные (или лишь те, которые необходимо проанализировать) → ОК



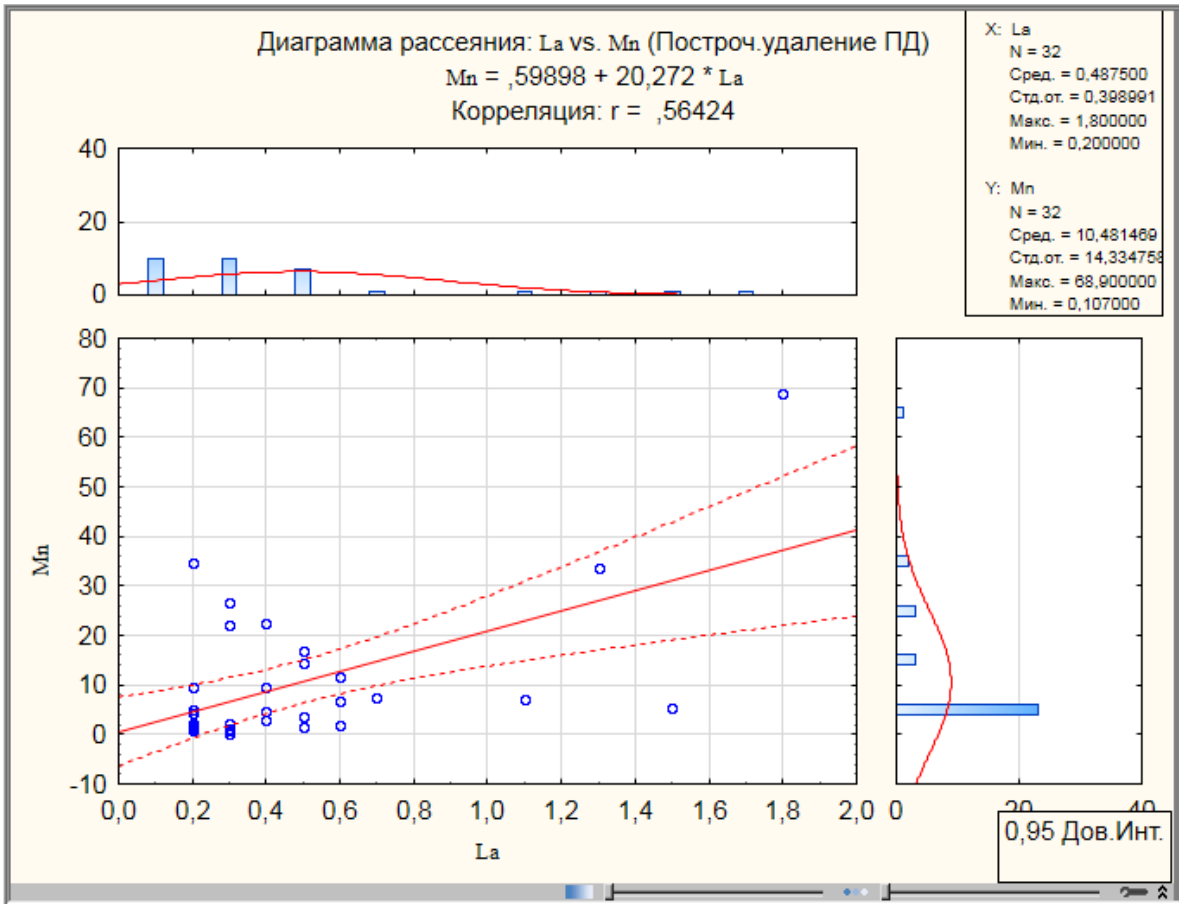
Результатом анализа является корреляционная матрица (рис. 3) – таблица, в которой по диагонали расположены единицы, а недиагональные значения представляют парные коэффициенты корреляции между соответствующими элементами.
Красным цветом в таблице выделены значимые коэффициенты корреляции

Корреляционная матрица.

	Ag	Au	As	B	Ba	Co	Cu	La	Mn	Mo	Ni	Pb
Ag	1,00	0,32	0,39	-0,24	0,21	-0,15	0,16	-0,21	-0,21	-0,06	-0,20	-0,04
Au	0,32	1,00	0,04	-0,06	0,01	-0,04	0,02	0,15	0,24	0,09	-0,14	0,36
As	0,39	0,04	1,00	-0,18	0,25	-0,17	0,40	-0,34	-0,22	-0,06	-0,12	0,29
B	-0,24	-0,06	-0,18	1,00	-0,06	0,26	-0,03	0,35	0,30	0,00	0,29	-0,10
Ba	0,21	0,01	0,25	-0,06	1,00	-0,20	-0,04	-0,29	-0,10	-0,17	-0,23	0,28
Co	-0,15	-0,04	-0,17	0,26	-0,20	1,00	-0,01	-0,11	-0,00	0,03	0,92	0,02
Cu	0,16	0,02	0,40	-0,03	-0,04	-0,01	1,00	-0,10	-0,06	-0,09	-0,04	-0,07
La	-0,21	0,15	-0,34	0,35	-0,29	-0,11	-0,10	1,00	0,56	0,49	-0,10	-0,08
Mn	-0,21	0,24	-0,22	0,30	-0,10	-0,00	-0,06	0,56	1,00	0,12	0,09	-0,17
Mo	-0,06	0,09	-0,06	0,00	-0,17	**0,03**	-0,09	0,49	0,12	1,00	0,02	-0,01
Ni	-0,20	-0,14	-0,12	0,29	-0,23	0,92	-0,04	-0,10	0,09	0,02	1,00	-0,05
Pb	-0,04	0,36	0,29	-0,10	0,28	0,02	-0,07	-0,08	-0,17	-0,01	-0,05	1,00

Рис. 3. Корреляционная матрица

2. Построить корреляционное поле (рис. 4).



3. Рассчитать коэффициент корреляции по формуле Матерона (метод дробового выстрела):

$r = \sin[90 * \frac{n1-n2}{n1+n2}]$ где n_1 – число точек в квадрантах 1 и 3, n_2 – число точек в квадрантах 2 и 4.

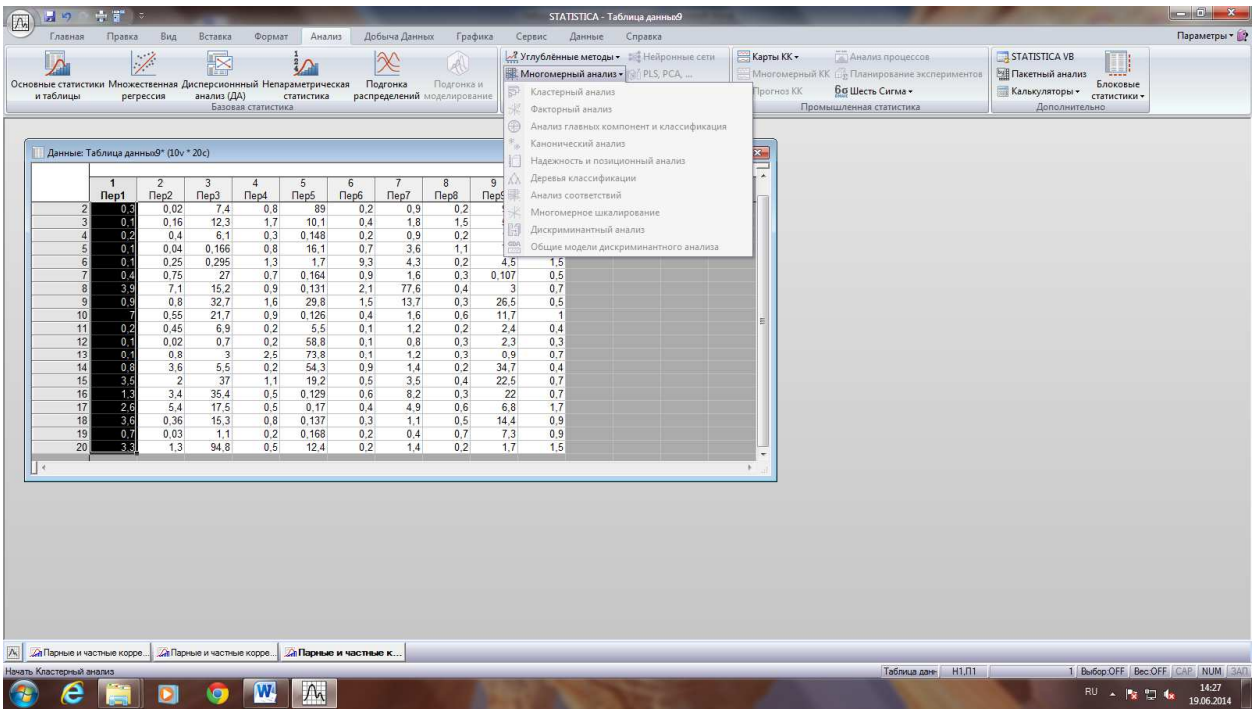
При правильном расчете коэффициент корреляции, вычисленный методом дробового выстрела должен быть близок к коэффициенту, вычисленному в программе «Статистика»

4. Рассчитать коэффициент детерминации R^2 по формуле:

$R^2 = r^2 * 100$; $R^2 = 25\%$, при $r_{Mo-Ni} = 0.5$

Коэффициент детерминации показывает, насколько изменчивость одного признака обусловлена изменчивостью другого.

4. Выполнить кластерный анализ.
В меню выбрать: Анализ → Многомерный анализ → Кластерный анализ



Результатом анализа является дендрограмма (рис.5), на которой элементы объединены в группы по силе корреляционной связи

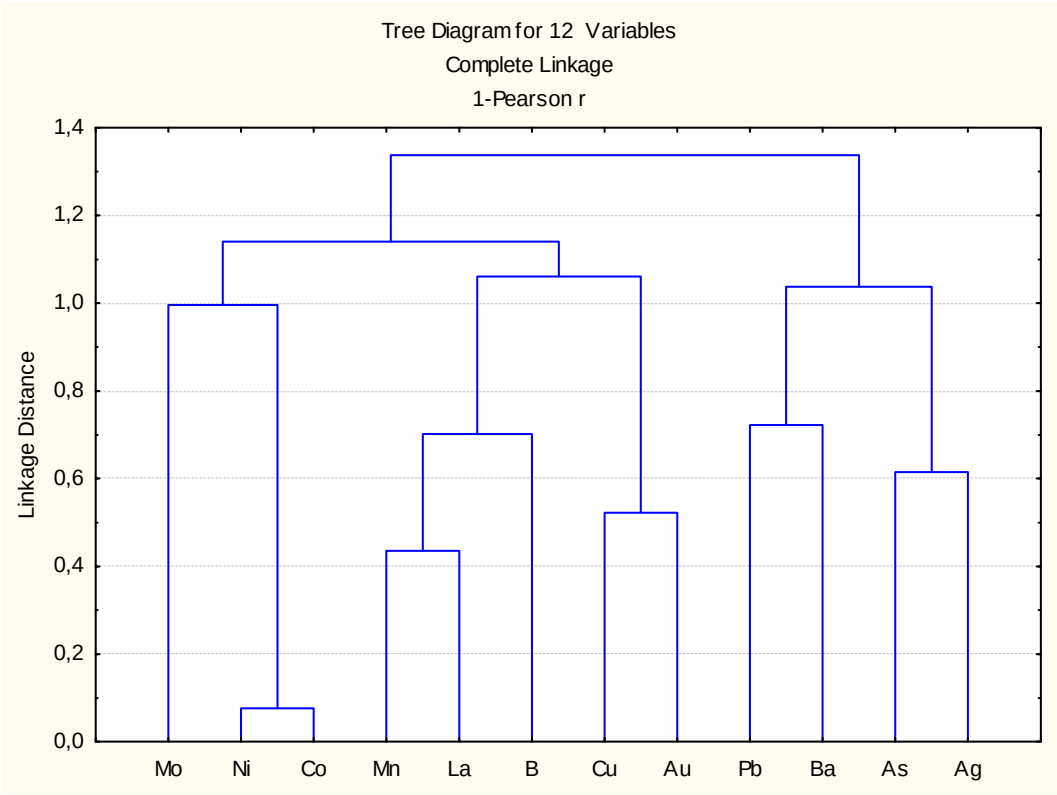


Рис. 5. Дендрограмма

5. Выполнить факторный анализ.
В меню программы выбрать: Анализ → Многомерный анализ → Факторный анализ

Результатом анализа является факторная таблица, в которой по горизонтали перечислены факторы, влияющие на изменчивость объекта (располагаются по мере уменьшения их влияния). По вертикали расположены признаки (элементы) и их вклад в данный фактор. Красным цветом выделены значимые факторы (значение больше 0,7)

Factor Loadings (Varimax normalized) (полная таблица) Extraction: Principal components (Marked loadings are >,700000)

	Factor	**Factor**	**Factor**	**Factor**	**Factor**
Ag	-0,544677	-0,222147	0,292940	0,151587	0,006173
Au	0,031876	-0,127341	0,851671	0,232546	0,188428
As	-0,452401	-0,065245	-0,015270	0,570009	0,012023
B	0,715945	0,267331	0,022059	0,024204	-0,119592
Ba	0,004869	-0,240497	-0,191223	0,719354	-0,298353
Co	0,064896	0,961585	0,094613	-0,057629	-0,009537
Cu	0,018482	0,144409	0,835138	-0,123668	-0,181491
La	0,628861	-0,195490	0,100675	-0,174568	0,613719
Mn	0,728010	-0,115447	0,146296	-0,068046	0,214196
Mo	0,012532	0,047769	-0,049093	-0,027290	0,914888
Ni	0,124181	0,946175	-0,077177	-0,054121	0,003878
Pb	-0,042506	0,097271	0,285034	0,759587	0,085653
Expl.Var	1,962361	2,103160	1,676000	1,554387	1,438936

Prp.Totl	0,163530	0,175263	0,139667	0,129532	0,119911

ПРИЛОЖЕНИЯ к лабораторным работам

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

К ЗАДАНИЮ: "Вариационный и корреляционный анализы"
Геохимический состав рудных джаспероидов
(Au, Ag --- в г/т; остальные элементы --- в n x 10^{-3} %)

	Вар.1	Вар.2	Вар.3	Вар.4	Вар.5	Вар.6	Вар.7	Вар.8	Вар.9	Вар.10	Вар.11	Вар.12
№ п/п	Ag	Au	As	B	Ba	Co	Cu	La	Mn	Mo	Ni	Pb
1.	1.0	1.3	29.6	1.6	0.156	0.8	1.8	0.4	9.6	0.8	3.4	3.5
2.	0.3	0.02	7.4	0.8	89.0	0.2	0.9	0.2	9.7	0.8	0.8	0.3
3.	0.1	0.16	12.3	1.7	10.1	0.4	1.8	1.5	5.3	1.1	1.5	4.4
4.	0.2	0.4	6.1	0.3	0.148	0.2	0.9	0.2	1.8	0.3	0.5	1.9
5.	0.1	0.04	0.166	0.8	16.1	0.7	3.6	1.1	7.2	3.8	2.6	2.2
6.	0.1	0.25	0.295	1.3	1.7	9.3	4.3	0.2	4.5	1.5	33.6	3.1
7.	0.4	0.75	27.0	0.7	0.164	0.9	1.6	0.3	0.107	0.5	8.6	0.8
8.	3.9	7.1	15.2	0.9	0.131	2.1	77.6	0.4	3.0	0.7	0.9	8.8
9.	0.9	0.8	32.7	1.6	29.8	1.5	13.7	0.3	26.5	0.5	7.2	1.2
10.	7.0	0.55	21.7	0.9	0.126	0.4	1.6	0.6	11.7	1.0	1.8	0.145
11.	0.2	0.45	6.9	0.2	5.5	0.1	1.2	0.2	2.4	0.4	0.3	1.3
12.	0.1	0.02	0.7	0.2	58.8	0.1	0.8	0.3	2.3	0.3	0.8	0.5
13.	0.1	0.8	3.0	2.5	73.8	0.1	1.2	0.3	0.9	0.7	0.7	0.6
14.	0.8	3.6	5.5	0.2	54.3	0.9	1.4	0.2	34.7	0.4	2.1	0.8
15.	3.5	2.0	37.0	1.1	19.2	0.5	3.5	0.4	22.5	0.7	10.7	1.1
16.	1.3	3.4	35.4	0.5	0.129	0.6	8.2	0.3	22.0	0.7	5.0	1.5

17.	2.6	5.4	17.5	0.5	0.17	0.4	4.9	0.6	6.8	1.7	1.0	4.8
18.	3.6	0.36	15.3	0.8	0.137	0.3	1.1	0.5	14.4	0.9	1.3	0.127
19.	0.7	0.03	1.1	0.2	0.168	0.2	0.4	0.7	7.3	0.9	0.8	1.6
20.	3.3	1.3	94.8	0.5	12.4	0.2	1.4	0.2	1.7	1.5	1.9	0.4
21.	3.6	0.35	0.153	0.2	3.0	0.1	1.1	0.5	1.4	3.3	0.6	0.4
22.	13.0	7.0	0.206	0.4	24.6	0.2	1.4	0.5	3.5	1.5	0.9	0.3
23.	0.8	2.2	46.8	0.2	27.1	0.2	1.2	0.6	1.9	4.7	1.0	1.0
24.	0.1	5.0	0.174	0.7	14.5	0.2	2.6	1.3	33.6	1.2	1.6	0.2
25.	0.1	3.6	0.145	1.7	10.6	0.6	4.5	1.8	68.9	3.0	3.7	0.2
26.	0.3	0.01	23.2	0.2	26.2	0.4	4.3	0.5	16.8	0.9	5.0	3.6
27.	2.8	0.7	31.9	0.4	24.7	0.2	1.4	0.4	4.7	0.2	0.6	0.6
28.	3.0	5.4	75.6	0.3	88.7	0.2	2.7	0.3	1.2	1.2	0.5	39.8
29.	0.8	0.3	10.3	0.2	13.0	0.1	0.5	0.2	1.2	0.7	0.3	7.4
30.	5.4	1.5	24.6	0.2	82.2	0.2	1.8	0.2	1.0	0.4	0.4	0.148
31.	5.8	0.9	85.4	0.5	28.0	0.1	0.5	0.2	1.6	0.6	0.1	0.161
32.	13.2	1.3	79.0	0.3	81.9	0.2	0.5	0.2	5.2	0.8	0.3	0.171

Продолжение приложения 1

К ЗАДАНИЮ: "Вариационный и корреляционный анализы"

Геохимический состав рудных джаспероидов
(Au, Ag --- в г/т; остальные элементы --- в n x 10^{-3} %)

	Вар.13	**Вар.14**	**Вар.15**	**Вар.16**	**Вар.17**	**Вар.18**
№ п/п	Sb	Sr	Th	V	W	Zn
1.	7.8	11.3	0.2	1.8	0.2	10.1
2.	4.8	4.1	0.1	0.5	0.2	2.0
3.	3.6	8.8	0.3	3.2	0.2	6.4
4.	17.7	1.7	0.1	0.3	0.2	0.7
5.	13.0	2.3	0.2	8.1	0.6	11.7
6.	77.6	2.7	0.3	13.7	23.7	86.0
7.	46.6	2.5	0.2	8.6	8.7	35.7
8.	18.3	4.9	0.2	6.8	1.1	2.8
9.	12.4	2.9	0.5	14.3	4.9	25.3
10.	71.7	2.0	0.2	65.2	9.8	10.2
11.	2.3	0.6	0.1	0.8	0.1	1.1
12.	1.0	2.1	0.1	0.6	0.2	0.3
13.	52.3	3.5	0.1	1.3	0.1	1.0
14.	4.1	0.7	0.1	4.2	1.3	7.5
15.	53.2	1.3	0.1	14.7	4.3	45.2
16.	31.8	1.8	0.2	7.9	4.5	31.9
17.	21.1	3.2	0.3	8.1	1.9	4.9
18.	55.6	2.4	0.2	51.5	10.6	7.8
19.	0.9	1.8	0.1	1.4	0.3	1.2
20.	19.7	1.7	0.1	0.5	0.1	11.4
21.	35.4	2.1	0.1	1.9	0.1	0.7

22.	34.7	3.9	0.1	2.8	0.1	0.9
23.	33.2	2.5	0.1	1.1	0.1	2.8
24.	5.2	2.4	0.1	9.3	10.3	6.8
25.	7.3	2.0	0.2	21.8	11.6	11.4
26.	2.8	7.6	0.1	15.6	4.8	19.9
27.	0.8	1.6	0.2	1.3	0.3	1.3
28.	46.1	2.8	0.1	0.3	0.1	1.9
29.	5.7	1.4	0.1	0.1	0.1	0.7
30.	53.9	1.6	0.2	0.2	0.1	1.5
31.	22.4	3.8	0.2	0.3	0.1	1.0
32.	43.4	0.7	0.1	0.1	0.1	0.9

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Варианты к решению задач по оценке параметров генеральной совокупности

Вари-анты	Объем выборки, n	Выборочные дисперсии		Выборочные средние значения		Выборочный коэффициент корреляции, r	Надеж-ность, γ
		Sv^2	Su^2	$\bar{V}$	$\bar{U}$		
1	50	12,53	7,29	39,90	13,00	-0,90	0,95
2	60	14,50	6,25	40,50	12,10	-0,92	0,99
3	90	11,80	6,40	40,10	11,80	-0,95	0,99
4	100	10,50	5,20	43,20	10,20	-0,94	0,95
5	95	9,40	4,25	45,00	8,00	-0,89	0,99
6	150	13,90	4,90	42,10	9,90	-0,96	0,95
7	30	2,60	0,50	2,32	0,83	0,89	0,95
8	36	2,80	0,60	2,50	0,90	0,85	0,99
9	25	2,46	0,48	2,10	0,70	0,92	0,95
10	40	2,25	0,60	2,80	1,00	0,82	0,95
11	50	2,10	0,49	2,60	0,85	0,90	0,99
12	45	2,05	0,56	2,90	1,10	0,86	0,95
13	25	26,25	1,49	13,60	3,31	0,79	0,95
14	30	20,10	1,80	15,00	4,05	0,83	0,99
15	28	30,15	2,00	14,50	3,60	0,85	0,95
16	36	25,70	1,90	14,20	3,80	0,78	0,99
17	32	28,25	1,60	13,90	3,50	0,79	0,95
18	29	25,00	1,85	14,80	3,70	0,82	0,99
19	160	31,40	34,50	44,63	14,82	-0,86	0,95
20	120	30,60	36,10	46,20	13,90	-0,92	0,95
21	150	34,20	34,50	44,50	14,50	-0,90	0,99
22	160	36,60	36,20	45,00	15,00	-0,85	0,99
23	180	35,80	34,70	43,50	15,50	-0,95	0,95
24	190	32,50	36,80	44,00	15,30	-0,80	0,99
25	180	7,10	0,001	17,76	0,14	0,14	0,95

26	164	7,00	0,002	18,00	0,15	0,60	0,95
27	170	6,25	0,001	17,40	0,14	0,58	0,95
28	160	6,50	0,002	17,20	0,14	0,54	0,99
29	156	6,80	0,001	18,10	0,15	0,62	0,99
30	149	7,20	0,002	17,80	0,14	0,55	0,95

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Параметрические методы сравнения групп переменных

№ пробы	Вариант 1				Вариант 2			
	Содержание K_2O (%)				Содержание Na_2O (%)			
	A	B	C	D	A	B	C	D
1	6,86	3,82	4,21	4,95	4,75	5,41	4,61	6,71
2	11,50	4,47	5,00	4,88	2,80	6,66	5,13	5,23
3	10,25	4,17	3,02	6,11	0,98	5,96	5,00	4,61
4	10,03	4,96	7,14	6,25	0,82	5,00	3,97	5,15
5	11,04	4,72	3,68	7,08	1,02	4,17	4,93	4,72
6	11,37	5,52	3,19	8,32	1,18	4,95	4,62	3,80
7	10,70	4,44	11,1	4,25	1,08	5,64	3,72	5,00
8	4,09	8,55	6,60	6,16	5,81	5,45	4,89	4,42
9	4,95	5,11	4,55	5,88	5,68	6,35	5,87	5,52
10	2,65	10,7	6,98	5,88	6,88	3,39	4,43	4,42
11	4,72	4,42	6,13	4,36	5,74	4,98	5,07	5,13
12	5,65	4,54	3,67	1,88	3,86	5,21	5,11	5,90
13	3,46	3,30	5,32	6,16	5,34	8,20	4,42	5,63
14	4,28	11,40	3,78	5,21	5,74	2,36	6,66	5,69
15	4,88	4,49	4,02	5,27	5,98	6,67	5,20	6,00
16	3,73	3,84	3,29	5,58	4,75	5,32	5,60	6,20
17	2,79	4,46	4,37	5,02	5,38	6,60	5,66	6,00
18	5,73	5,40	5,13	4,77	5,62	4,20	5,00	5,95
19	4,26	4,54	4,48	5,88	5,87	5,22	4,14	6,22
20	5,46	3,27	4,09	5,14	5,08	8,18	4,70	5,63
21	5,06	4,48	4,32	4,90	0,62	6,60	6,26	5,82
22	6,11	4,15	7,46	11,40	3,88	5,80	5,02	2,36
23	6,08	3,26	5,42	4,60	3,24	8,05	5,11	4,57
24	5,80	4,14	12,20	5,74	3,04	5,90	2,36	5,65
25	10,08	5,08	9,40	4,89	3,50	6,02	4,97	4,74
26	14,54	4,05	4,89	8,97	3,08	5,20	5,38	3,98

27	10,20	4,50	6,58	3,34	2,40	4,95	4,80	4,95
28	2,85	4,42	6,95	5,83	4,80	5,02	4,40	6,07
29	5,80	4,00	5,06	6,91	3,04	5,12	4,42	5,80
30	5,45	8,95	5,02	4,60	4,30	4,48	5,12	5,58

Щелочные массивы: A – Якокутский; B – Ыллымахский; C – Джекондинский;
D- Юхтинский.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.04 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Типы моделей и принципы геолого-математического моделирования 3
2. Математическая статистика. Некоторые положения теории вероятности. 4
3. Упорядочение статистических совокупностей в интервальные вариационные ряды. 6
4. Вариационный анализ. Статистические характеристики вариационного ряда. 8
5. Теоретическое распределение. Нормальный и логнормальный законы распределения случайных величин 11
6. Дисперсионный анализ 13
7. Двумерные статистические совокупности. Корреляционный анализ. 16
8. Многомерные статистические модели. 20
9. Математическое описание пространственно-упорядоченных переменных (пространственно-статистический анализ). 23
10. Рекомендуемая литература 23
11. Вопросы для самопроверки

1. Типы моделей и принципы геолого-математического моделирования

Модели – это искусственно созданные объекты, фигуры и математические выражения, воспроизводящие свойства и характеристики изучаемых объектов, явлений и процессов.

Физические модели отражают подобие форм геометрических соотношений и происходящих в них физических процессов. Примерами являются: изучение закономерностей выпадения в осадок из взмученного состояния частиц различной крупности или различных химических соединений из раствора; изучение процессов складкообразования наклоном плоскости, на которую нанесены слои песка, глин, или боковым давлением на слои пластелина различных цветов; разделение пород основного состава на сульфидную и силикатную составляющие в результате экспериментальной плавки и т.д.

Геометрические модели представляют собой объекты, геометрически подобные прототипу, дающие внешнее представление, часто служат для демонстрационных целей. Примеры: слепки самородков геологические, геохимические карты и планы, фотографии и т.д.

Понятийные модели являются мысленным образом природных явлений. Основаны на наблюдениях, служат для выражения изучаемого явления в идеализированной форме, отвечают существующему уровню знаний. Основная часть процессов и явлений в геологии описана понятийными моделями. Например: «**Альбитизация** – это метасоматическое, главным образом, гидротермальное образование альбита, характерна для процессов **соссюритизации, пропилитизации, зеленокаменного перерождения**, **формирования зеленых сланцев**».

Математические модели – абстрактный аналог физических, геометрических, понятийных моделей, в которых силы, события, соотношения участков, площадей, понятия и т.п. элементы заменены математическими символами, связанными между собой определенными отношениями. Предполагается лишь тождественность математического описания процесса (явления) в оригинале и математическом выражении.

По характеру связи между параметрами и свойствами изучаемых объектов математические модели разделяются на *детерминированные* и *статистические*. ***Детерминированные*** модели выражают функциональные связи между аргументом и зависимыми переменными. Они записываются в виде уравнений, в которых определенному значению аргумента соответствует только одно значение переменной. Вид ее $y= f (x_1, x_2, \ldots, x_k)$, где y-зависимая переменная (функция), а x_1-x_k – независимые (аргументы).

Статистические модели – это математические выражения содержащие случайную компоненту (ε), имеет вид $y= f (x_1, x_2, \ldots, x_k)+ \varepsilon$, т.е. одному значению аргумента соответствуют близкие, но различающиеся между собой значения переменной. Различие их обуславливается влиянием случайных, неуправляемых воздействий неучтенных факторов. При характеристике результатов, получающихся на основе этих моделей, говорят не о законе, а о закономерности.

По типу решаемых задач, набору используемых для этого математических методов и главным допущениям относительно свойств объектов все геолого-математические модели делят на две группы:

1. Модели, использующие главным образом математический аппарат теории вероятности и математической статистики. В них геологические объекты предполагаются внутренне однородными, а изменения их свойств в пространстве случайными, не зависящими от места замера. Их условно называют **статистическими**. В зависимости от одновременно рассматриваемых свойств они разделяются на одномерные, двумерные и многомерные.

Обычно используют для:

- получения по выборочным данным надежных оценок свойств геологических объектов;
- проверки геологических гипотез;
- выявления и описания зависимостей между свойствами геологических объектов;
- классификации геологических объектов;

- определения объема выборочных данных, необходимого для оценки свойств геологических объектов с заданной точностью.

2. Модели, рассматривающие свойства геологических объектов как *пространственные переменные*. В них предполагается, что свойства геологических объектов зависят от координат точек замера, а в изменении этих свойств в пространстве существуют закономерности. При этом кроме вероятностных методов (случайные функции, временные ряды, дисперсионный анализ) применяются приемы комбинаторики (полиномы), гармонического анализа, векторной алгебры, дифференциальной геометрии и др. разделов математики.

Используются приемы как статистического, так и динамического моделирования. Такие модели используют для решения задач связанных с:

- проверкой гипотез о закономерностях размещения геологических объектов относительно друг друга;
- проверкой гипотез о характере процессов формирования геологических образований;
- выделением аномалий в геологических и геофизических полях;
- классификацией геологических объектов по особенностям их внутреннего строения;
- разработкой приемов интерполяции и экстраполяции при оконтуривании геологических объектов;
- выбором оптимальной густоты и формы сети наблюдений при изучении геологических объектов.

2. Математическая статистика. Некоторые положения теории вероятности

Математическая статистика - это прикладная математическая дисциплина, которая занимается изучением закономерностей в массовых, случайных, однородных, повторяющихся объектах и явлениях природы, техники и общественной жизни.

Предметом исследования математической статистики является *статистическая совокупность*. **С*татистическая совокупность*** – это такое множество, которое состоит из массы однородных, случайных, повторяющихся объектов или явлений, обладающих качественной общностью.

Основным методом математической статистики, ее теоретической базой является теория вероятностей, изучающая случайные события и величины.

Объектами геологических исследований являются металлогенические провинции, рудные районы, поля, месторождения, рудные тела, минералы и их агрегаты, окаменелости, процессы осадконакопления, магматизма и многое другое. Математические методы изучения имеют дело не с перечисленными материальными объектами и явлениями, а с совокупностями значений оцениваемых признаков, которыми эти объекты и явления обладают.

Статистические данные и являются объектом изучения математической статистики. К ним относятся результаты экспериментов, наблюдений и измерений свойств горных пород, руд, процессов, геометрические параметры и показатели качества залежей полезных ископаемых. Определение объекта изучения в каждом конкретном случае зависит от решаемой задачи и формулировки условий, при которых осуществляется оценка признаков.

Расположение наблюдений зачастую неравномерно, что обусловлено обнаженностью территории, трудностями вскрытия изучаемых тел. Поэтому необходимо четко представлять насколько выборочная (опробуемая) совокупность представительна по отношению к изучаемой.

Результаты химического анализа пород по профилю, замеры физических свойств образцов керна и т.п. представляют собой выборки из генеральных совокупностей, которые характеризуют явление в целом, т.е. химический состав отложений, физические свойства руд и

пород и т.п. Задача геолога заключается в том, чтобы по свойствам исследуемого признака в выборке сделать с определенной вероятностью заключение о его свойствах в генеральной совокупности.

Некоторые положения теории вероятности

Первичные понятия в теории вероятности – события, вероятность, случайная величина, статистическая устойчивость эксперимента.

Событие – результат опыта или естественного явления может быть получен или не получен при имеющихся условиях.

Например: появление конкретного содержания щелочей при анализе γ.

События обычно обозначают буквами *A, B, C* и т.д. Известно, что возможность появления событий различна.

Например: при возвращении из маршрута у геолога в рюкзаке 30 образцов интрузивных пород и 3 образца осадочных. Очевидно, при отборе наугад одного мешочка с образцами пород больше шансов извлечь интрузив, т.к. их в 10 раз больше, чем осадочных.

Количественной мерой объективной возможности события при данных условиях является вероятность его. Для установления границ изменения этой величины рассмотрим предельные случаи. Если наступление события при данных условиях исключено, то такое событие называют невозможным и приписывают вероятность равную нулю.

Например: обнаружение промышленных содержаний железа в известняках. Если событие в данных условиях обязательно возникает, то такое событие называют достоверным и его вероятность равна единице.

Пример. Обнаружение кальция в химическом составе известняков. Вероятность появления какого-то события прямо пропорциональна *m* числу случаев, благоприятствующих появлению этого события и обратно пропорционально числу *n* всех равновозможных случаев, могущих произойти при данном испытании.

$$P = \frac{m}{n}$$

На практике изучить все возможные случаи часто невозможно, поэтому предполагается, что *n* – это имеющиеся, а не все возможные случаи.

Вероятность характеризует объективную возможность появления события.

Пример: интересующий минимум может появляться в 20 шлифах из 100, изготовленных по изучаемой породе.

Частость – практическая оценка этой возможности, характеризует совершившийся факт.

Случайные величины и их числовые характеристики

Случайная величина – это случайный эксперимент с числовыми исходами.

Например: соединение элемента *A* в пробе количества ильменита в шлихах. Соединение может принимать любые значения в определенных пределах. Число появлений зерен ильменита может быть только целым. Величины, которые могут принимать лишь отдельные значения, являются дискретными, а любые значения заданного интервала – непрерывными.

Дискретная случайная величина может задаваться таблично, графически, аналитически при табличном способе задаются значения случайной величины и соответствующие им вероятности.

Пример: $a_1, a_2, a_3, \ldots, a_n$ $\quad \sum_{i=1}^{p} p = 1$

$p_1, p_2, p_3, \ldots, p_n$ $\quad 0 \le p < 1$

При аналитическом способе соответствие между значениями, принимаемыми случайной величиной и вероятностями этих значений задаются некоторой функцией $p=f(x)$, называемой законом распределения случайной величины. Для непрерывности случайной величины вводятся понятия интегральной функции распределения $F(x)$. Функция $F(x)$ определяет для каждого значения x вероятность того, что случайная величина x примет значение меньше *x*, то

есть $F(x) = P(X<x)$. Вероятность того, что случайная величина x примет значение в интервале от *a* до *b*, равна разности значений интегральной функции на концах этого интеграла, т.е.

$$P\{a \le x\langle b\} = \int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a),$$

Где $f(x)\ge 0$ плотность распределения вероятностей непрерывной случайной величины значение $\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)\cdot dx = 1$.

Математическим ожиданием случайной дискретной величины *X* называется сумма произведений значений, принимаемых этой величиной, на соответствующие им вероятности, т.е.

$$M(X) = x_1 p_1 + x_2 p_2 + ... + xp = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i$$

Если x – непрерывная случайная величина, изменяющаяся в пределах от -∞ *до* +∞ с плотностью вероятности *f(x)*, т.е. ее математическое ожидание определяют из выражения

$$M(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} xf(x)dx$$

Для краткости обозначают математическое ожидание a.

Некоторые свойства этого параметра:

1. $M(C)=C$, т.е. математическое ожидание постоянной величины равно самой постоянной величине.

2. $M(CX)=CM(X)$, т.е. постоянный множитель можно выносить за знак математического ожидания.

3. $M(X+Y+\ldots+Z)=M(X)+M(Y)+\ldots+M(Z)$, т.е. математическое ожидание суммы нескольких случайных величин равно сумме их математических ожиданий.

Дисперсией $D(X)$ случайной величины называется математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины *X*.

$D(X)=M(X-M(X))^2$

В развернутом виде дисперсия случайной величины:

$$D(X) = \sum_{i=1}^{n} (x_1 - a)^2 \cdot p_i,$$

а непрерывной

$$D(X) = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - a)^2 f(x)dx$$

Дисперсию принято обозначать σ^2, некоторые свойства этого параметра:

1. $D(C)=0$, т.е. дисперсия постоянной величины равна 0.

2. $D(CX)=C^2Д(X)$, т.е. постоянный множитель можно выносить за знак дисперсии возводя его в квадрат.

3. $D(X+Y+\ldots+Z)=D(X)+D(Y)+\ldots+D(Z)$, т.е. дисперсия суммы нескольких взаимно независимых случайных величин равна сумме дисперсий этих величин.

4. $D(X)=M(X^2)-(M(X))^2$ дисперсия случайной величины *X* равна разности математического ожидания квадрата этой величины и квадрата ее математического ожидания.

3. Упорядочение статистических совокупностей в интервальные вариационные ряды

Одномерной статистической совокупностью называется такая совокупность, каждый член которой характеризуется одним признаком.

Раздел математической статистики, который занимается изучением закономерностей в одномерных статистических совокупностях называется ***вариационный анализ***.

Статистической обработке в практике ГРР обычно подвергается геохимический фактический материал. Для этого производятся простейшие преобразования количественной геологической информации. Они заключаются в следующем:

результаты геохимических наблюдений сводятся в таблицы. Наиболее простую форму статистической обработки представляют ***ряды распределения***. Они строятся по методу ранжирования, т.е. путем расположения вариант в возрастающем или убывающем порядке. Варианты необходимо располагать в виде двойного ряда, учитывая их повторяемость.

Например: содержание ртути (C_{Hg}) в n_x10^{-7} % (первая строка) и повторяемость классов содержаний n (вторая строка):

C_{Hg}: 2 3 4 6 8 …

n 2 1 4 5 2 …

Числа, с которыми отдельные варианты встречаются в совокупности, называются их весами или ***частотами*** (n_i).

Общее число вариант, входящих в состав данной совокупности называется ее ***объемом*** (N).

Общая сумма частот равна объему совокупности: $\Sigma n_i = N$.

Частоты, выражающиеся в относительных значениях варьирующего признака, т.е. в долях единицы или в процентах от общей численности вариант в данной совокупности называются относительными частотами или ***частостями*** (Wi).

$Wi = n_i/ N$ или $Wi = (n_i/ N)x\ 100$ %

Сумма частостей выраженных в долях единицы равна 1: $\Sigma Wi= 1$;

сумма частостей выраженная в %, равна 100 %: $\Sigma Wi= 100$ %.

Все признаки подразделяются на качественные и количественные, причем последние преобладают. К ***качественным*** относятся: цвет минерала, спайность, цвет элювиально-делювиальных отложений и т.д. ***Количественные*** признаки – это содержания элементов в различных геосферах, горных породах, геофизические замеры на площади и т.д. Количественные признаки подразделяются на ***дискретные*** (прерывистые) и ***непрерывные.*** Последние в геологии встречаются значительно чаще (средние содержания элементов в породах (%), линейная продуктивность и т.д.).

В вариационные ряды распределяются только количественные признаки. Существуют *интервальные* и *безинтервальные* вариационные ряды. Если признак варьирует слабо, дискретно, совокупность его значений можно разделить в *безинтервальный* вариационный ряд (что мы и сделали с содержанием ртути). Если распределение плохо выражает закономерность варьирования, то нужно переходить в *интервальный* вариационный ряд.

Упорядочение совокупностей с непрерывными признаками ведется *методом группировок* – посредством построения вариационных рядов и соответствующих им графиков. Вариации признака (от минимальной до максимальной) разбиваются на равные интервалы (классы). Для выбора ***ширины интервала*** (h) пользуются формулой Стерджеса Г.А. (Sturges, 1926):

$h= (Umax-Umin)/ (1+3,2\ lgN)$, где h – ширина интервала, Umax – максимальное значение признака совокупности, Umin – минимальное значение признака совокупности, N – объем совокупности.

Вычисленное значение h округляют до удобной величины. Кроме того, вычисляют значения ***середины интервалов:***

$Ui = (a_i+b_i)/ 2$, где a_i и b_i – соответственно начало и конец интервала.;

плотность частот (Pn_i): $Pn_i= n_i/ h$, где n_i – частота интервала, h – ширина интервала (шаг);

плотность частостей (P_{Wi}): $P_{Wi}= Wi/ h$, где Wi – частость интервала, h – ширина интервала (шаг).

Таким образом, ***вариационным рядом совокупности*** с непрерывным признаком называется таблица, в которой в возрастающем порядке перечислены интервалы, середины интервалов и соответствующие им частоты, частости, плотности частот или частостей (табл. 1).

Таблица 1

Интервальный вариационный ряд совокупности

№№ интервалов	Границы интервалов, ai - b_i	Середина интервалов, Ui	Частоты, n_i	Частости, Wi	Плотности частот, Pn_i	Плотности частостей, P_{Wi}
1.	48,0-50,0	49,0	6	0,12	3,0	0,05
2.	50,0-52,0	51,0	10	0,20	5,0	0,10
3.	52,0-54,0	53,0	15	0,30	7,5	0,15
…	…	…	…	…	…	…
Σ			50	1,00	25,0	0,50

Проверка правильности построения вариационного ряда осуществляется по формулам:
$\Sigma n_i = N$; $\Sigma Wi = 1$; $\Sigma Pn_i = N / h$; $\Sigma P_{Wi} = 1/ h$.

4. Статистические характеристики вариационного ряда

Для получения характеристики признака наряду с построением вариационных рядов и графиков вычисляют различного рода суммарные числовые показатели – ***статистические характеристики***.

По своему назначению *статистические характеристики* делятся на:

- меры положения (средняя величина, медиана, мода);
- меры рассеяния (дисперсия, среднее квадратическое отклонение, стандарт, коэффициент вариации, показатели асимметрии и эксцесса).

Мерами положения вариационного ряда называют характерные точки на оси абсцисс графика распределения, около которых группируется подавляющее количество наблюдений.

Средняя величина ($\overline{U}$) характеризует массовый уровень признака в статистической совокупности и вычисляется по формулам:

1) Из всех параметрических средних наиболее часто применяются при расчетах средняя арифметическая ($\overline{U}$)

Средняя арифметическая ($\overline{U}$)

$$\overline{U} = \frac{\sum_{i=1}^{N} Ui}{N} \quad (1)$$

Средняя взвешенная

$$\overline{U}\, b = \frac{\sum_{i=1}^{k} Ui \bullet ni}{N} \quad (2)$$

Средняя взвешенная используется при различных расстояниях между поисковыми профилями или точками отбора проб по профилю.

Ui –значения вариант;

N – объем выборки (общее количество вариант);

k - число интервалов (или отдельных значений вариант);

ni- частота.

Формула (1) применяется для несгруппированных данных, а формула (2) – для вариационных рядов совокупностей с непрерывными или дискретными признаками.

2) Если изучаемый признак связан с другим признаком функционально, но находится в обратной зависимости к нему, то более точную характеристику дает ему **средняя гармоническая.**

Она представляет собой отношение общего числа наблюдений (N) к сумме их обратных значений (*Ui*):

$$\overline{U}гарм = \frac{N}{\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{Ui}}$$

Эта формула применима для несгруппированных значений признака.

Когда выборка сгруппирована в виде вариационного ряда, т.е. ранжирована с указанием частот отдельных вариант, для ее характеристики вычисляются средняя гармоническая по следующей формулам:

$$\overline{U}гарм = \frac{N}{\sum_{i=1}^{k} ni \bullet \frac{1}{Ui}} \qquad \overline{U}гарм = \sum_{i=1}^{k}\frac{ni}{Ui}$$

Средняя гармоническая всегда меньше среднеарифметической.

Средняя гармоническая используется при оценке экономических показателей при геолого-экономической оценке месторождений (эффективность работы за единицу времени, …).

3) Если признаки выражаются мерами площади, их средняя величина более точно характеризуется средней квадратической.

Примерами таких признаков могут служить: площадь ореолов (геохимические аномалии и др.), площадь ареалов метасоматически измененных пород и т.п., в теории контрольных анализов проб, для расчета точности подсчитанных запасов минерального сырья.

Средняя квадратическая определяется по формуле:

$$\overline{U}квадр = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} Ui^2}{N}} \quad (1) \qquad \overline{U}квадр = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} Ui^2 \bullet ni}{N}} \quad (2)$$

(1) для несгруппированных данных;

(2) для ранжированных значений признака.

4) Средняя геометрическая – параметр представляет корень N-степени из произведений членов ряда:

для несгруппированных значений:

$$\overline{U}геом = \sqrt[N]{U_1 \bullet U_2} \bullet U_3 \bullet \ldots \bullet U_N$$

или

$$\lg \overline{U}геом = \frac{1}{N}(\lg U_1 + \lg U_2 + \lg U_3 + \ldots + \lg U_N)$$

для ранжированных значений:

$$\overline{U}геом = \sqrt[N]{\prod_{i=1}^{k} Ui \bullet ni}$$

Средняя геометрическая используется:

- для характеристики содержаний по данным спектрального анализа (при логнормальном законе распределения);
- для характеристики диаметров частиц в дробленой породе, размера золотин;
- для определения ураганного значения при подсчете запасов полезного ископаемого

5) Когда необходимо вычислить средний размер объемных признаков используется **средняя кубическая** ($\overline{U}куб$).

$$\overline{U}куб = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{k} Ui^3 \bullet ni}{N}}$$

Средняя кубическая используется при изучении крупности россыпного золота, частиц дробленой породы и т.д., находит применение и в теоретической геохимии.

Параметрические средние вычисляются из одной общей формулы, поэтому между ними существуют определенные отношения.

Они выражаются рядом мажорантности (неравенства):

$\overline{U}куб \geq \overline{U}квадр \geq \overline{U} \geq \overline{U}геом \geq \overline{U}гарм$

В практике первичной обработки данных часто используют непараметрические средние.

К ним относят медиану и моду, которые могут служить приближенной оценкой среднего значения.

Медиана (Med) – значение признака, соответствующее середине упорядоченного вариационного ряда. Медиана делит упорядоченную совокупность на две равные по объему части, т.е. по обе стороны от нее располагается одинаковое число вариант.

Мода (Mo) – наиболее часто встречающаяся величина, т.е. это значение варианты, которая характеризуется наибольшей частотой или частостью.

Меры рассеяния– это статистические характеристики , которые указывают на степень и характер концентрации или рассеяния отдельных вариант относительно мер положения.

Графически меры рассеяния указывают на сжатость или растянутость вариационной кривой по оси абсцисс.

Основными показателями вариации являются:

- дисперсия (S^2);
- среднеквадратическое отклонение (стандарт – S);
- коэффициент вариации(V);
- показатель асимметрии (A);
- показатель эксцесса (E);

1) ***Дисперсия*** **(S^2)** – это средний квадрат отклонений отдельных вариант от средней величины.

Дисперсия соответственно для неупорядоченной и упорядоченной в вариационный ряд совокупности вычисляется по формулам:

ΣUi^2 – *нецентрированная сумма квадратов*

$\sum_{i=1}^{N}(U_i - \overline{U})^2$ - *центрированная сумма квадратов*

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N}(U_i - \overline{U})^2}{N} \quad \text{и} \quad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_1 \cdot (U_i - \overline{U})^2}{N}$$

2) В практике обработки геологической информации широко применяют ***коэффициент вариации***, который рассчитывается на основе среднего и среднего квадратического отклонения:

$V = \frac{S}{\overline{U}} \bullet 100$, т.е. это среднее относительное отклонение.

Параметр безразмерный и позволяет сопоставлять разброс разноименных признаков, например, мощностей рудных тел и содержаний рудного компонента.

При этом величины коэффициента вариации интерпретируются следующим образом:

Характер распределения компонентов	V (коэффициент вариации)
Равномерный	5-40
Неравномерный	40-100
Весьма неравномерный	100-150
Крайне неравномерный	Свыше 150

3) Наряду с названными, для характеристики выборочного распределения используют *показатели асимметрии* (*A*) и *эксцесса* (*E*):

Показатель асимметрии (*A*) – указывает на характер и степень симметрии или асимметричности вариационной кривой (рис. 6).

Для неупорядоченной и упорядоченной совокупности показатели асимметрии вычисляются по формулам:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{N}(U_i - \overline{U})^3}{S^3 \bullet N} \quad \text{и} \quad A = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_1 \bullet (U_i - \overline{U})^3}{S^3 \bullet N}$$

Показатель асимметрии характеризует меру скошенности вариационного ряда влево и вправо от среднего значения:

По *характеру асимметрии* выделяют (рис. 6):

- правоасимметричные ($A>0$)
- левоасимметричные ($A<0$)

Когда вариационная кривая симметрична, то $A=0$.

По *степени асимметрии* выделяют вариационные кривые:

- практически симметричные $|A|<0,1$
- слабоасимметричные $0,1<|A|<0,5$
- сильноасимметричные $|A|>0,5$

Показатель эксцесса (*E*) – это статистическая характеристика для описания характера вершинности кривой. Эксцесс характеризует степень крутовершинности или плосковершинности вариационной кривой по отношению к вершине кривой нормального распределения.

Для неупорядоченных совокупностей (1) и вариационных рядов (2) эксцесс вычисляют по формулам:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^{N}(U_i - \overline{U})^4}{S^4 \cdot N} - 3 \ (1) \quad \text{и} \quad E = \frac{\sum_{i=1}^{K} n_1 \bullet (U_i - \overline{U})^3}{S^4 \bullet N} - 3$$

Знак эксцесса указывает на положение вершины вариационной кривой относительно вершины нормального распределения.

Если $E>0$, то вершина вариационной кривой располагается выше вершины кривой нормального распределения (островершинная кривая).

Если $E<0$, то вершина вариационной кривой располагается ниже вершины нормальной кривой (плосковершинная кривая).

5.Нормальный и логнормальный законы распределения случайных величин.

Нормальное распределение

Нормальное распределение возникает, когда на изменение случайной величины влияет множество различных, независимых факторов, каждый из которых в отдельности не имеет преобладающего значения.

Подчинение закону нормального распределения проявляется тем точнее, чем больше случайных причин действует вместе. Основное условие формирования нормального распределения заключается в том, чтобы все случайные величины, действующие вместе, играли в общей сумме примерно одинаковую роль.

Плотность вероятности нормального распределения имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-(x-\mu)^2}{2\sigma_x^2}}$$

e – основание натурального логарифма (2,718);
x – значение случайной величины, лежит в интервале (-∞, +∞);
σ^2 – дисперсия случайной величины x;
μ - математическое ожидание случайной величины x.

Математическим ожиданием случайной величины (μ) называется сумма произведений всех возможных значений случайной величина на вероятность появления этих значений:

$$\mu(x) = M[X] = \sum_{i=1}^{n} x_i \bullet Pi$$

По своему логическому смыслу ***математическое ожидание*** является мерой положения и эквивалентно среднему значению вариационного ряда. Около математического ожидания группируется подавляющее количество значений случайной величины.

Дисперсия случайной величины σ^2 характеризует степень рассеяния отдельных возможных значений или интервалов значений случайной величины относительно ее математического ожидания. Для дискретной и непрерывной случайной величины вычисляется соответственно по следующим формулам:

$$\sigma_x^2 = D[X] = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \mu)^2 \bullet Pi$$

$$\sigma_x^2 = D[X] = \sum_{-\infty}^{+\infty} (x-\mu)^2 \bullet f(x)dx$$

Функция плотности вероятности нормального распределения обладает следующими математическими свойствами (рис. 2):

1. При всех значениях X функция f(x) принимает только положительные значения, т.е. кривая располагается над осью абсцисс.

2. Предел функции f(x) при неограниченном возрастании X равен 0:

$$\lim_{|x| \to \infty} f(x) = 0$$

Ветви кривой асимптотически приближаются к оси абсцисс нигде с ней не пересекаясь.

1. Функция f(x) имеет максимум, равный

$$f(x)_{max} = \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} \quad \text{при } X = \mu$$

2. Ветви кривой симметричны относительно прямой X = μ, т.к. (x-μ) содержится в формуле в квадрате.

3. Точки перегиба ветвей кривой f(x) имеют координаты:

$$(\mu-\sigma_x^2; \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e) \text{ и } (\mu+\sigma_x^2; \frac{1}{\sigma_x\sqrt{2\pi}} e)$$

Согласно математическим свойствам кривая функции f(x) имеет колоколообразную форму.

Логнормальное распределение

Нормальное распределение вероятностей реализуется в том случае, если распределение случайной величины определяется достаточно большим количеством взаимонезависимых примерно равнодействующих факторов. Однако в природе подобные условия выполняются далеко не всегда. В результате эмпирические кривые, характеризующие распределение в конкретных выборках, в большинстве случаев (при геохимических исследованиях и т.д.) имеют асимметричный вид, отличный от кривой нормального распределения. Естественно, что для опи-

сания этих распределений нельзя использовать формулы, основанные на нормальном законе, а также соответствующие ему расчетные статистические таблицы.

Среди асимметричных статистических кривых в геологии наиболее распространены кривые отличающиеся левосторонней (положительной) асимметрией. Характерным свойством подобных распределений является изменение формы кривой на симметричную при замене значений, составляющих распределение, их логарифмами.

В результате возможно и в этом случае использовать все закономерности, основанные на функции нормального распределения, однако статистические операции следует производить не с вариантами, а с их логарифмами. Таким образом, возникло представление о законе логарифмически нормального (логнормального) распределения.

Логарифмически нормальным называется закон, при котором нормально распределены логарифмы значений случайной величины.

Такое распределение является положительно асимметричным и имеет положительный эксцесс. Математическое ожидание, мода и медиана логнормально распределенной случайной величины не совпадают, причем $Mo<Med<\mu_x$.

Логарифмически нормальный закон распределения имеет место в том случае, когда изучаемая случайная величина формируется под влиянием некоторого фактора, результат воздействия которого в данный момент времени пропорционален значению случайной величины, созданной под воздействием, предшествовавшим данному моменту времени, т.е. когда случайная величина подвержена *эффекту пропорциональности*.

6. Дисперсионный анализ

Свойства геологических объектов, обычно зависят от ряда факторов, обуславливающих их изменчивость. Выявление этих факторов и оценка степени их влияния на изменчивость свойств изучаемых объектов осуществляется с помощью дисперсионного анализа.

Задача его – выделить те факторы и их сочетание, которое оказывают существенное влияние на изменение изучаемой величины.

Метод основан на следующем принципе: если на случайную величину действуют взаимонезависимые факторы *A, B,……, D,* то общую дисперсию следующих величин σ^2 можно рассматривать, как сумму дисперсий $\sigma^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2 + ... + \sigma_D^2$

По количеству оцениваемых факторов дисперсионный анализ распределяется на одно-, двух-, и многофакторный.

Каждый фактор представляет собой переменную величину, изменяющуюся дискретно или непрерывно. Точечные значения дискретной величины и интервальные непрерывных называются уровнями факторов и обозначаются цифрами 1,2,3 и т.д.

Если количество замеров изучаемой случайной величины на всех уровнях по всем факторам одинаково, дисперсионный анализ принято называть равномерным, а если разное – неравномерным.

Суждение о влиянии определенного фактора на изменчивость случайной величины основано на группировке ее замеров по факторам и их уровням и проверке гипотезы о равенстве σ^2; обусловленных данными факторами с остаточной (случайной) σ^2, вызванной неучтенными факторами. Если гипотеза отвергается, то делается вывод о том, что данный фактор оказывает существенной влияние на изменение изучаемого свойства геологического объекта.

С помощью дисперсионного анализа решается широкий круг геологических задач – проверяются гипотезы о влиянии литологических, геолого-химических, петрофизических, структурных и других факторов на локализацию оруденения – определяют влияние способа отбора проб на их достоверность и представительность; решается вопрос о влиянии гипергенных процессов и т.д.

Пример: решение геологической задачи.

Установить влияние выветривания на изменение содержаний элемента А в изучаемых породах.

1. Дискретный фактор – выветривание может варьировать на уровне: 1 – свежие породы, 2 – слабовыветрелые породы, 3 – сильновыветрелые породы и т.п.

Значения случайной величины принято обозначать через x_{ik}, x_{ijk}, последний индекс k обозначает номер пробы (N), остальные указывают на каком уровне каждого из факторов наблюдается соответствующее значение случайной величины.

Чтобы выводы при дисперсионном анализе были достоверными необходимо соблюдать следующие условия:

1. Изучаемые факторы должны быть независимыми;

2. Распределение выборочных данных не должно противоречить нормальному закону распределения или должно быть ≈ нормальному.

3. Дисперсии, обусловленные ошибками воспроизводимости на разных уровнях одного и того же фактора должны быть однородными, т.е. не должны существенно различаться.

Однофакторный анализ

Пусть случайная величина x изменяется под действием одного учтенного фактора A, варьирующего на k уровнях при количестве замеров на каждом уровне равном n, результаты наблюдения обозначаются, как x_{ij}, i – номер наблюдения $(i – 1,2,..n)$, а j – номер уровня фактора $(j=1,2,…, k)$.

№ измерения	Уровень фактора			
	A_1	A_2	…	A_k
1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1k}
2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2k}
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
…	…	…	…	…
n	x_{n1}	x_{n2}	…	x_{nk}
Групповые средние	$\bar{x}_1$	$\bar{x}_2$	…	$\bar{x}_k$

По этим данным рассчитываются следующие статистики:

1. Общая сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений признака от общей средней $\bar{x}$:

$$C_{общ} = \sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\left(x_{ij} - \bar{x}\right)^2$$

2. Факторная сумма квадратов отклонений групповых средних от общей средней, характеризующая рассеяние между группами:

$$C_{фак} = n \cdot \sum_{j=1}^{k}\left(\bar{x}_i - \bar{x}\right)^2$$

3. Остаточная сумма квадратов отклонений наблюдаемых значений от своей групповой средней, характеризующая рассеяние внутри групп:

$$C_{ост} = \sum_{i=1}^{n}\left(x_{i1} - \bar{x}_1\right)^2 + \sum_{i=1}^{n}\left(x_{i2} - \bar{x}_2\right)^2 + ... + \sum_{i=1}^{n}\left(x_{ik} - \bar{x}_k\right)^2$$

4. Общая, факторная и остаточная дисперсии

$$S^2_{общ} = \frac{C_{общ}}{k \cdot (n-1)}; \qquad S^2_{факт} = \frac{C_{факт}}{k-1}; \qquad S^2_{ост} = \frac{C_{ост}}{k \cdot (n-1)}$$

5. Значения критерия Фишера

$$F = \frac{S^2_{факт}}{S^2_{ост}}$$

Значение критерия Фишера сравнивается с критическим для заданного уровня значимости α и числа степеней свободы $k-1$ и $k\cdot(n-1)$ после чего делают вывод о вкладе фактора A в изменение случайной величины x.

В случае неравномерного однофакторного дисперсионного анализа вычисления проводятся небольшими изменениями всей выборки.

$N=\Sigma n_i$,

n_i – число значений x_{ik} в строке сумму квадратов эффектов фактора A вычисляют по формуле:

$$Q_A = \sum_{i=1}^{n} \left(c_i' \div n_i\right) - C^2 \div N$$

Двухфакторный анализ

При двухфакторном дисперсионном анализе квадратов отклонений от общего среднего разделяется на компоненты, отвечающие двум предполагаемым факторам изменчивости A и B.

Если по фактору A выделяется p уровней, а по фактору B – q уровней, то общее количество групп будет равно $m=pq$, а походные данные можно записать в виде таблицы:

A	Уровни фактора B						Среднее
	B_1	B_2	…	B_j	…	B_q	
A_1	x_{11}	x_{12}	…	x_{1j}	…	x_{1q}	$\bar{x}_1$
A_2	x_{21}	x_{22}	…	x_{2j}	…	x_{2q}	$\bar{x}_2$
…	…	…	…	…	…	…	…
A_i	x_{i1}	x_{i2}	…	x_{ij}	…	x_{iq}	$\bar{x}_i$
…	…	…	…	…	…	…	…
A_p	x_{p1}	x_{p2}	…	x_{pj}	…	x_{pq}	$\bar{x}_p$
Среднее	$\bar{x}_{\cdot 1}$	$\bar{x}_{\cdot 2}$	…	$\bar{x}_{\cdot j}$	…	$\bar{x}_{\cdot q}$	$\bar{x}$

Если для каждого значения факторов A_iB_i произведено n наблюдений, то в каждую клетку таблицы помещается n значений, а единичное наблюдение обозначается как x_{ijk}, где k=1,2,…, n. Оценки средних значений по группам $\bar{x}_{ij}$; по факторам ($x_{i\ldots n}$ $x_{.j.}$) и общее среднее $\bar{x}$ в этом случае рассчитывается по формулам:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} x_{ijk}\ ; \quad \bar{x}_{i..} = \frac{1}{qn}\sum_{j=1}^{q}\sum_{k=1}^{n} x_{ijk} = \frac{1}{q}\sum_{j=1}^{q} \bar{x}_{ij}\ ; \quad \bar{x}_{.j.} = \frac{1}{pn}\sum_{i=1}^{p}\sum_{k=1}^{n} x_{ijk} = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p} \bar{x}_{ij}$$

Общая схема вычислений дисперсий при двухфакторном анализе в таблице.

Вид дисперсий	Сумма квадратов отклонений	Число степеней свободы	Дисперсия
Факторная по фактору A	$C_1 = nq\sum_{i=1}^{p}\left(\bar{x}_i\ldots - \bar{x}\right)^2$	$p-1$	$S_1^2 = \frac{C_1}{p-1}$
Факторная по фактору B	$C_2 = nq\sum_{j=1}^{q}\left(\bar{x}_{\cdot j}. - \bar{x}\right)^2$	$q-1$	$S_2^2 = \frac{C_2}{q-1}$
Смешанная по факторам AB	$C_3 = n\cdot\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q}\left(\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i\ldots - x_{\cdot j}. + \bar{x}\right)^2$	$(p-1)\cdot(q-1)$	$S_3^2 = \frac{C_3}{(p-1)(q-1)}$
Остаточная	$C_4 = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q}\sum_{k=1}^{n}\left(x_{ijk} - \bar{x}_{ij}.\right)^2$	$p\cdot q\cdot(n-1)$	$S_4^2 = \frac{C_4}{pq\cdot(n-1)}$
Общая	$C = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q}\sum_{k=1}^{n}\left(x_{ijk} - \bar{x}\right)^2$	$n\cdot p\cdot q-1$	$S^2 = \frac{C}{npq-1}$

Проверка гипотезы о влиянии на изменчивость изучаемого свойства каждого фактора в отдельности и их совместного влияния производятся по критерию Фишера.

$$F_A = \frac{S_1^2}{S_4^2}; \qquad F_B = \frac{S_2^2}{S_4^2}; \qquad F_{AB} = \frac{S_3^2}{S_4^2}$$

Полученные значения F – критерии сравниваются с критическими для заданного уровня значимости и числа степеней свободы.

7. Многомерные статистические модели

Любое геологическое явление может быть охарактеризовано множеством признаков, поддающихся наблюдению и измерению. Геологические объекты должны рассматриваться как системы, зависящие от большого числа факторов и требующие для своего описания многомерного признакового пространства.

В качестве математической модели значений комплекса признаков рассматривается ***многомерная случайная величина***, которая часто называется *случайным вектором*. Многомерные модели подразумевают вероятность нормального статистического распределения рассматриваемых случайных величин или хотя бы возможность их нормализации.

Вследствие сложных взаимосвязей между изучаемыми признаками эффективно всестороннее исследование системы с выделением наиболее важных факторов. Записи исходных данных и математические действия над ними производятся в матричной форме (работы Дж. Дэвиса).

Многомерный корреляционный анализ применяется для выявления зависимостей между наблюденными значениями различных геологических характеристик и разделения множества признаков по характеру их внутренних связей.

Статистические свойства случайных величин с многомерным нормальным распределением задаются ковариационными или корреляционными матрицами, которые могут быть вычислены по исходным матрицам.

Корреляционная матрица – матрица в которой по диагонали расположены единицы, а недиагональные элементы представляют собой парные коэффициенты корреляции между соответствующими признаками.

$$[R] = \begin{pmatrix} 1 & r_{x1x2} & \dots & \dots & r_{x1xm} \\ \dots & 1 & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & 1 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ r_{xmx1} & \dots & \dots & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Методы многомерного корреляционного анализа используется в геологии для изучения зависимостей между случайными величинами, зависящими от совокупного влияния факторов неясной физической природы.

Для распределения исходных совокупностей на несколько классов по степени сходства, составляющих их объектов используется в частности кластерный анализ (анализ групп). Широко применяется в геолого-минералогической науке в частности при классификации парагенетических ассоциаций элементов.

Множественная регрессия и ее использование для предсказания свойств геологических объектов.

В отличие от двумерной регрессии в методах множественной регрессии зависимая переменная (Y) рассматривается как функция не одной, а нескольких переменных (x_1, x_2, x_3, …, x_n). Уравнение множественной регрессии записывается как …… функция.

$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \ldots + \beta_n x_n = \beta_0 + \Sigma \beta_i x_i$;

$\beta_0, \beta_1, \ldots$ - коэффициенты регрессионной модели.

Этому уравнению соответствует так называемая гиперплоскость, т.е. плоскость n-мерного пространства. Множественная регрессия строится на основе учета всех возможных взаимодействий между переменными и их сочетаниями. В ее задачи входит оценка общего вклада всех переменных в изменчивость Y, а т.ж. определение относительного влияния каждого из них с помощью коэффициентов β_i. Таким образом, множественный регрессионный анализ сводится к вычислению значений коэффициентов регрессионной модели ($\beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_n$) по совокупности n наблюдений над переменными ($x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$) и Y, оценке влияния каждой переменной и их общего вклада в оценку зависимой переменной (Y). Все математические расчеты производятся в матричной форме.

Модели множественной регрессии используются для предсказания значений зависимой переменной (содержания ценного компонента, объемной массы руды, глубины формирования минерала и т.д.) по набору независимых переменных (содержаний петрогенных элеметов, объемной массы тяжелых минералов в рудах, содержаний элементов–индикаторов и т.д.).

Задачи распознавания образов в геологии

Многие прогнозные и интерпретационные задачи решаются в практической геологии путем сопоставления комплексов признаков изучаемого объекта с комплексом тех же признаков эталонного объекта. Совокупность подобных методов основанных на принципе аналогии получила название ***методов распознавания образов***.

С позиций многомерного математического анализа реальному геологическому объекту ставят в соответствие набор действительных чисел $x_1, x_2, \ldots, x_n$, которые выражают значения измеренных геологических, геохимических или геофизических его признаков. Каждая совокупность таких признаков как вектор или точка в многомерном пространстве, а множество объектов одного класса в пространстве признаков соответствуют некоторые множества точек.

Кластерный анализ многомерных совокупностей

Кластерный анализ - метод иерархической группировки переменных, метод анализа групп переменных. Задача кластерного анализа - разбивка множества элементов корреляционной матрицы признаков [R] на группы так, чтобы в них объединились объекты с наивысшими значениями характеристик сходства, а разобщенные группы оставались бы при этом максимально изолированными по данному признаку. В качестве меры сходства могут использоваться непосредственно парные коэффициенты корреляции (r) или другие дистанционные показатели (dt).

Первый шаг анализа групп методом объединения элементов состоит в выявлении наивысших коэффициентов корреляции между отдельными парами элементов, которые объединяются и принимаются за центры групп. Число таких центров изменяется от 1 до 3 (редко более).

Далее матрица вычисляется снова. Причем сгруппированные элементы считаются за один элемент, а коэффициенты корреляции с другими группами вычисляют заново. По результатам вычислений составляется новая матрица, которая вновь подвергается сокращению путем выявления и объединения пар с максимальными значениями признаков сходства. Операция последовательного сокращения и пересчета матрицы повторяется до тех пор, пока значения групповых коэффициентов сходства не достигнут порогового значения.

Результаты кластерного анализа изображаются в виде древовидного графика – ***дендрограммы***, в которой по оси абсцисс располагаются символьные значения переменных, а по оси ординат – значения коэффициентов корреляции. Дендровидный граф, который учитывает не только внутригрупповые расстояния, но и средние расстояния между группами называется ***дендрографом*** (применяется для сравнения месторождений и др. геологических объектов).

Факторный анализ

Факторный анализ представляет собой совокупность приемов математической статистики, предназначенных для обработки массивов экспериментальных, многомерных данных, где каждый объект описан фиксированным набором признаков. При этом каждый признак

рассматривается не изолировано от остальных, а анализируется в заданной совокупности признаков.

В качестве объектов могут быть рассмотрены точки наблюдения, пробы, обнажения, замеры по скважинам и т.п. В качестве признаков - содержания химических элементов, параметры физических полей и физических свойств и т.д. Среди многочисленных приемов факторного анализа одним из наиболее эффективных при решении геологических задач является *метод главных компонент* (МГК).

В основе моделей факторного анализа лежит следующая гипотеза: измеряемые признаки представляют собой результат воздействия некоторых процессов и косвенное отражение внутренних свойств, обуславливающих закономерную изменчивость объекта в пространстве и времени. Тем самым допускается, что объекты и явления могут быть эффективно описаны небольшим числом функциональных единиц, фиксирующих объективно существующие закономерности и характеризующих весь класс в целом. Эти функциональные единицы «внутренние» свойства объектов, процессы – принято называть ***факторами***.

В рамках принятой гипотезы предполагается, что число факторов значительно меньше (не больше) числа исходных признаков. Когда при неизвестном, предположительно большом числе факторов требуется оценить их природу и степень влияния на совокупность признаков, то используют методы собственно факторного анализа.

Вклад вносимый каждым из факторов при воздействии на предмет, неодинаков, как правило, наиболее существенными являются независимые признаки (т.е. некоррелированные). В математическом смысле основной задачей факторного анализа является представление наблюдаемых признаков в виде линейных комбинаций относительно независимых факторов при минимальной потере информации.

В общем случае факторная модель для произвольного признака может быть представлена в виде:

$x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{j3}F_3 + \ldots + a_{jk}F_k + \ldots + a_{jt}F_t + b_jS_j + e_jp_j$

Математическая модель **метода главных компонент**

$x_j = a_{j1}F_1 + a_{j2}F_2 + a_{j3}F_3 + \ldots + a_{jk}F_k + \ldots + a_{jl}F_l$

где наблюдаемый компонент x_j линейно зависит от некоррелированных между собой компонент (факторов F). С помощью модели делается попытка объяснить величину дисперсии только влиянием факторов F, не занимаясь анализом других факторов.

Вычислительные процедуры факторного анализа позволяют определять значения a_{jk} и F_k и на основе этого вычислить все составляющие для x_j в формулах. Иными словами с помощью факторного анализа возможно решение как прямой – нахождение числа факторов, оценка их влияния и значимости, идентификация и определение непосредственно самих значений факторов, так и обратной задачи – восстановление для каждого признака составляющих, обусловленных действием как отдельно взятого фактора, так и любого их сочетания.

Исходным материалом для **МГК** обычно является корреляционная матрица, характеризующая силу линейных связей между признаками. Задачей МГК является попытка приемлемого объяснения полной дисперсии признаков под воздействием общих факторов. Недостатком МГК является отсутствие влияния фактора погрешности наблюдения. МГК не требует никаких предположений о виде распределения исходных признаков.

МГФ эффективен только в условиях многомерного нормального распределения, представительности выборочных данных, линейности связи признаков с факторами и отсутствии автокорреляции в исходных наблюдениях.

Совокупность задач решаемых с использованием МГК и МГФ можно классифицировать по следующим типам:

Оптимальное описание объектов.

Факторный анализ позволяет большие массивы данных представлять в сокращенной форме без потери информации за счет преобразования признаков. МГК позволяет получить наивысший коэффициент сжатия. Однако, если данные измерены с существенными ошибками и коррелированы между собой рекомендуется МГФ.

Классификация

В связи с тем, что факторы характеризуют объекты со стороны принадлежности к определенным классам, использование факторов вместо признаков при решении задач классификации более оправдано.

Причинный анализ взаимосвязей между признаками.

Выявление, идентефикация и изучение факторов позволяют проверить и обосновать различные гипотезы относительно механизма генерирования признаков и объяснения связей между ними.

Прогнозирование

Регрессионный анализ является одним из эффективных методов предсказания наиболее вероятных значений исследуемой величины по совокупности известных значений сопряженных с ней переменных. На практике, часто сопряженные переменные оказываются коррелированы между собой и измеряются с существенными ошибками, что приводит к некорректному определению коэффициентов регрессии. Построение регрессии на факторах позволяет получить некоррелированные переменные и снизить размерность задачи (уменьшить число x_j), что дает более надежные оценки коэффициентов регрессии.

В приложении к геологии решение перечисленных задач позволяет осуществлять расчленение неоднородного геологического пространства, выделение комплексных геолого-геофизических аномалий, классификацию и типизацию геологических объектов, выявление периодичности геологических процессов, прогнозирование месторождений полезных ископаемых

Дискриминантный анализ

Дискриминантный анализ является статистическим средством разделения (дискриминации) многомерных нормально распределенных совокупностей на группы таким образом, чтобы была достигнута максимальная однородность внутри групп и минимальная между ними.

Метод линейных дискриминантных функций применительно к петрохимическим задачам заключается в комплексном использовании нескольких признаков (содержаний оксидов петрогенных компонентов), объединенных таким образом, чтобы получить наилучшее разделение сравниваемых групп горных пород. Физический смысл дискриминантной функции состоит в том, что она представляет собой уравнение гиперплоскости в n-мерном пространстве признаков, которая должна быть проведена таким образом, чтобы по одну сторону от нее оказалось максимальное количество объектов, относящихся к первой группе, а по другую – максимальное количество объектов второй группы.

Для случая равных ковариационных матриц этот метод был разработан Р.А. Фишером, общее решение для неравных ковариационных матриц найден Т.У. Андерсоном и Р.Р. Бахадуром. Техинка вычислений, используемых в этом способе дискриминации, заключается в следующем. Вектор коэффициентов в уравнении гиперплоскости определяется по уравнению

$$b = [y\Sigma_1 + (1-y)\Sigma_2]^{-1} \bullet (\bar{\mu}_2 - \bar{\mu}_1),$$

где Σ_1; Σ_2; $\bar{\mu}_2$; $\bar{\mu}_1$ – ковариационные матрицы и векторы средних значений первой и второй групп, а y – решение уравнения

$$\{[y\Sigma_1 + (1-y)\Sigma_2]^{-1} \bullet (\bar{\mu}_2 - \bar{\mu}_1)\}^2 \bullet \{y^2\Sigma_1 + (1-y)^2\Sigma_2\} = 0$$

причем величина y заключена в пределах $0 \le y \le 1$. Уравнение для определения y решается путем подбора значений y от 0 до 1 и выбора того решения, которое обращает в 0 левую часть уравнения.

Чтобы отнести объект с признаками $x_1, x_2, \ldots, x_n$ к одной из двух групп, следует руководствоваться следующим правилом: если $b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_nx_n + P < 0$, то объект относится к первой группе, а в случае $b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_nx_n + P \ge 0$ – ко второй. При этом свободный член уравнения (P) в уравнении гиперплоскости вычисляется.

Вероятность ошибочной классификации будет зависеть от величины d, которая является аналогом обобщенного расстояния между сравниваемыми группами в случае равных ковариационных матриц.

Вероятность неправильной классификации P определяется соотношением P = 1-Ф(d), где Ф(d) функции нормального распределения. Все вычисления проводятся на ЭВМ. Исходными данными служат результаты химических анализов, выраженных в массовых содержаниях оксидов. Находятся коэффициенты b_1, b_2, …, b_n линейных дискриминантных функций

$D(x)= b_1x_1+ b_2x_2+ …+ b_nx_n$ (SiO_2-x_1; TiO_2-x_2; …; K_2O-x_{10}).

Обычно в качестве делящих признаков выбирают содержания лишь тех оксидов, по которым сравниваемые группы значительно разнятся между собой; в уравнения дискриминантных функций не следует включать те признаки, которые являются одинаковыми в обеих группах, так как это значительно ухудшает дискриминацию.

Разделение гипербазитов

$D(x) = -0{,}003\ SiO_2+ 6{,}672\ TiO_2+ 0{,}109\ Al_2O_3- 0{,}018\ Fe_2O_3+ 0{,}813\ FeO- 0{,}249\ MgO- 0{,}106\ CaO+ 1{,}551\ Na_2O- 0{,}289\ K_2O+ 5{,}651 =0$

При $D(x)< 0$ объект относится к гипербазитовой формации, при $D(x)> 0$ – к габбро-пироксенит-дунитовой формации.

Разделение амфиболитов

$D(x) = 7{,}07\ lgTiO_2+ 1{,}91\ lgAl_2O_3- 3{,}29\ lgFe_2O_3+ 8{,}48\ lgFeO+ 2{,}97\ lgMnO+ 4{,}81\ lgMgO+ 7{,}80\ lgCaO+ 3{,}92\ lgP_2O_5+ 0{,}15\ lgCO_2- 15{,}08 =0$

При $D(x)< 0$ объект относится к параамфиболитам (по осадочным породам),

при $D(x)> 0$ – к ортоамфиболитам (по магматическим породам).

8. Математическое описание пространственно-упорядоченных переменных (пространственно-статистический анализ)

Обработка данных с учетом их пространственного положения составляет основу **пространственно-статистического анализа *(геостатистики*)**. ПСА применяется при поисках и разведке месторождений, картировании, увязке пород в соседних разрезах, геофизических исследованиях и т.д.

Решаются задачи:

1. Установление направления сноса обломочного материала по концентрации в нем тех, или иных минералов.
2. Выделение рудоконтролирующих структур.

Согласно геостатистике любой геологический признак (содержание элемента, линейная продуктивность, мощность рудного тела и т.д.) лишен какой либо случайности и имеет вполне определенное место в пространстве.

Специальные аппараты геостатистики – вариограммы, кригинг.

Случайная функция

При решении любой геологической задачи возникает необходимость количественной оценки пространственной изменчивости объекта. Для оценки пространственной изменчивости признаков существует аппарат теории случайных функций.

Случайная функция – такая функция, которая в результате опыта, может принять тот или иной конкретный вид неизвестный заранее. Аргументами являются: время (случайные процессы) или координаты пространства (случайные поля или последовательности).

Случайные процессы используются для оценки сезонных колебаний уровня грунтовых вод, гидродинамические свойства горных пород зависят от времени.

Конкретный вид, который принимает функция в результате опыта, или наблюдения называется ее ***реализацией***.

Главные характеристики случайной функции

1. Математическое ожидание Mx(l)
2. Дисперсия Dx(l)

3. Корреляционная функция Kx(l)

Математическим ожиданием случайной функции (Mx(l)) называется случайная функция, которая при каждом значении аргумента l равна математическому ожиданию соответствующего сечения случайной функции. Оценка математического ожидания рассчитывается по формуле

$$\overline{X}(l)= \sum_{k=1}^{N} Xk(l)/ N$$

Дисперсией Dx(l) называется неслучайная функция значения которой для каждого l равны дисперсии соответствующего сечения случайной функции. Характеризует ширину разброса значений.

$$Dx(l)= \sum_{k=1}^{N} [Xk(l)- \overline{X}(l)]^2/ (N-1)$$

Корреляционная функция отражает степень зависимости между сечениями случайной функции при различных значениях аргумента (Kx(l′, l″)).

Kx(l′, l″) = M[X(l′)· X(l″)]

X – значение центрированной случайной функции при значениях аргумента l′ и l″.

Центрированные случайные функции рассчитываются путем вычитания из значений случайной функции ее математического ожидания.

X(l) = X(l) – Mx(l)

Для описания характера изменчивости двумерных геологических полей используют ***двумерную автокорреляционную функцию***. Она выражает силу корреляционной связи между значениями признака в точках поля расположенных на разных расстояниях друг от друга относительно координат пространства X, Y.

Любая случайная функция должна соответствовать двум требованиям:

1.- стационарности

2. эргодичности.

1. ***Стационарной*** является функция, если все ее вероятностные характеристики не зависят от расстояния, т.е. не изменяются при любом сдвиге аргументов по оси l. Отличается постоянством математического ожидания, дисперсии. Корреляционная функция будет зависеть лишь от расстояния (r) между первым и вторым аргументом.

2. ***Эргодичной*** является функция, если одна реализация стационарной случайной функции на достаточно большом интервале эквивалентна большому числу реализации но на ограниченном интервале, т.е. функция обладает эргодичностью.

Свойствами стационарности и эргодичности обладают только однородные поля геологических переменных.

Корреляционная функция

$$K_x(r) = 1/(L-r) \int_{0}^{L-r} [f(x_i)- M(x)]\bullet[f(x_{i+r})- M(x)] \bullet dx$$

L – длина исследуемого профиля или участка;

l – расстояние между точками наблюдения, но выраженное числом интервалов между ними;

$f(x_i)$ – переменная величина (содержание металла в пробе);

$f(x_{i+r})$ – переменная величина в ряду, который начинается со значения x_{i+r} и заканчивается x_n;

M(x) – математическое ожидание (среднее значение) переменной величины от 0 до L.

В практике используется корреляционная функция нормированная по дисперсии, она записывается $\rho_{x(r)}$

$\rho_{x(r)} = K_{x(r)}/ D_x$

Все значения случайных процессов и явлений зависят друг от друга (взаимная коррелированность значений). Чем ближе между собой пробы, тем меньше различий между значениями геологических характеристик.

Автокорреляционная функция.

Автокорреляция – взаимная коррелированность значений стационарного случайного процесса в различных сечениях. Величина расчетная.

График автокорреляционной функции (***коррелограмма***) - это кривая, соединяющая значения коэффициентов автокорреляции при различных ЛАГах (h). ***ЛАГ*** – предельное расстояние между точками замера изучаемого ряда.

$\rho_{u(h)}$ – коэффициент автокорреляции.

$\rho_{u(h)} = K_{u(h)}/S_u^2$, где

$K_{u(h)}$ – корреляционный момент,

S_u^2 – дисперсия.

$$Ku(h) = (\sum_{i=1}^{n-h} (u_i - \bar{u}) \bullet (u_{i+h} - \bar{u}))/ (n-h)$$

n- количество замеров, h – ЛАГ

Геостатистическая модель.

Для количественного описания характера изменчивости стационарной случайной функции используется структурная функция – ***вариограмма***

$$\gamma_{u(h)} = \Delta^2_{h(m)} = 1/(2(n-h)) \bullet \sum_{i=1}^{n-h} (u_i - u_{i+h})^2$$

$\Delta^2_{h(m)}$ – квадрат первых разностей

График вариограммы (структурной функции)

Существуют теоретические модели вариограмм. Их три вида.

- Сферическая модель
- Степенная модель
- Модель де Вийса
- вариограмма с эффектом самородков. Характеризует крайне прерывистое оруденение, где наряду со средними значениями встречаются ураганные значения

Кригинг – метод нахождения наилучшей оценки среднего значения пространственной переменной (содержание элементов, мощность тела и т.д.). используют средние значения блоков как внутри, так и вне его.

Кригинг реализуется несколькими методами:

1 – линейный;

2 – логнормальный;

3 – индикаторный;

4 – факторный;

5 – универсальный.

Дискретный (точечный) кригинг – кригинг, реализуемый при интерполяции имеющихся разведочных данных в заданной точке тел полезных ископаемых.

Рекомендуемая литература

1. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии: Учебник. СПб. 2006. 223 с.

2. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии: Учебник для вузов. М.: Недра. 1990. 251 с.

3. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л.: Недра. 1980. 360 с.

4. Дж. С. Дэвис. Статистический анализ данных в геологии. М.: Недра.1990. Кн.1-319 с., Кн.2-427с.

5. Мягков В.Ф. Геохимический метод парагенетического анализа руд. М.: Недра.1984.126 с.

6. Панов Ю.К., Петруха Л.М. Методическая разработка к лабораторным занятиям по разделу «Статистические оценки параметров генеральной совокупности при решении геологоразведочных задач» курса «Математические методы в геологии» для студентов специальности «Геологическая съёмка, поиски и разведка». Выпуск 5,6. Издание СГИ. 1991. 29 с., 21 с.

7. Справочник по математическим методам в геологии/Родионов Д.А., Коган Р.И., Голубева В.А. и др. М.: Недра.1987.335 с.

8. Шестаков Ю.Г. Математические методы в геологии: Учеб. пособие. Красноярск. Изд-во Красноярск. ун-та. 1988. 208 с.

Вопросы для самопроверки

1. Какова роль математических методов в решении геологических задач?
2. Что такое выборка?
3. Какие требования предъявляются к выборочным данным?
4. Что такое вероятность случайного события?
5. Что такое закон распределения случайной величины?
6. Какие законы распределения обычно используются при моделировании геологических объектов и явлений?
7. Свойства нормального закона распределения.
8. Как определить вероятность попадания случайной величины в заданный интервал значений?
9. Что называется оценкой параметра распределения?
10. Что такое точечная оценка параметров распределения?
11. Как вычисляются оценки математического ожидания и дисперсии при логнормальном законе распределения?
12. Как вычисляется оценка асимметрии при биномиальном распределении?
13. Как вычисляются интервальные оценки среднего и дисперсии при нормальном законе распределения?
14. В чем заключается необходимость использования стиатистических гипотез при моделировании свойств геологических объектов?
15. Что такое ошибки 1-го и 2-го рода при принятии гипотез?
16. Что такое доверительная и критическая области критерия?
17. Как выбирается уровень значимости критерия?
18. Как можно проверить гипотезу о соответствии эмпирического распределения одному из теоретических законов?

19. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных средних, если распределение не соответствует нормальному закону?
20. Как проверить гипотезу о равенстве двух неизвестных дисперсий, если распределение не соответствует нормальному закону?
21. Как можно графически оценить однородность выборки?
22. В чем сущность дисперсионного анализа?
23. В чем отличие корреляционной связи от функциональной?
24. Какие показатели характеризуют форму и тесноту корреляционной связи?
25. Как определить тесноту связи, если закон распределения неизвестен?
26. Как проверить гипотезу о линейности корреляционной связи?
27. В чем отличие корреляционной и ковариационной матриц?
28. Методы исследования структуры корреляционных матриц.
29. Как разделить закономерную и случайную составляющие пространственной изменчивости?
30. Что такое тренд-анализ?
31. Как можно выявить наличие тренда в серии наблюдений?

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.05 ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

для обучающихся специальности:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
геологии, поисков и разведки МПИ
Протокол № 1 от 10.09.2020

Екатеринбург
2020

Учение о геологических формациях возникло как прямое следствие геологической науки и в настоящее время представляет один из крупных и обобщающих его разделов.

В общем виде формационный анализ можно рассматривать как новое научное направление в геологии, целью которого является установление естественных ассоциаций горных пород и руд и характера их взаимосвязей в истории развития, как земной коры, так и отдельных её сегментов. В этой связи знакомство будущих геологов с данными проблемами является необходимым и обязательным условием подготовки грамотного специалиста.

В настоящее время, подавляющее большинство геологических исследований прикладного и фундаментального характера проводятся на базе формационного анализа. Мы придаем этому направлению исключительно большое значение, как той единственной верной основе, на которой должны базироваться любые, в том числе и прогнозно-металлогенические исследования.

Учение о геологических формациях возникло как прямое следствие развития геологической науки, исследующей общие и частные закономерности развития земной коры и слагающие ее естественных сообществ горных пород, руд, минералов и пр. Основы были заложены трудами Ю.Ю. Левинсон-Лессинга (1911, 1955), В.А. Обручева (1926), М.А. Усова (1931, 1960), Ю.А. Билибина (1947), Н.П. Хераскова (1948, 1967), С.С. Смирнова (1947), Н.Н. Страхова (1960), Н.С. Шатского (1965), В.И. Попова (1966), Ю.А. Кузнецова (1964), Д.С. Харкевича (1969), В.А. Кузнецова (1967), Е.К. Устиева (1963) и др. В последние годы теоретические основы формационного анализа разрабатываются Р.М. Константиновым (1973), А.Ф. Белоусовым (1976), В.М. Цейслером (1977), Д.В. Рундквистом (1984), Д.Н. Горжевским (1986), В.А. Коротеевым (1982, 1986), В.А. Голубовским (1986), А.Д. Щегловым (1976, 1987), А.И. Кривцовым (1989), и др.

Формационный анализ в самом общем виде рассматривается как выявление, картирование и всестороннее изучение геологических формаций. Однако, всеобъемлющего определения этого понятия пока нет. Существующие определения Н.С.Шатского (1965), Н.П. Хераского (1967), Ю.А. Кузнецова (1964), В.В. Белоусова (1976), Д.С. Харкевич (1969), В.И. Попова (1956) и др. отражают парагенетический, либо генетический принципы, широко используемые на практике.

Формационный анализ традиционно предполагает следующие аспекты исследований: изучение состава пород, руд, установление стратиграфической и фациальной смены отложений и слагаемых ими тел, оценку геолого-тектонического положения ассоциаций с отображением их генетических связей, металлогенических, петрогенетических, палеотектонических и прочих свойств.

Каждая выделенная формация является, как бы индикатором условий ее происхождения и напрямую связана с эндогенными геологическими режимами, вещественным выражением которых она и является. Существенное нарушение этих условий (эндогенного режима) ведет к появлению новой формации, т.е. к проявлению других вещественных комплексов, другой металлогении и, конечном итоге, другой прогнозной оценке территории.

В формационном анализе удобен и полезен термин «ассоциация», как термин свободного пользования, обозначающий любую природную совокупность горных пород безотносительно к её генезису и независимо от характера границ.

Объем и границы каждой формационной единицы (формация, комплекс, фация, парагенерация) определяются в результате геологических, минералогических, петрохимических, радиологических и петрологических исследований.

Исходя из приведенных выше понятий , можно назвать следующие объективно устанавливаемые признаки, лежащие в основе их выделения: петрографический, фациальный, геоструктурный и историко-геологический. Таким образом, при выделении формации (комплексов) мы руководствуемся двумя основными принципами – вещественным и историко-геологическим.

Металлогеническая направленность формационных исследований обусловила определенный подход к выделению рудной формации, сочетающей основные положения вещественного и историко-геологического принципов, в соответствии с этим мы разделяем определение рудной формации, данное А.Д.Щегловым, под которым им «понимается естественное сообщество рудных образований (месторождений), объединяемых между собой сходными парагенетическими пара ассоциациями главнейших рудных минералов и тектономагматическими условиями проявления, а также близкими особенностями развития рудного процесса». Очень важным положением в определении формации является вопрос о единстве тектономагматических условий их формирования. Это, с одной стороны, позволяет рассматривать магматические осадочные, метасоматические и рудные формации в диалектическом единстве с выделением, как предлагает В.А. Нарсеев и др. (1988) **рудогенерирующих, рудоносных, рудообразующих и рудовмещающих формаций**, а с другой – дает возможность разделить и охарактеризовать сопряженное во времени и в пространстве коровое и мантийное оруденение. Наличие последнего дало возможность А.Д.Щеглову создать концепцию нелинейной металлогении. Рудная формация , как отмечает А.Д.Щеглов, понятие весьма удачное, в котором в настоящее время объединяются представления об эндогенных режимах (тектономагматические условия) образования рудных концентраций, их минеральном составе, а также вкладывается информация о промышленной значимости месторождений, что имеет важное практическое значение.

Рудная формация, как рудоносное геологическое тело определенного иерархического уровня, описывается множеством признаков, из которых в качестве классификационных используются атрибутивные и факторные. Первые характеризуют внутренние свойства и качества формации, ее вещественно морфологические особенности (элементный и минеральный состав руд, минеральные ассоциации, структурные особенности, форма тел и их пространственные соотношения и т.п.). Вторые отражают форму, характер связи и соотношение оруденения с различными геологическими телами и явлениями, которые выступают в качестве причины и предпосылки формирования и размещения полезного ископаемого.

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Введение. Состояние развития учения о геологических формациях

1.1. Учение о геологических формациях среди наук геологического цикла

1.2. исторические вехи в учении о геологических формациях

1.3. Современные научные направления при выделении геологических формаций

Раздел 2. Формационный анализ, его принципы, вещественный состав и строение формаций

2.1. Основные понятия и терминология, применяемые в учении о геологических формациях

2.2. Методы выделения и изучения геологических формаций

2.3. Вещественный состав и строение геологических формаций

Раздел 3. Систематика и характеристика формаций

3.1. Общие принципы и ведущие классификации формаций

3.2. Осадочные формации

3.3. Магматические формации

3.4. Метаморфические и метасоматические формации

3.5. Формации выветривания

3.6. Рудные формации, металлогеническая формация

Раздел 4. Геологические формации, тектоника и геодинамика

4.1. Осадочные формации современных геодинамических обстановок

4.2. Магматические формации современных геодинамических обстановок

4.3. Сравнительный анализ геологических формаций современных обстановок и их палеоаналогов

Раздел 5. Формация и оруденение

5.1. Рудоносность осадочных формаций

5.2. Рудоносность магматических формаций

5.3. Рудоносность метаморфических и метасоматических формаций

5.4. Рудоносность формаций коры выветривания

Раздел 6. Формационный анализ при геологическом картировании

6.1. Формационный анализ как способ получения геологической информации

6.2. Формационный анализ в стратиграфии, палеогеографии и тектонике

Практические занятия по дисциплине предполагают как выделение и изучение ведущих (петротипических) коллекций каменного материала кафедры, так и ознакомление студентов с формационными картами различных масштабов, схемами корреляции формаций, составлением легенд и макетов формационных карт по учебным планшетам, либо по графическим материалам, привезенным с практики.

Перечень практических занятий по курсу

1. Формациеобразующие горные породы (знакомство с коллекцией кафедры ГПР МПИ): (раздел 3 курса лекций)

1. Формациеобразующие осадочные порода
2. Формациеобразующие магматические породы
3. Формациеобразующие метаморфические породы
4. Породы формации коры выветривания
5. Формациеобразующие метасоматические породы и руды, сопряженные с ними

II. Геологические формации основных типов структурных элементов земной коры (раздел 4 курса лекций)

III. Геологические формации и оруденение (знакомство с коллекцией кафедры ГПР МПИ, раздел 5 курса лекций):

1. Рудоносные осадочные формации
2. Рудоносные магматические формации
3. Рудоносные метаморфические формации
4. Рудоносные метасоматические формации
5. рудоносность формации окры выветривания

IV. Методика составления формационных карт (раздел 2,4,6 курса лекций)

1. Знакомство с формационными картами
2. Составление макета формационной карты
3. Выделение осадочных и магматических формаций
4. Реконструкция геодинамических обстановок
5. Составление легенды к карте геологических формаций
6. Составление объяснительной записки к карте

При изучении дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на примерный перечень докладов (рефератов), которые будут озвучиваться при опросе студентов по мере изучения дисциплины.

Примерная тематика докладов (рефератов)

1. Исторические вехи в учении о геологических формациях
2. Методы выделения и изучения геологических формаций
3. Ведущие осадочные формации и их характеристика
4. Основные магматические формации и их характеристика
5. Основные метаморфические формации и их характеристика
6. Основные метасоматические формации и их характеристика
7. Формации кор выветривания и их характеристика
8. Рудные и металлогенические формации
9. Магматические и осадочные формации внутри плитных обстановок
10. Магматические и осадочные формации коллизионных обстановок
11. Магматические и осадочные формации островодужных обстановок
12. Магматические и осадочные формации рифтовых обстановок

Примерная тематика расчетно-графических работ

1. Составление легенды к формационным картам отдельных регионов РФ
2. Составление карты геологических формаций отдельных регионов РФ.

Объяснительную записку (объем 5-10 стр.) к формационной карте следует составлять по следующей схеме:

Введение. Приводятся возможные сведения о районе (административное положение, рельеф, климат, география, степень обнаженности).

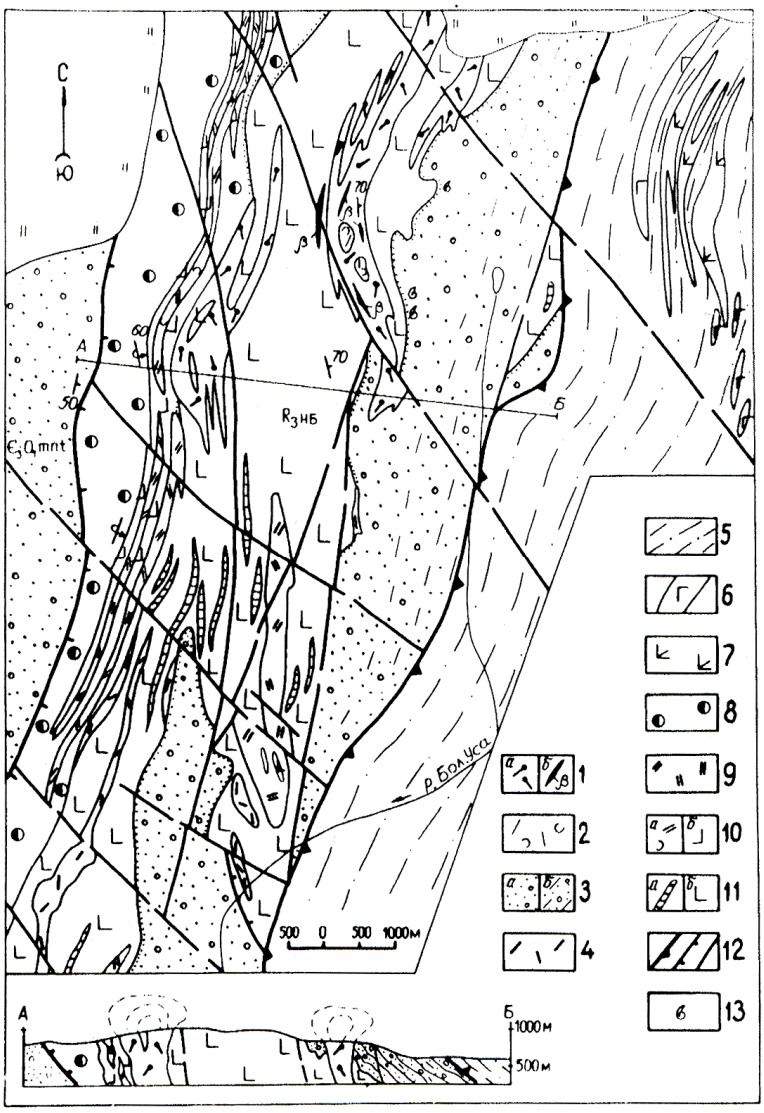
1. Принципы и методика составления карты. Тезисно по методическим указаниям с привлечением специальной литературы налагает методика работ.
2. Основные черты геологического строения района. В начале раздела кратко приводится перечень основных стратиграфических подразделений, начиная с наиболее древних толщ. Далее излагаются сведения о тектонике.
3. Характеристика выделенных геологических формаций. Описание приводится по этажам и ярусам.

Заключение. Кратко перечисляются важнейшие дискуссионные вопросы и предлагаются возможные пути их решения.

Список литературы. Приводится раздельно для изданных и фондовых материалов.

Контрольные вопросы по курсу «Формационный анализ» содержат два теоретических и одно практикоориентированное задание.

Макет формационной карты



Условные обозначения:

I - трахибазальт-трахириолитовая $Д_{1-3}$ формация: а) трахириолиты, б) диабазы; 2 - туфы риолитов; 3 - алеврито-песчаная формация, Манитанырдская $Є_3$-О серия: а) нижняя толща, б) верхняя толща; 4 - трахириолитовая $Є_3$-О формация (трахириолиты); 5 - песчано-глинисто-алевритовая формация, орангская $Є_3$-$О_2$ свита; 6 - габбро-диабазовая $Є_3$-О формация (диабазы); 7 - толеит-базальтовая формация (базальты); 8 - галечно-алеврито-песчаная формация, хойдышорская V-Є свита; 9-10 -базальт-риолитовая V-Є формация: 9 - субвулканическая фация, риолиты; 10 - эффузивно-пирокластическая фация: а) риодациты, риолиты; б) базальты; II - формации натриевых базальтов-риолитов: а) тела риолитов, б) базальты; 12 - тектонические нарушения: а) надвиг, граница лемвинских и елецких формаций, б) взбросо-надвиги, в) сбросы; 13 -ископаемая фауна ордовика.

Контрольные вопросы проверки знаний при подготовке к экзамену по курсу «Формационный анализ»

1. Цели и задачи формационных исследований.
2. Ведущие типы осадочных формаций.
3. Специфика магматизма, осадконакопления и метаморфизма древнейших структур Земли.
4. Основные направления в учении о геологических формациях.
5. Основные типы магматических формаций.
6. Геологические формации внутриплитных обстановок.
7. Место формационного анализа в науках о Земле.
8. Основные типы метаморфических формаций.
9. Геологические формации задуговых и преддуговых обстановок.
10. Основные принципы формационного анализа.
11. Геологические формации океанских рифтов.
12. Рудоносность ведущих групп и семейств осадочных формаций.
13. Критерии выделения метаморфических фаций.
14. Рудоносность вулканогенных формаций.
15. Магматические формации обстановок типа «горячих точек».
16. Определение границ и объемов геологических формаций.
17. Рудная формация (определение, примеры).
18. Магматическая формация островодужных (юных) обстановок.
19. Специфика выделения метаморфических формаций.
20. Рудоносность ведущих групп и семейств магматических формаций.
21. Геологические формации активных континентальных окраин.
22. Осадочная формация (определение, примеры).
23. Рудоносность метасоматических формаций.
24. Геологические формации пассивных континентальных окраин.
25. Вулканическая формация (определение, примеры).
26. Связь рудообразующих процессов и систем с геологическими формациями.
27. Геологические формации глубоководных желобов.
28. Интрузивная (плутоническая) формация (определение, примеры).
29. Прокомментируйте смысл сравнительного анализа геологических формаций современных обстановок и их палеоаналогов.

30. Критерии выделения фаций осадочных пород.
31. Геологические формации океанического ложа.
32. Критерии выделения магматических , в том числе вулканогенных фаций.
33. Рудоносность метаморфических формаций.
34. Геологические формации коллизионных обстановок.
35. Соотношение формаций , фаций, ассоциаций.
36. Осадочные и магматические формации континентальных рифтов.
37. Вулканогенная фация (определение, примеры).
38. Охарактеризуйте связь метасоматических формаций с различными геодинамическими обстановками.
39. Осадочная фация (определение, примеры) и её связь с формацией.
40. Рудоносность магматических формаций.
41. Связь геологических формаций с геодинамическими обстановками (на одном из примеров).
42. Охарактеризуйте основные этапы изучения геологических формаций.
43. Магматическая фация (принципы выделения, примеры).
44. Магматические формации энсиалических островных дуг.
45. Охарактеризуйте соотношения фаций, формаций, ассоциаций.
46. Осадочные, метаморфические и магматические формации коллизионных обстановок.
47. Перечислите и прокомментируйте основные задачи формационного анализа.
48. Перечислите основные особенности осадконакопления и магматизма внутриконтинентальных обстановок.
49. Магматические и осадочные формации преддуговых обстановок.
50. Основные подходы к выделению формаций.
51. Рудоносность ультрамафической и мафической групп магматических формаций.
52. Осадочные формации континентального склона и подножия.
53. Перечислите ведущих ученых, внесших заметный вклад в разработку формационного анализа.
54. Основные критерии выделения осадочных формаций.
55. Перечислите и охарактеризуйте основные особенности магматизма активных континентальных окраин андийского типа.
56. Перечислите и охарактеризуйте традиционные аспекты исследований геологических формаций.
57. Охарактеризуйте рифовую формацию.
58. Перечислите и охарактеризуйте основные особенности магматизма активных континентальных окраин азиатского типа.
59. Охарактеризуйте кремнисто-железистую формацию.
60. Какова специфика рудоносности магматических формаций (плутонических, вулканических).
61. История возникновения и развития термина «Формация».
62. Охарактеризуйте флишевую группу формаций.
63. Рудоносность ультраметаморфических формаций.
64. Охарактеризуйте молассовую группу формаций.
65. Офиолитовая ассоциация (содержание, геодинамическая обстановка, рудоносность).

66. Формация коры выветривания
67. Вещественный состав и строение геологических формаций
68. Метасоматическая формация (определение, примеры)
69. Охарактеризуйте метасоматические формации и их связь с оруденением.
70. Рудоносность формации коры выветривания
71. Основные методы изучения и выделения формаций
72. Металлогенические формации (определения, примеры)
73. Формационный анализ как способ получения геологической информации

Практикоориентированные задания

Раздел 1.

Покажите на карте центры развития формационных исследований в России

Раздел 2.

- Покажите на геологическом разрезе реализацию парагенетического подхода к выделению формаций;

- Покажите на геологическом разрезе реализацию генетического подхода к выделению формаций;

Раздел 3.

- Определите по образцу принадлежность породы к осадочной формации;

- Определите по образцу принадлежность породы к магматической формации;

- Определите по образцу принадлежность пород к метасоматической, метаморфической и формации коры выветривания

Раздел 4.

Покажите на карте районы развития геодинамических обстановок дивергентного и конвергентного типов

Раздел 5.

Определите по образцу принадлежность его к рудной формации

Раздел 6.

Определите на карте формационную принадлежность (дать название породных ассоциаций)

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

а) основная литература:

1.Цейслер В.М. Основы учения о геологических формациях. Учебное пособие. М. Изд-во Геокарт ГЕОС 2012.

2. Душин В.А. Формационный анализ. Учебно-методическое пособие. Екатеринбург. Изд-во УГГУ. 2013 -116с.

б) дополнительная литература:

3. / Геодинамические реконструкции / И.И. Абрамович и др.-Л.: Недра, 1989.

Голубовский В.А. Формационный анализ сложных регионов. М.: Наука, 1983.

4. Душин В.А. Основы формационного анализа. Учебное пособие. Изд-во УГГУ. 1995.

5 Драгунов В.Н. Аннемер А.И. , Васильев В.И. Основы анализа осадочных формаций.-Л.: Недра, 1974.-160с.

6. Ефремова С.В., Стафеев К.Г. Петрографические методы исследования горных пород.-М.: Недра, 1985.

7. Камеральная обработка материалов геологосъемочных работ масштаба 1:200000.Методические рекомендации. Выпуск 2.С.Петербург.1999 – 384с.

8. Магматические горные породы.Т.6 – Наука, 1987.

9. Марин Ю.Б. Магматические формации и их рудоносность. Уч. пособие. Ленинград. горный ин-т. Л., 1989.

10. Попов В.Н. , Запрометов В.Ю. Генетическое учение о геологических формациях. М.: Недра, 1985.

11. Геологические формации. Терминологический справочник. Т. 1,2.М.: Недра, 1983

12. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций. Т.Т. осадочные формации. Магматическаие формации. Метаморфические .Гл.ред. Д.В.Рундквист.Л.: Недра.1982-1986

13. Цейслер В.М. Формационный анализ .Учебник М.: Изд-во РУДИ, 2002.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

14. Все о геологии geo. Web.ru

15. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» window.edu.ru

16. Геоинформмарк geoinform.ru

17. Earth-Pages. earth-pages.com

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.

2. Посещение и конспектирование лекций.

3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.

4. Изучение основной и дополнительной литературы.

5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в первую очередь изучение коллекций каменного материала по месторождениям полезных ископаемых различных геолого-промышленных типов.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В. А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.07 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

для обучающихся по специальности:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Бурмако П.Л., доцент, к.г.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры

Геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры

Протокол № 1от 10.09.2020
Дата

Екатеринбург
2020

Под промышленными типами понимаются такие естественные геолого-минералогические типы месторождений, при эксплуатации которых в сумме во всем мире извлекается несколько процентов данного вида полезного ископаемого.

Кроме этого, промышленными называются месторождения с балансовыми запасами, которые экономически целесообразно разрабатывать при современном состоянии техники отработки и технологии переработки руд. Промышленный тип месторождения определяется прежде всего геологическими условиями залегания и морфологией рудных тел, минеральным и вещественным составом руд, от которых зависят методы отработки месторождения и технология получения металлов.

По своему содержанию дисциплина «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» – это ветвь науки о геологии месторождений, главной задачей которой является изучение определенных геолого-промышленных типов месторождений в земной коре. Познание закономерностей размещения месторождений, строения слагающих их рудных тел, изучение масштабов объектов, их характерных особенностей, все это необходимо для организации и проведении геологоразведочных работ различного назначения и в совокупности составляет основные цели изучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых».

Целью освоения учебной дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» является ознакомление студентов с главными и второстепенными типами месторождений полезных ископаемых по каждому виду минерального сырья. Приобретение студентами навыков на основе описания месторождения, по геологической карте или разрезу, и по предоставленной коллекции образцов отнесение месторождения к определенному геолого-промышленному типу.

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- приобретение студентами знаний по минеральным типам руд, их структурно-текстурным особенностям, требованиям промышленности к рудам различных промышленных типов месторождений, их качеству и величине запасов.

- получение представлений по комплексному использованию руд для разработки рациональной системы их обогащения.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся

Суммарный объем часов на СРО *очной формы обучения* составляет 118 часов.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям					82
1	Повторение материала лекций	1 тема	0,1-4,0	2,0 х 13= 26	26
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	3,0 х 13 = 39	39
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,3-0,5	0,4 х 13 = 4,2	4
4	Подготовка к практическим занятиям	1 занятие	0,3-2,0	0,35 х 37= 13	13
Другие виды самостоятельной работы					
5	Подготовка к экзамену	1 экзамен		27+9	27+9
	Итого:				118

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Общие сведения о дисциплине промышленные типы месторождений полезных ископаемых

Основные понятия, задачи и содержание дисциплины. Группировка промышленных месторождений по запасам. Понятие качества руд. Требования

промышленности к качеству полезного ископаемого (кондиции). Разделение руд по качеству. Промышленная классификация.

Раздел 2. Промышленные типы месторождений черных металлов

Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд. Главные промышленные минералы железных руд. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений главных и второстепенных промышленных типов.

Промышленные типы месторождений марганца. Области применения марганцевых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам марганцевых руд. Главные промышленные минералы руд марганца. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений.

Промышленные типы месторождений хрома. Области применения хромитовых руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам хромитовых руд. Главные промышленные минералы руд хрома. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 3. Промышленные типы месторождений легирующих металлов

Промышленные типы месторождений титана и ванадия; области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд титана и ванадия. Главные промышленные минералы руд титана и ванадия. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд никеля. Главные промышленные минералы руд никеля. Ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд кобальта. Главные промышленные минералы руд кобальта. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам вольфрама. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений молибдена. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам молибдена. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 4. Промышленные типы месторождений цветных металлов

Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд алюминия. Минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).

Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд меди. Главные промышленные минералы руд меди. Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд свинца и цинка. Главные промышленные минералы руд свинца и цинка.

Ценные и вредные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к различным типам руд сурьмы и ртути. Главные промышленные минералы руд сурьмы и ртути. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 5. Промышленные типы месторождений благородных металлов

Главные промышленные типы месторождений золота. Области использования золота и изделий из него. Кондиции, предъявляемые промышленностью к золоторудным месторождениям. Главные промышленные минералы руд золота. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

Раздел 6. Промышленные типы месторождений редких и радиоактивных металлов

Промышленные типы месторождений лития. Области использования лития и его соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам лития. Главные промышленные минералы руд лития. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам бериллия.

Главные промышленные минералы руд бериллия. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Коэффициент радиоактивного равновесия.

Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области использования этих металлов. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам ниобия и тантала.

Главные промышленные минералы руд. Подразделение месторождений по содержанию главных полезных элементов. Связь месторождений тантала и ниобия с различными породными комплексами. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений циркония. Области использования этого металла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам циркония. Главные промышленные минералы руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 7. Промышленные типы месторождений химического и агрохимического сырья

Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения солей и их соединений. Минеральный состав главных промышленных руд. Масштабы месторождений различных типов. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования апатитов и фосфоритов. Кондиции для месторождений апатитового и фосфоритового сырья. Главные минеральные разновидности руд фосфоритов и апатитов. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.

Промышленные типы месторождений серы. Области использования серы и ее соединений. Кондиции, предъявляемые промышленностью к серным рудам. Форма рудных тел месторождений различных генетических типов. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений бора. Области использования руд бора. Кондиции, предъявляемые промышленностью к борным рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 8. Промышленные типы месторождений индустриального сырья

Промышленные типы месторождений слюд. Области использования слюды. Минеральный состав главных промышленных руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к слюдяным рудам. Масштабы месторождений слюд. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов. Промышленные типы месторождений талька и пирофиллита. Области их использования. Генетические типы месторождений. Формы и размеры промышленных тел в главных месторождениях. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

Промышленные типы месторождений графита. Области использования графита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам графита. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Области использования магнезита и брусита в промышленности. Кондиции, предъявляемые промышленностью к рудам магнезита и брусита. Примеры месторождений. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Области применения изделий из хризотил-асбеста. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения амфибол-асбеста. Основные минеральные разновидности руд. Условия образования месторождений различных промышленных типов и их масштабы. Примеры месторождений ведущих геолого-промышленных типов.

Промышленные типы месторождений цеолитов. Области использования цеолитового сырья. Условия образования и генетическая природа цеолитовых месторождений. Основные разновидности цеолитов. Промышленные типы месторождений барита и витерита. Области использования этих минералов и их руд. Кондиции, предъявляемые промышленностью к баритовым и витеритовым рудам. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 9. Промышленные типы месторождений оптического сырья.

Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы главных промышленных типов месторождений. Примеры наиболее известных месторождений главных геолого-промышленных типов. Промышленные типы месторождений флюорита. Области использования флюоритового сырья. Кондиции, предъявляемые добывающей промышленностью к качеству флюоритовых руд. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

Раздел 10. Промышленные типы месторождений алмазов и камнесамоцветного сырья.

Промышленные типы месторождений алмазов с примерами для каждого из них. Области использования алмазов. Основные разновидности алмазов, в том числе по месту их использования. Кондиции для месторождений коренных руд и для россыпей. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Главные минералы, относящиеся к каждой из перечисленных групп. Месторождения, представленные ювелирными, ювелирно-поделочными и поделочными камнями. Условия

образования этих месторождений и вмещающих их пород. Примеры месторождений основных геолого-промышленных типов.

Раздел 11. Промышленные типы месторождений цементного сырья.

Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию. Промышленные типы месторождений цементного сырья. Процесс производства портланд-цемента.

Раздел 12. Промышленные типы месторождений керамического сырья (каолина, глин, пегматитов, гранитов).

Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования разнообразных керамических изделий. Кондиции, предъявляемые промышленностью к керамическому сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

Раздел 13. Промышленные типы месторождений стекольного сырья

Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования стекла. Кондиции, предъявляемые промышленностью к стекольному сырью. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из геолого-промышленных типов.

План лабораторных занятий по дисциплине «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»

1. Знакомство с литературой по описанию конкретных месторождений полезных ископаемых;
2. Описание каждого месторождения в табличной форме;
3. Зарисовка плана или разреза месторождения;
4. Изучения коллекции образцов по каждому месторождению;
5. Коллоквиум по каменному материалу.

На лабораторные занятия преподавателем объявляется список месторождений подлежащих изучению студентами. Этот список, как правило, не превышает четырех-пяти объектов за занятие по одному или двум близким видам минерального сырья. Студентам дается время 40-50 минут от занятия, для изучения литературы и описания месторождений.

Описание месторождений производится в отдельной тетради, которая озаглавливается – «Каталог месторождений». На титульном листе каталога должна быть написана фамилия студента, группа, изучаемая дисциплина. Пример оформления титульного листа дается в приложении № 1.

Характеристика месторождения полезных ископаемых производится на развернутом листе тетради в табличной форме. На одном листе следует помещать не более двух месторождений. В таблице описания месторождений левый лист делится пополам и на правой его половине помещается разрез месторождения. Всего на странице помещаются следующие столбцы по порядку:

1. Номер по порядку;
2. Название месторождения;
3. Генетический класс месторождения;
4. Извлекаемые полезные ископаемые;
5. Масштаб месторождения;
6. Разрез месторождения с условными обозначениями.

Правый лист делится на три равных столбца:

1. Формы рудных тел;
2. Минеральный состав руд и вмещающие породы;
3. Структуры и текстуры руд.

Пример заполнения таблицы приводится на рисунке 1.

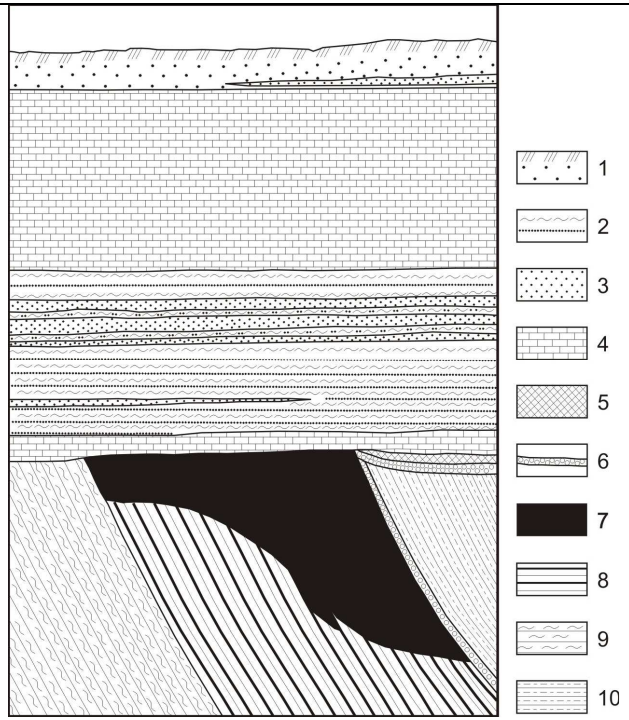
№пп	Название месторождения	Генетический класс	Извлекаемые ПИ	Масштаб месторождения	Разрез (план) месторождения	Форма рудных тел	Минеральный состав руд и вмещающих пород	Структуры и текстуры руд
1	КМА (Яковлевское)	Метаморфизованный	Fe	12 000 млн. т.	 1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.	Пластовая, смятая в складки, пластообразная, плащеобразная	Магнетит, гематит, мартит. Железистые кварциты	Структуры: Мелко- и скрытозернистые, Текстуры: массивные, полосчатые, плойчатые, слоистые.

Рис.1. Пример заполнения каталога месторождений

Зарисовка плана или разреза месторождения обязательно делается от руки, что позволяет, с одной стороны, научить студента делать геологические зарисовки с условными обозначениями и другими атрибутами геологической документации. С другой стороны рисунок от руки позволяет лучше запоминать особенности геологического строения каждого из месторождений, что понадобится студентам для правильного ответа на один из вопросов экзаменационного билета.

Вторая часть лабораторного занятия продолжительностью 40-50 минут отводится для изучения каменного материала по отдельным месторождениям полезных ископаемых. Каждая коллекция состоит из 15-20 образцов характеризующих минеральный состав основных полезных ископаемых месторождения, минералы-спутники полезного ископаемого, наиболее характерные их структуры и текстуры, а также вмещающие породы, содержащие полезные минералы.

Список месторождений необходимых для изучения на лабораторных занятиях по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых»:

Железо

Яковлевское месторождение (КМА);
Керченская группа месторождений (Крым);
Соколовское месторождение (Южный Урал);
Качканарское месторождение (Средний Урал);
Кусинское месторождение (Средний Урал);
Западно-Каражальское (Казахстан);
Ковдорское месторождение (Кольский п-ов);

Марганец

Никопольское месторождение (Украина);

Хром

Кемпирсайская группа месторождений;
Центральное месторождение (Полярный Урал, массив Рай-Из);
Сарановское месторождение (Северный Урал);

Титан

Иршинская ильменитовая россыпь (Украина);

Никель

Талнахское месторождение (Сибирь);
Бурыктальское месторождение (Южный Урал);
Ховуаксинское месторождение (Тува);
Черемшанское месторождение (Средний Урал);

Молибден и вольфрам

Коунрадское месторождение (Казахстан);
Каджаранское месторождение (Армения);
Тырныаузское месторождение (Северный Кавказ);
Месторождение Восток-II (Дальний Восток);
Джидинское месторождение (Забайкалье);

Алюминий

Месторождение Красная шапочка СУБР (Северный Урал);
Тихвинское месторождение (Ленинградская обл.);

Медь

Гайское месторождение (Южный Урал);
Сафьяновское месторождение (Средний Урал);
Дегтярское месторождение (Средний Урал);
Джезказганское месторождение (Центральный Казахстан);
Удоканское месторождение (Забайкалье);

Свинец и цинк

Риддер-Сокольное месторождение (Рудный Алтай);
Садонское месторождение (Осетия);
Тетюхенское (Дальнегорское, Верхнее) месторождение (Дальний Восток);
Миргалимсайское месторождение (Южный Казахстан);

Олово

Депутатаское месторождение (Якутия);

Сурьма

Сарылахское месторождение (Якутия);
Кадамджайское месторождение (Рудный Алтай);

Ртуть

Хайдарканское месторождение (Киргизия);
Никитовское месторождение (Украина);

Золото

Месторождение Мурун-Тау (Узбекистан);
Кочкарское месторождение (Южный Урал, Челябинская обл.);
Березовское месторождение (Средний Урал);
Воронцовское месторождение (Средний Урал);
Балейское месторождение (Забайкалье);
Месторождение Сухой Лог (Иркутская область);

Уран

Далматовское месторождение (Курганская область)

Алмазы

Трубка «Мир»
Трубка «Аргайл»

Графит

Курейское (Ногинское)
Завальевское

Слюды

Мамско-Чуйская провинция
Слюдяногорское
Ковдорское

Асбест

Баженовское
Сысертское

Тальк
Шабровское
Киргитейское

Магнезит
Саткинское

Кварц
Кыштымское

Соли
Верхнекамское

Апатиты и фосфориты
Каратау
Егорьевское
Хибиногорское
Просяновское-глины
Дальнегорское-бор
Гаудакское-сера
Вознесенское-флюорит

На заключительном этапе обучения дисциплины «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых» на последнем в семестре лабораторном занятии проводится коллоквиум по каменному материалу. Студенту выдается пять образцов разных полезных ископаемых, которые необходимо охарактеризовать по следующему плану:

1. Структура полезного ископаемого;
2. Текстура руды;
3. Минеральный состав руды;
4. Извлекаемое полезное ископаемое;
5. Возможный генетический класс месторождения;

Также по возможности необходимо по выданной преподавателем коллекции образцов полезных ископаемых определить возможный геолого-промышленный тип месторождения полезных ископаемых, возможные типы руд, их минеральный состав, назвать промышленные кондиции и возможные масштабы месторождений.

Критерии оценивания: правильное определение структуры руды – 1 балл, правильное определение текстуры руды – 1 балл, правильное и подробное определение минерального состава руды – 1 балл, выявление полезного ископаемого – 1 балл, геолого-промышленный тип МПИ – 1 балл.

Кроме этого на коллоквиуме студентам выдаются разрезы или планы неизвестных им месторождений и по строению геологического разреза месторождения рудных или нерудных полезных ископаемых необходимо провести обоснование возможного геолого-промышленного типа месторождения – 2 баллов, представление графического материала – 1 балл, выводы по первоочередным промышленным типам минерального сырья – 2 балла.

Критерии оценки:

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена самостоятельно и без существенных замечаний (9-10 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям, выполнена практически самостоятельно, а имеющиеся ошибки и неточности были сразу исправлены после указания на них преподавателем (7-8 баллов)

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не совсем соответствует критериям, выполнена с большими ошибками и неточностями, а при исправлении имеющихся ошибок и неточностей, указанных преподавателем возникли трудности (5-6 баллов)

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если работа не соответствует критериям, выполнена с существенными ошибками и неточностями, а ошибки и неточности, указанные преподавателем не были исправлены (0-4 балла)

Для изучения дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже.

Ниже приводятся контрольные вопросы по курсу «Промышленные типы месторождений полезных ископаемых», в экзаменационном билете содержится один теоретический вопрос по металлическим полезным ископаемым и одно практико-ориентированное задание в одном семестре (Часть 1), во втором семестре теоретический вопрос и практико-ориентированное задание посвящено неметаллическим полезным ископаемым

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 1

1. Главные и второстепенные промышленные типы месторождений железа. Кондиции, минералы, ценные и вредные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
2. Промышленные типы месторождений марганца. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений хрома. Области применения таких руд. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
4. Промышленные типы месторождений титана и ванадия. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
5. Промышленные типы месторождений никеля. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений кобальта. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов.
7. Главные промышленные типы месторождений алюминия. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры для каждого из промышленных типов. Второстепенные промышленные типы и потенциальные источники получения алюминия (не из бокситов).
8. Главные промышленные типы месторождений меди. Области применения этого металла. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
9. Главные промышленные типы месторождений свинца и цинка. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы, ценные примеси. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

10. Главные промышленные типы месторождений сурьмы и ртути. Области применения этих металлов. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
11. Главные промышленные типы месторождений золота. Области его использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
12. Промышленные типы месторождений лития. Области его использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
13. Промышленные типы месторождений бериллия. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
14. Промышленные типы экзогенных и метаморфогенных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры. Что такое коэффициент радиоактивного равновесия?
15. Промышленные типы гидротермальных месторождений урана. Перечислите их и дайте характеристику их промышленной ценности. Минералы урановых руд в этих типах месторождений. Примеры.
16. Промышленные типы месторождений ниобия и тантала. Области их использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
17. Промышленные типы месторождений вольфрама. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений молибдена. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений циркония. Области его использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Главные промышленные типы месторождений платины и платиноидов. Области ее использования Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из выделяемых промышленных типов.

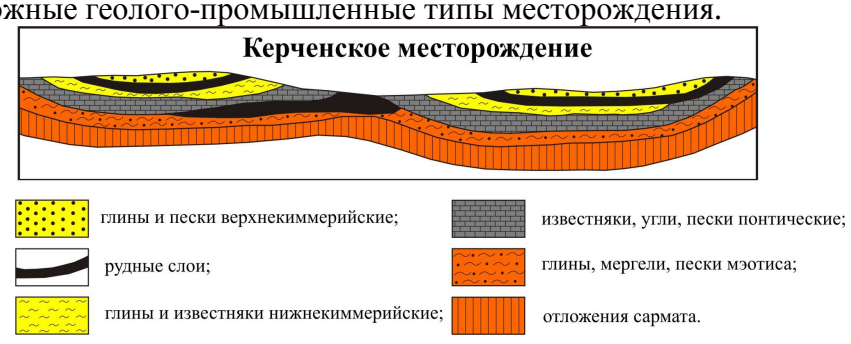
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 2

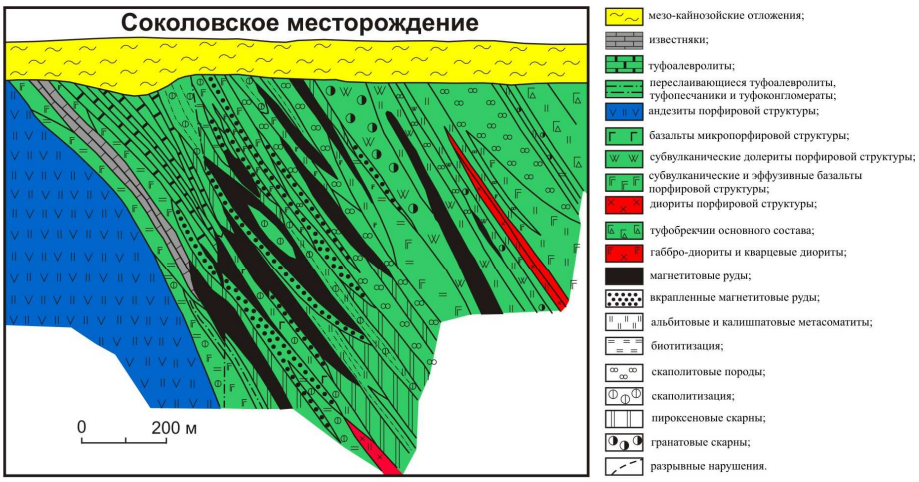
1. Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию
2. Промышленные типы месторождений слюд. Области использования. Минеральный состав, кондиции, масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений алмазов. Где они используются. Перечислите их разновидности. Кондиции для коренных руд и для россыпей. Назовите главные промышленные типы месторождений с примерами для каждого из них.
4. Промышленные типы месторождений талька и пирофиллита. Области их использования. Генетические типы. Форма и размеры промышленных тел. Примеры.
5. Промышленные типы месторождений графита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
6. Промышленные типы месторождений минеральных солей. Области применения. Минералы, масштабы месторождений различных типов.

7. Промышленные типы месторождений фосфатного сырья. Области использования. Кондиции, минералы. Форма рудных тел. Примеры для каждого промышленного типа.
8. Промышленные типы месторождений магнезита и брусита. Применение. Кондиции. Примеры.
9. Промышленные типы месторождений хризотил-асбеста. Применение. Основные типы руд и содержание в них асбестового волокна. Условия образования. Примеры.
10. Промышленные типы месторождений амфибол-асбеста. Области применения. Основные минеральные разновидности. Условия образования. Примеры.
11. Разновидности месторождений ювелирных, ювелирно-поделочных и поделочных камней. Какие из минералов относятся к каждой из перечисленных групп и какими месторождениями они представлены. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
12. Основные промышленные типы месторождений кварца. Условия их образования и вмещающие породы. Примеры.
13. Промышленная классификация неметаллических полезных ископаемых. Деление различных видов сырья на основные группы по свойствам и главным направлениям применения в промышленности. Основные требования, предъявляемые к качеству неметаллического сырья.
14. Промышленные типы месторождений флюорита. Области его использования. Кондиции. Форма рудных тел. Масштабы месторождений. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
15. Промышленные типы месторождений цеолитов. Области их использования, условия образования и генетическая природа. Охарактеризуйте основные их разновидности.
16. Промышленные типы месторождений цементного сырья. На базе каких пород производится цемент. Рассмотрите процесс производства портланд-цемента.
17. Промышленные типы месторождений серы. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
18. Промышленные типы месторождений бора. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
19. Промышленные типы месторождений барита и витерита. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
20. Промышленные типы месторождений керамического сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.
21. Промышленные типы месторождений стекольного сырья. Области использования. Кондиции. Форма рудных тел. Примеры месторождений для каждого из промышленных типов.

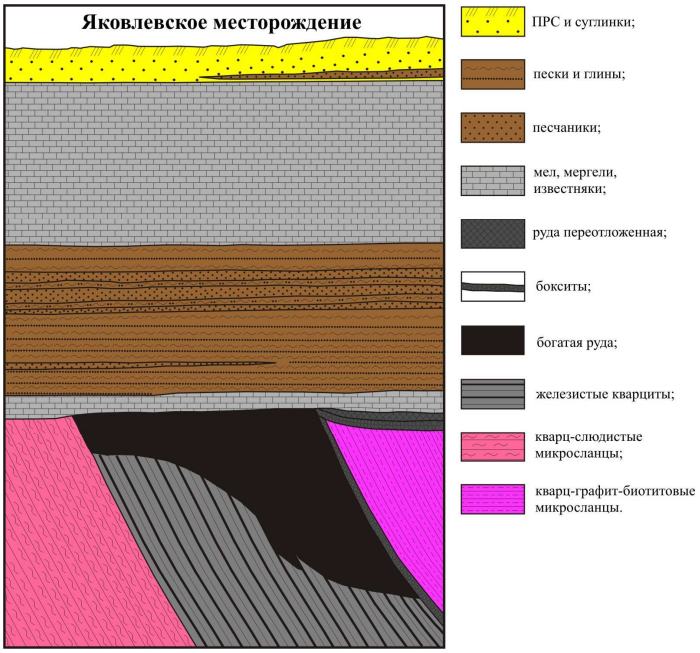
ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

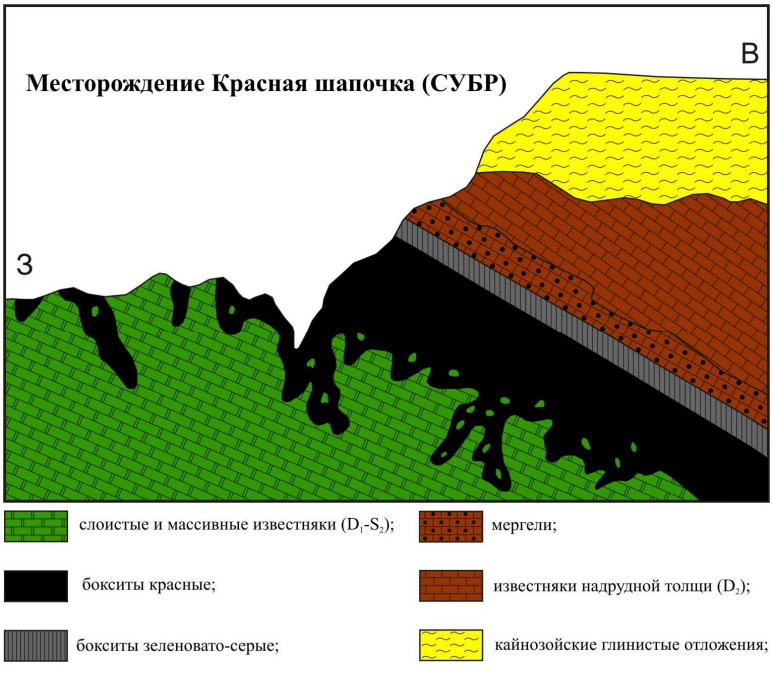
По строению геологического разреза месторождения полезных ископаемых определить возможные геолого-промышленные типы месторождения.

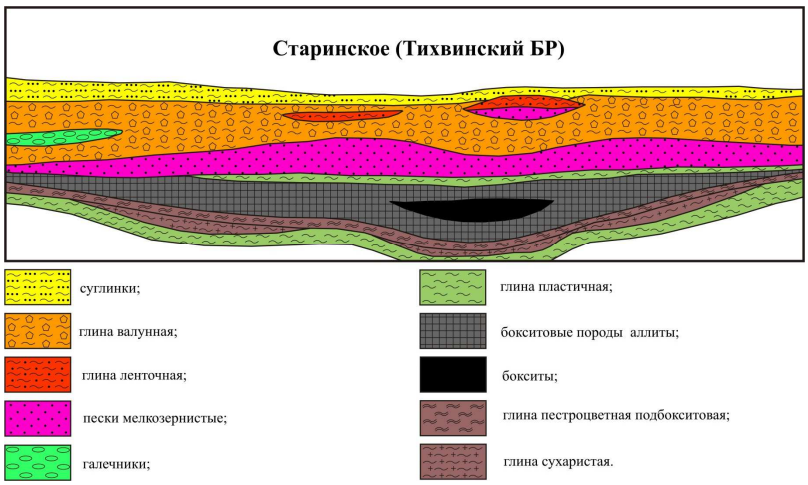



Соколовское месторождение
0
200 м
мезо-кайнозойские отложения;
известняки;
туфоалевролиты;
переслаивающиеся туфоалевролиты, туфопесчаники и туфоконгломераты;
андезиты порфировой структуры;
базальты микропорфировой структуры;
субвулканические долериты порфировой структуры;
субвулканические и эффузивные базальты порфировой структуры;
диориты порфировой структуры;
туфобрекчии основного состава;
габбро-диориты и кварцевые диориты;
магнетитовые руды;
вкрапленные магнетитовые руды;
альбитовые и калишпатовые метасоматиты;
биотитизация;
скаполитовые породы;
скаполитизация;
пироксеновые скарны;
гранатовые скарны;
разрывные нарушения.

1 2 3 4 5 6


Яковлевское месторождение
ПРС и суглинки;
пески и глины;
песчаники;
мел, мергели, известняки;
руда переотложенная;
бокситы;
богатая руда;
железистые кварциты;
кварц-слюдистые микросланцы;
кварц-графит-биотитовые микросланцы.


Месторождение Красная шапочка (СУБР)
В
З
слоистые и массивные известняки (D_1-S_2);
мергели;
бокситы красные;
известняки надрудной толщи (D_2);
бокситы зеленовато-серые;
кайнозойские глинистые отложения;



МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Основная литература

1. Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В. Авдонин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Трикса, 2016. — 719 c. — 978-5-8291-2504-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/60030.html

2. Еремин Н.И. Неметаллические полезные ископаемые. Учебное пособие. 2-е изд. М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007.-459 с.

3. Промышленные типы месторождений металлических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Бурмако П.Л., Алексеев А.В .- Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2007. 208 с

4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. Учебное пособие / Малахов И.А., Алексеев А.В., Бурмако П.Л. - Екатеринбург, Изд.УГГГУ, 2010. 208 с.

2 Дополнительная литература

1. Курс рудных месторождений: учебник для вузов / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Григорьев В.М., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1986.-360 с.

2. Курс рудных месторождений: учебник / Смирнов В.И., Гинзбург А.И., Яковлев Г.Ф. М.: Недра, 1981.-348 с

3. Яковлев П.Д. Промышленные типы рудных месторождений. Учебное пособие для вузов –М.: Недра, 1986. –358с

4. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых: Учебник для вузов /Карякин А.Е., Строна П.А.,Шаронов Б.Н. и др. М.: Недра, 1985.- 286с.

5. Геолого-промышленные типы месторождений урана: Учебное пособие / В.Е. Бойцов, А.А. Верчеба, 2008. -310 с.

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к лабораторным занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в т. ч. изучение каменного материала по ведущим месторождениям.

Приложение № 1

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

КАТАЛОГ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

по дисциплине **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Студент: Иванов И.И.

Группа: РМ-18

Екатеринбург, 2019

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.08 ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КАРТОГРАФИИ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

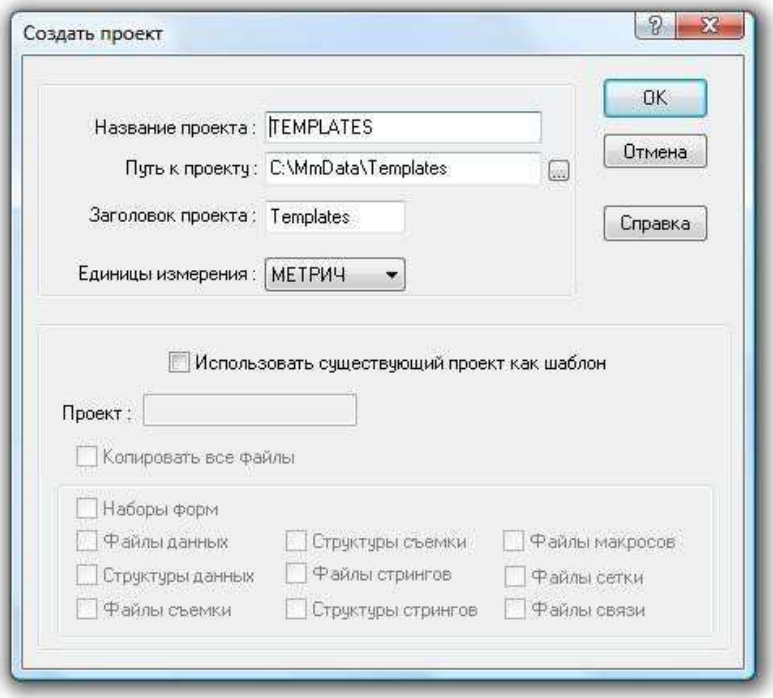
Екатеринбург
2020

Содержание

1. Создание нового проекта в ГГИС Micromine 3
2. Импорт данных в проект в ГГИС Micromine 3
3. Создание базы данных в ГГИС Micromine 4
4. Проверка базы данных на наличие ошибок в ГГИС Micromine 5
5. Визуализация геологоразведочных данных в ГГИС Micromine 6
6. Статистика, построение гистограмм 9
7. Создание разрезов в ГГИС Micromine 10
8. Каркасное моделирование 13
9. Создание топоповерхности в ГГИС Micromine 15
10. Блочное моделирование 16
11. Рекомендуемая литература 33
12. Вопросы для самопроверки 33

1. Создание нового проекта в ГГИС Micromine

Обычно данные по изучаемой области хранятся в проекте MICROMINE. Эта информация включает отобранные с поверхности пробы, данные бурения, границы участка, результаты воздушной разведки, фотографии и прочее. Кроме вышеперечисленных данных, в проекте также хранятся макросы и наборы форм.
Для создания нового проекта необходимо выполнить:
«Файл – проект – создать»
Ввести название проекта и указать путь к проекту



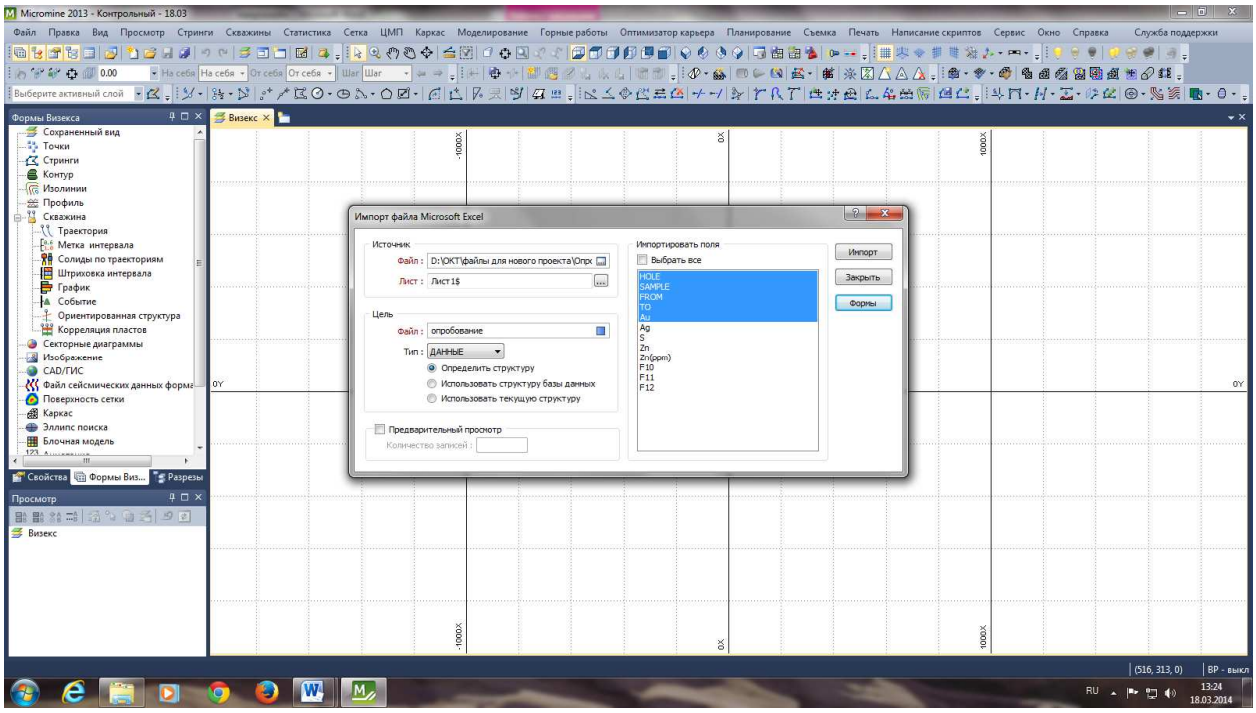
2. Импорт данных в проект в ГГИС Micromine

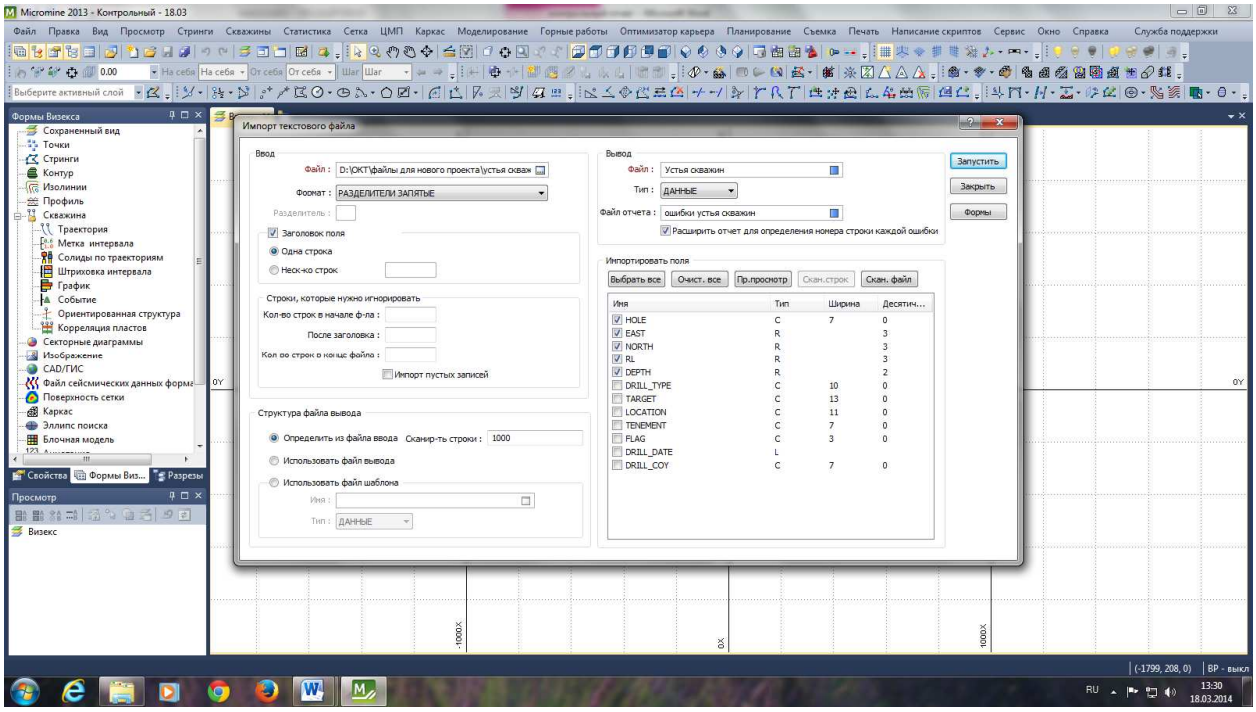
Для работы с проектом необходим минимальный набор данных, состоящий из файлов «опробования», «координат устьев скважин», «инклинометрии» и «литологии». На основе импортированных данных создается база данных.
Для импорта текстовых данных:

1. Выберите **Файл | Импорт | Текст** из основного меню.
2. Щелкните на кнопке просмотра **[…]** рядом с пунктом **Путь к текстовому файлу** и переместитесь к папке **Import** (в пределах Вашего проекта по обучению).
   Выберите файл NEW_ASSAY_RESULTS.csv.
3. Вы можете открыть данный файл правой кнопкой мыши для его просмотра в текстовом редакторе (например, в Блокноте). Удостоверьтесь, что это формат с разделителями-запятыми и заметьте, что первый ряд состоит из заголовков столбцов для номера пробы и шести дополнительных элементов (Ba, Mo, Sb, As, Hg и Tl). Закройте программу просмотра текста.
4. Установите Пропустить строки в файле в поле Кол-во строк в начале файла на 1. Если Вы пропустите этот шаг, заголовки столбцов будут импортированы, как если бы они были данными.
5. Установите Формат текстового файла на РАЗДЕЛИТЕЛИ ЗАПЯТЫЕ.

Импорт данных в формате Excel.

В разделе импорт выбираем MicrosoftExcel, выбираем нужный файл (Опробование) и импортируем необходимые поля.

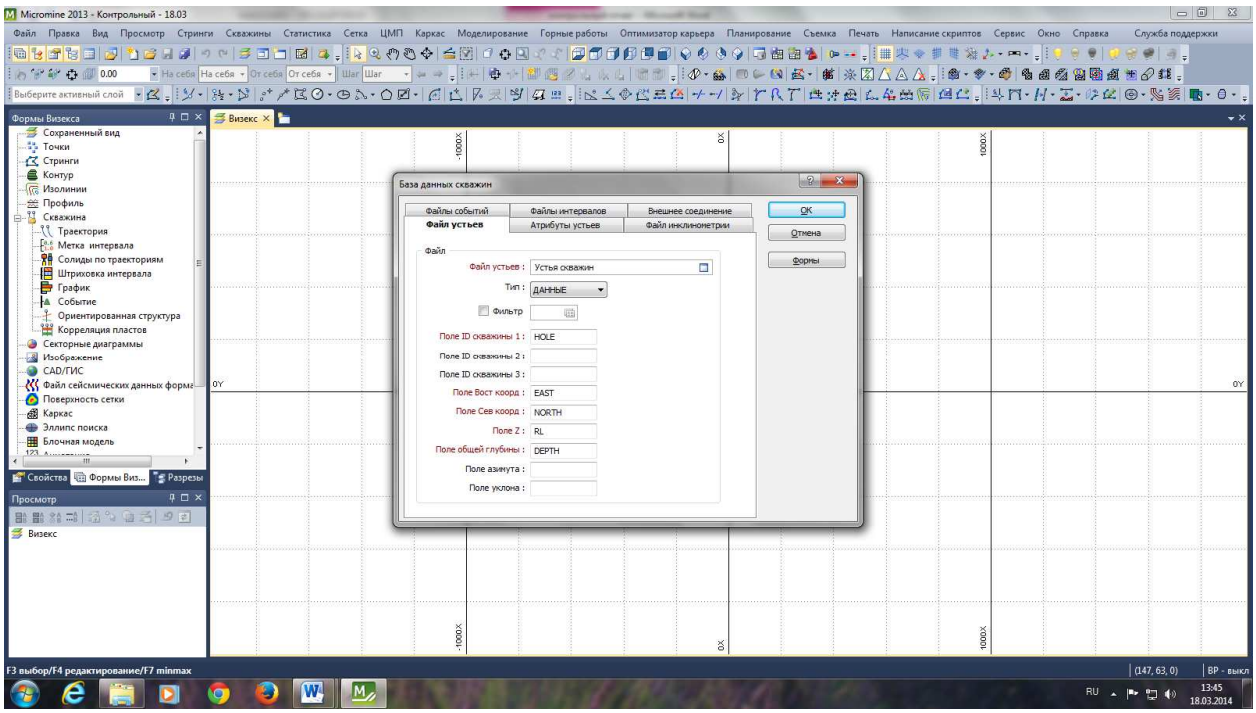


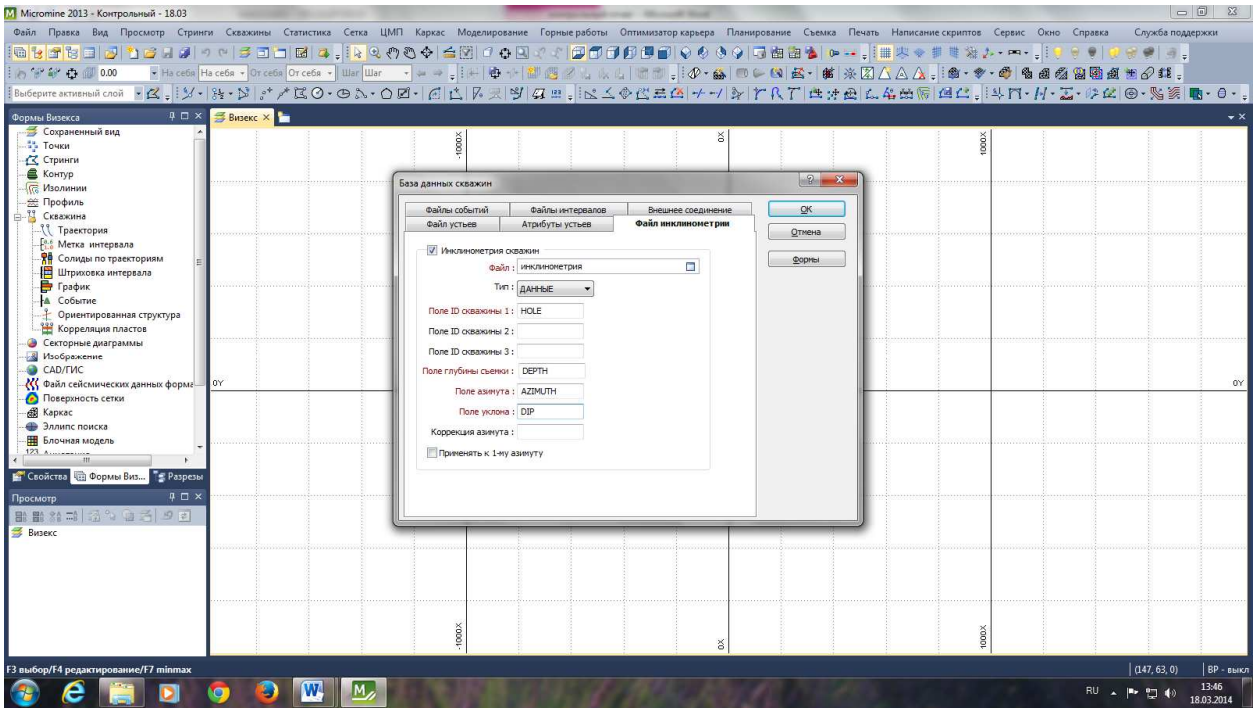


Таким же образом импортируем файл инклинометрии и файл геологии.

3. Создание базы данных в ГГИС Micromine

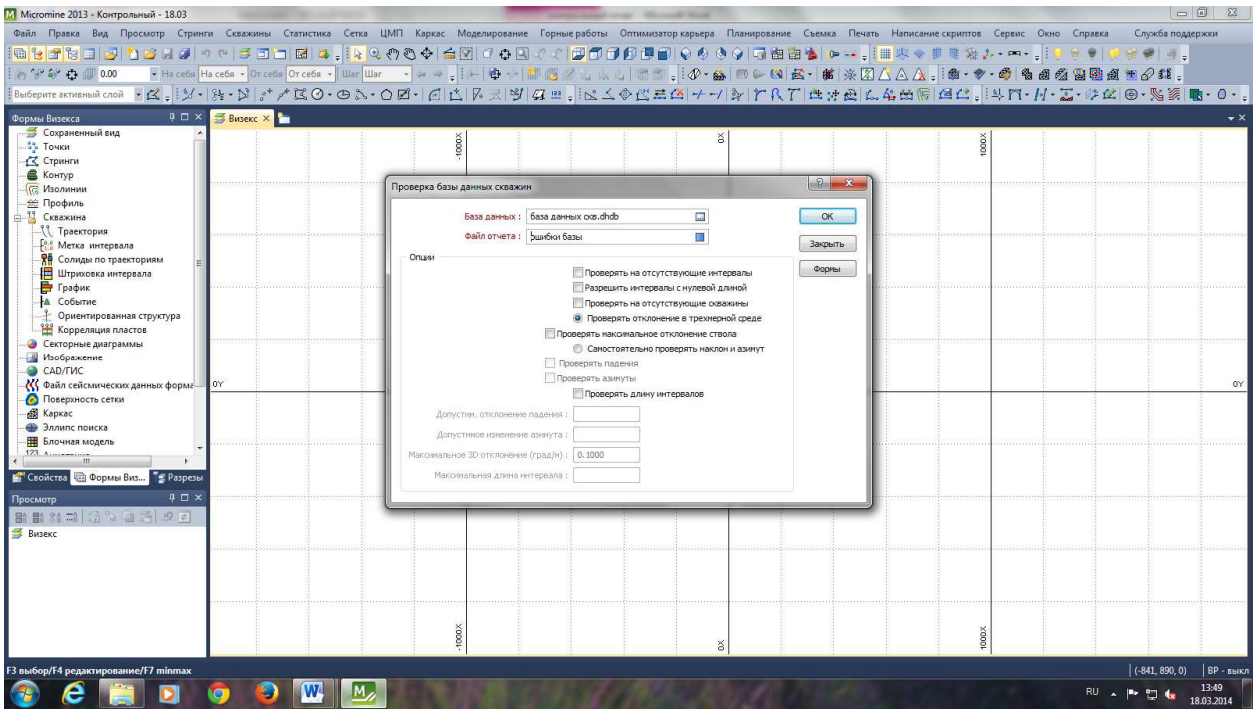
Для дальнейшей работы в проекте создаем **базу данных**:
скважины – база данных – создать.
Добавляем в базу все импортированные файлы





4. Проверка базы данных на наличие ошибок

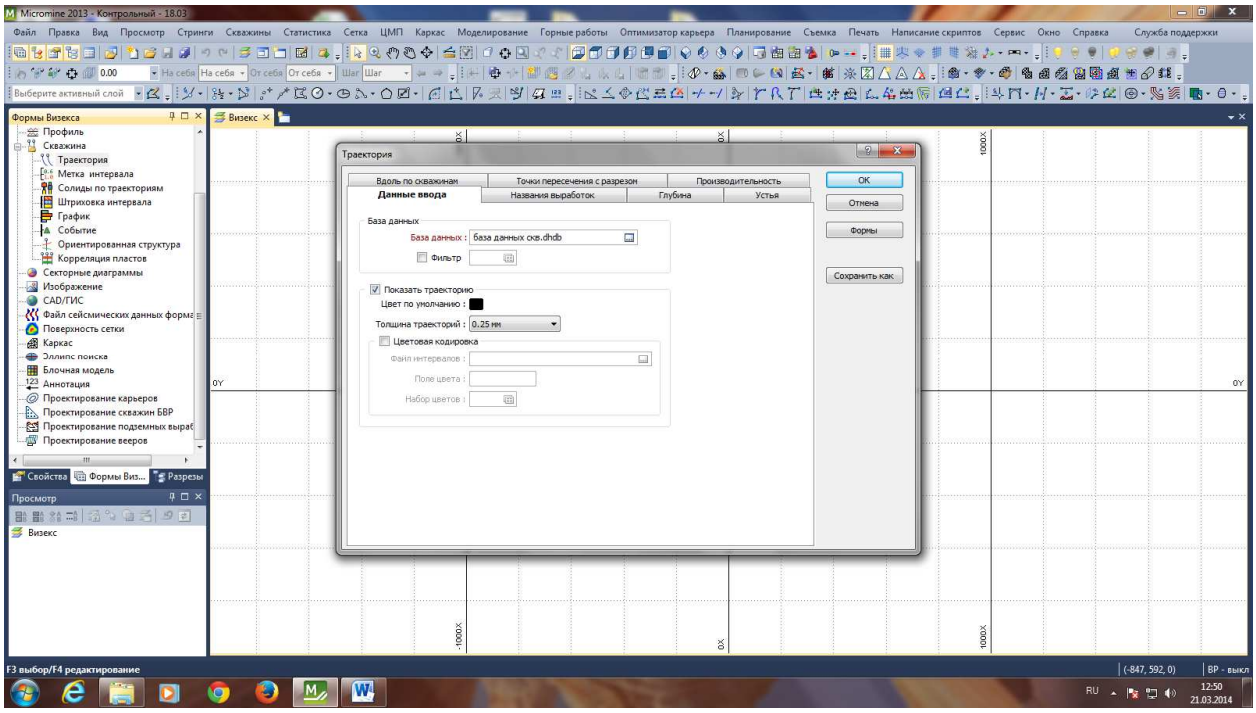
После создания базы данных проверяем ее на **наличие ошибок:**
«Скважины – базы данных – проверить».
Проверяем на отсутствующие интервалы, отсутствующие скважины,отклонения в трехмерной среде и разрешаем интервалы с нулевой длиной.

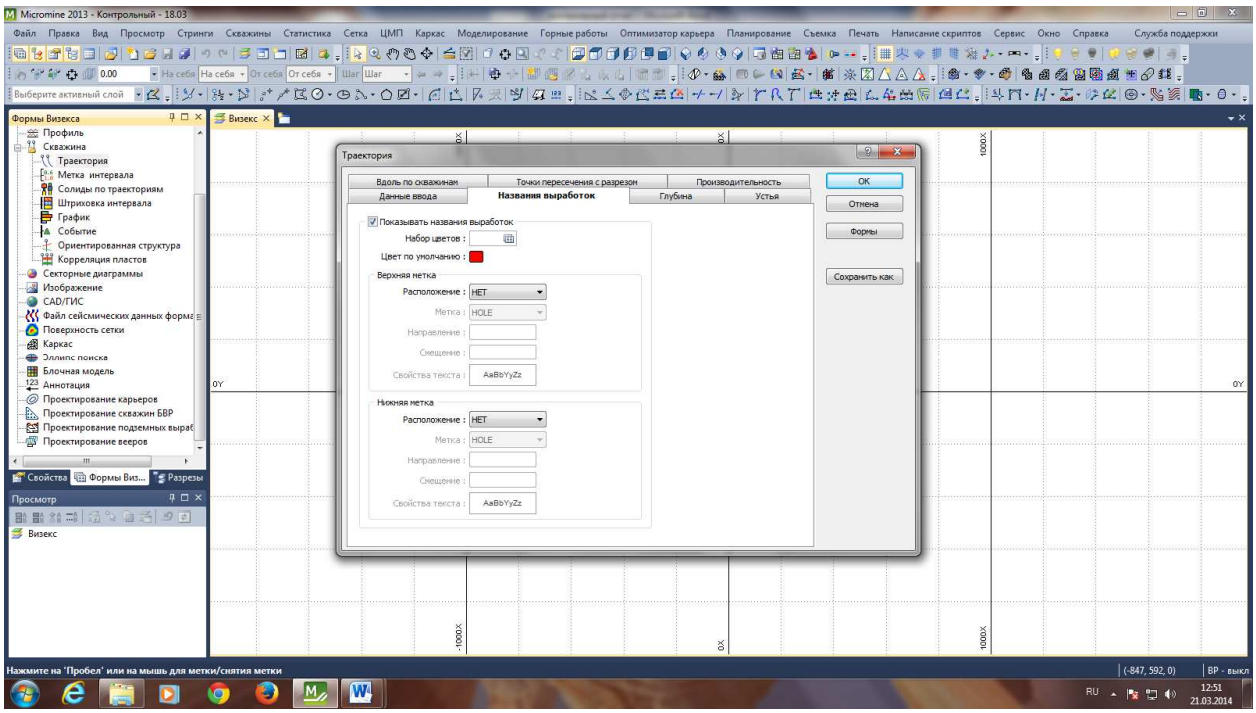


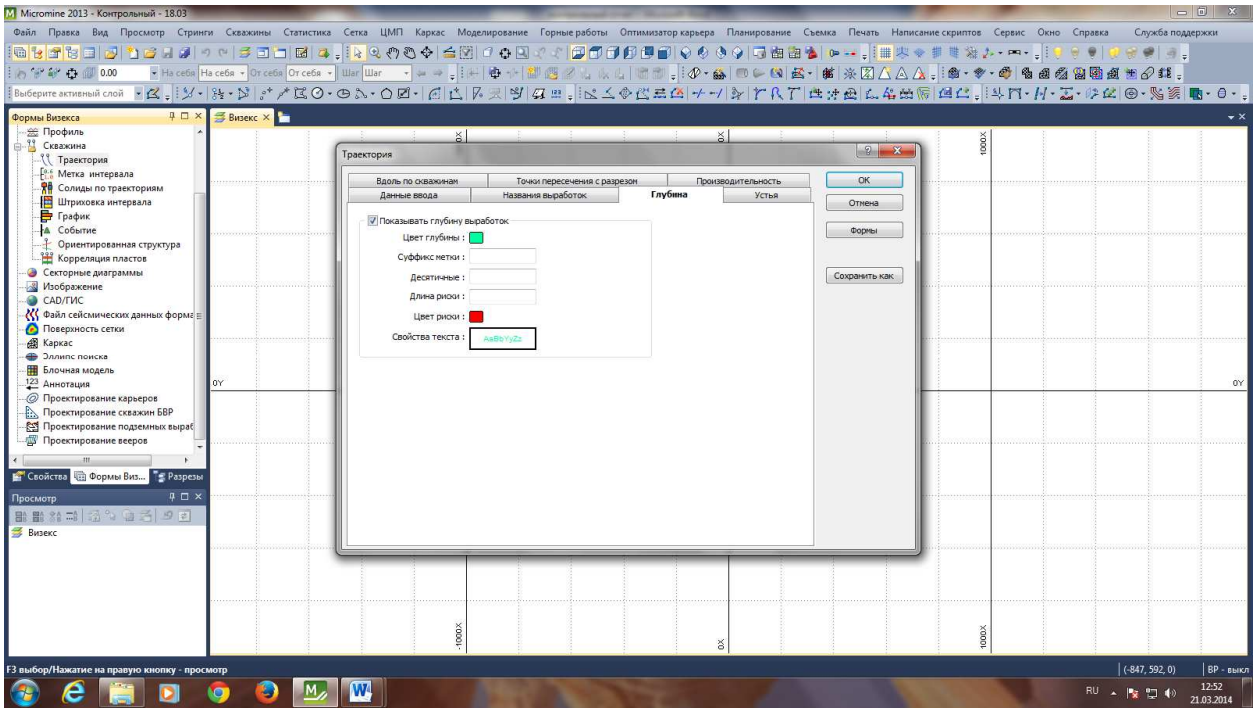
5. Визуализация геологоразведочных данных в ГГИС Micromine

Визуализация скважин.

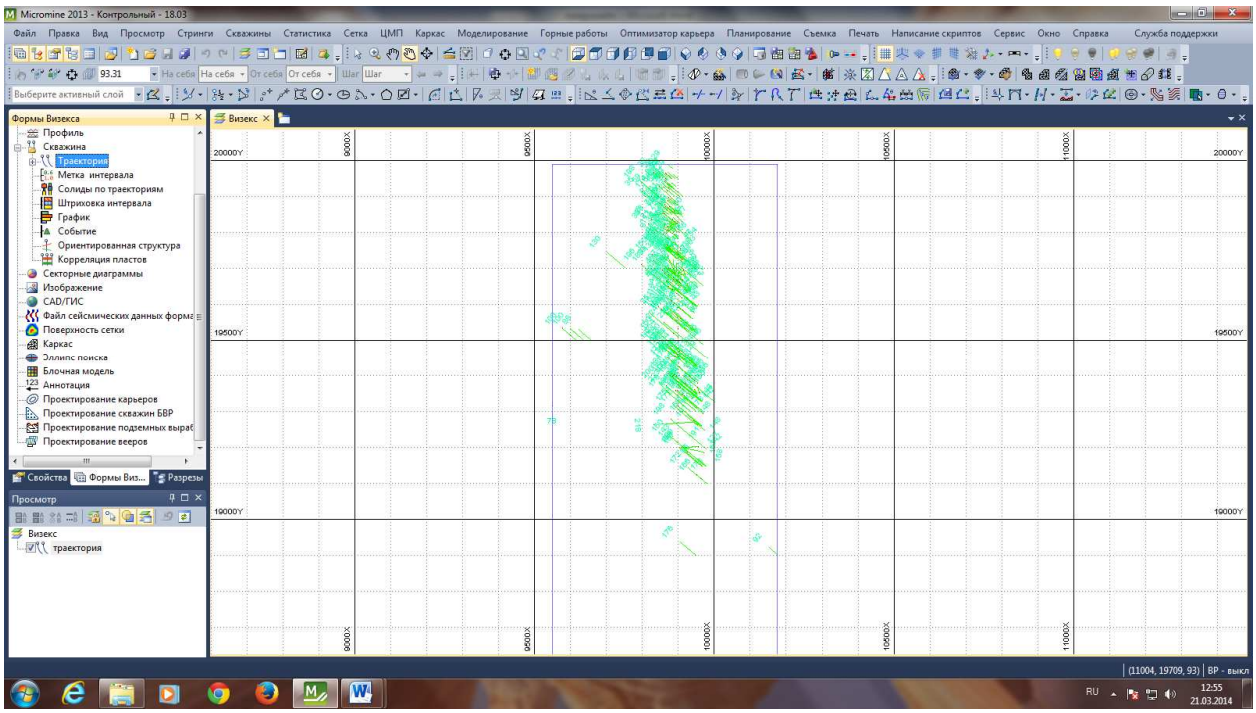
Для просмотра данных и работы с проектом надо визуализировать базу данных через траектории. В формах Визекса выбираем
«скважины – траектория». В появившемся окне выбираем свою базу данных и устанавливаем параметры.





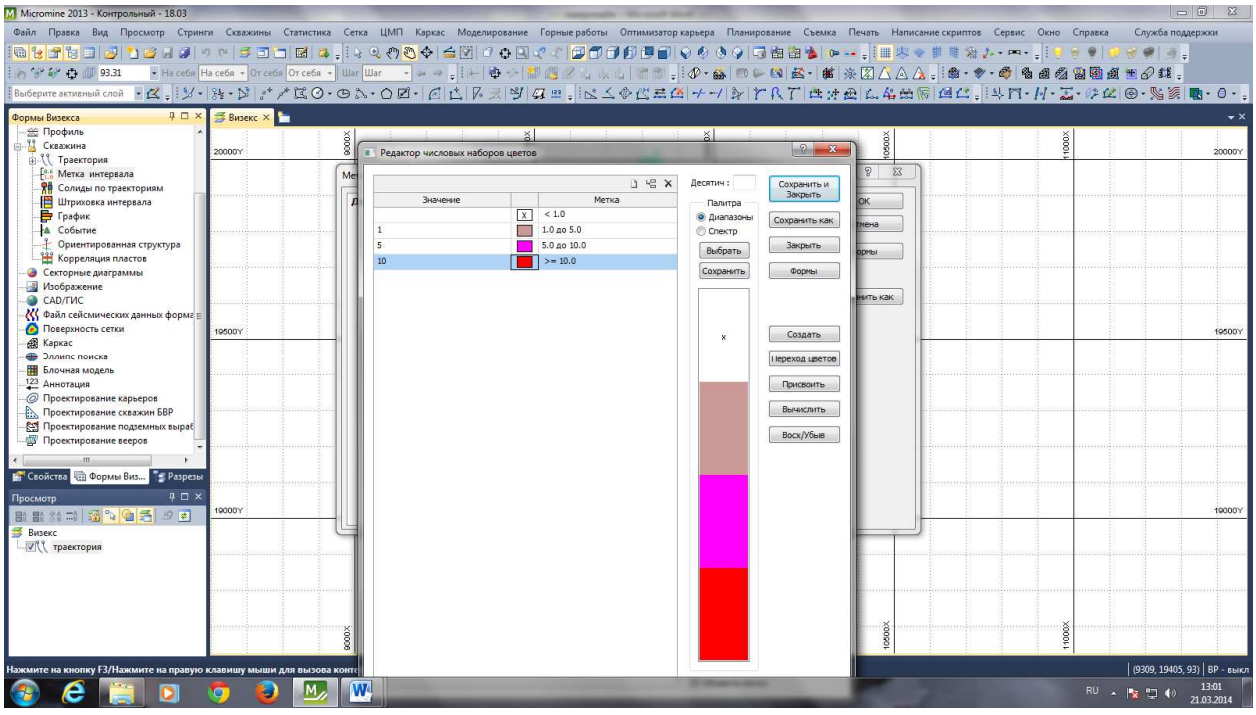


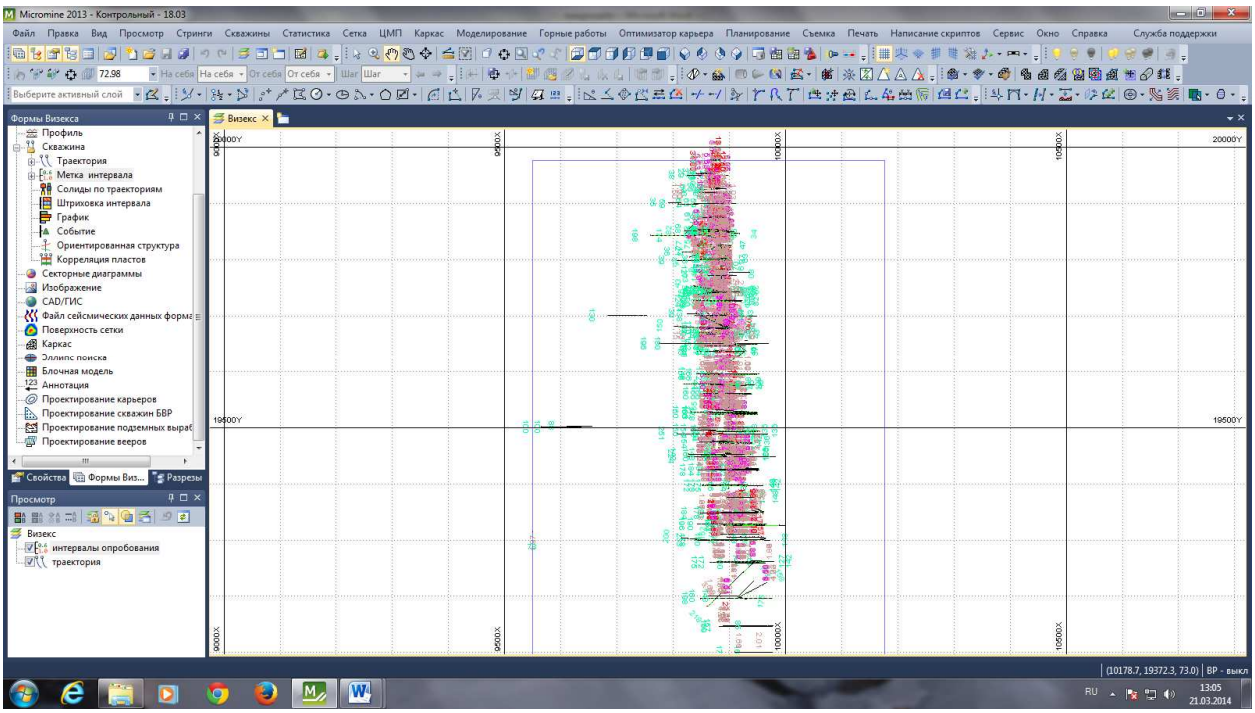
Сохраняем форму.



Визуализация опробования.

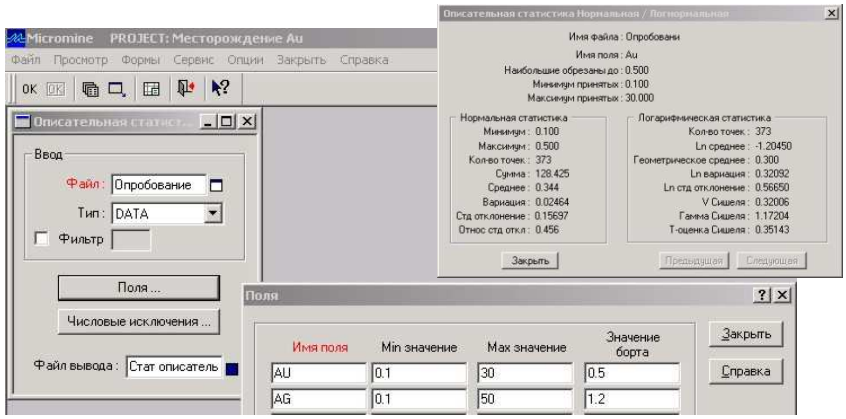
Визуализируем через формы визекса - метка интервала. Выбираем файл опробование. В редакторе числовых наборов цветов устанавливаем значения содержания по категориям. Каждой категории присваиваем отдельный цвет.





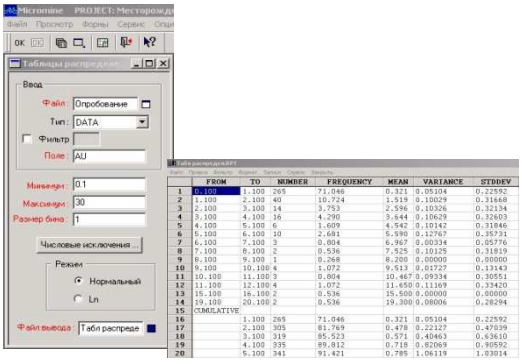
6. Статистика, построение гистограмм

Для получения статистических параметров запустите *Статистика* | *Описательная* |



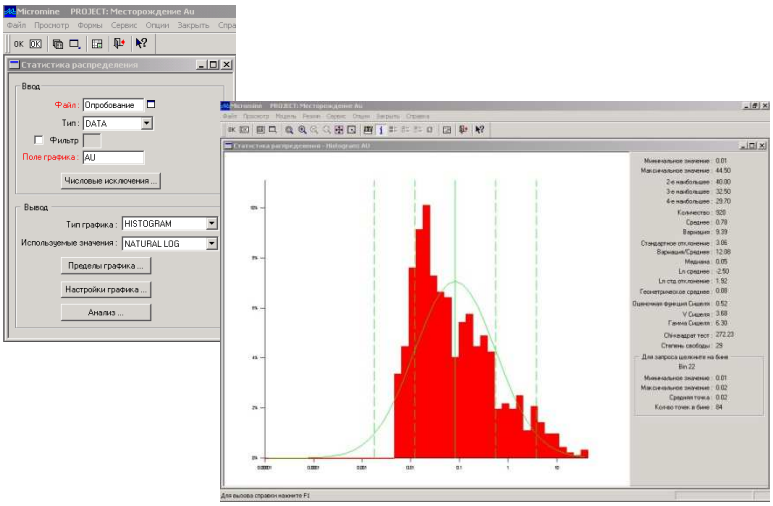
Нормальная/Логнормальная для каждого рудного элемента (домена) раздельно. Данные статистики будут записаны в сгенерированном файле в виде отчета (разделитель – запятые).

Рассчитайте таблицы распределения для каждого элемента: *Статистика* | *Таблицы распределения*. Просмотрите файл вывода. Желательно также вычислить коэффициент вариации, который будет отражать качество вариограммы: COV = STDDEV (Стд отклонение) / MEAN (Среднее). Этот же показатель поможет в определении метода необходимого для интерполяции данных.



Графики (гистограммы, накопленной частоты и

диаграммы вероятности), нормального и логнормального распределения должны быть получены для каждого рудного элемента (домена): *Статистика | Распределение*. По возможности пользуйтесь фильтрами для разделения доменов. Все графики необходимо распечатать, изучить и вставить в общий отчет. По построенным гистограммам и графикам необходимо определить наличие популяций нескольких рудных элементов, естественные бортовые содержания и мин/макс содержания рудных элементов.



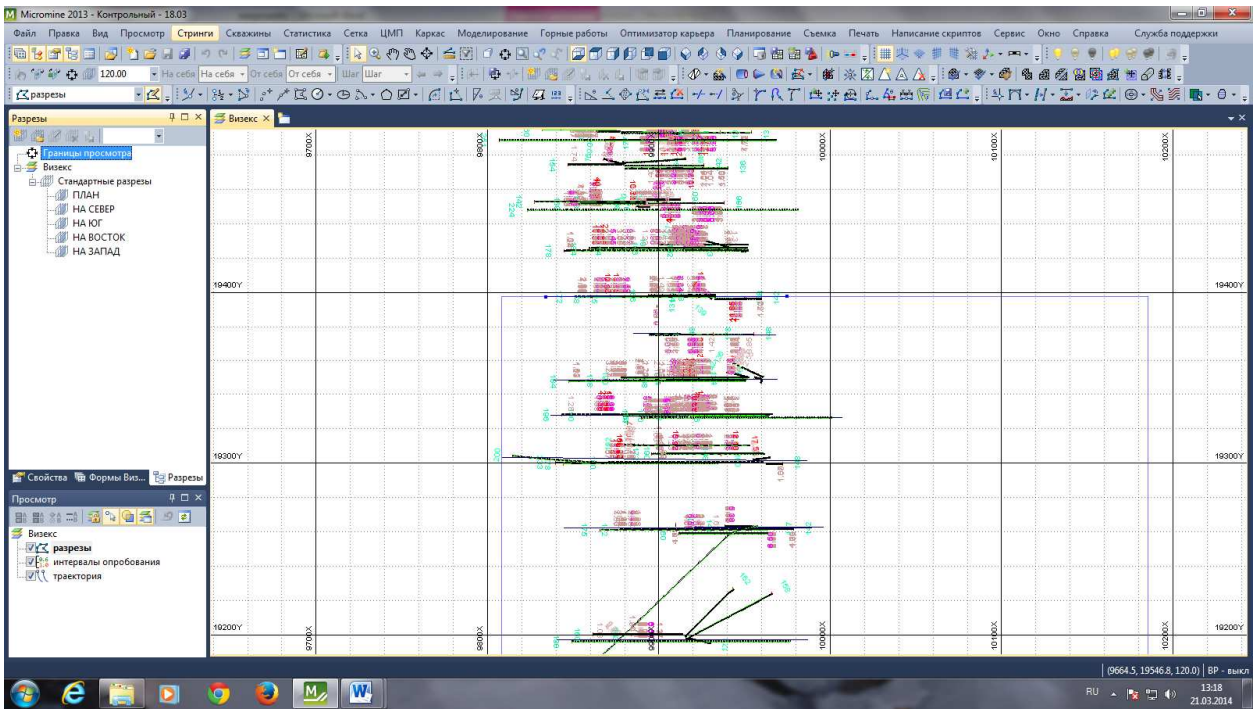
Наиболее важной задачей является определение количества популяций рудных элементов. Их количество может быть оценено путем *Статистика | Распределение* (выбрать *Probability Plot* и/или *Natural Log*). Когда график вероятностного распределения построен, запустите *Модель | Разбить* из верхнего меню (при моделировании пользуйтесь опцией *Оптимизировать*) для получения статистических параметров для каждой популяции. Они могут быть последовательно показаны на планах и разрезах буровых скважин и сравнены с геологической моделью.

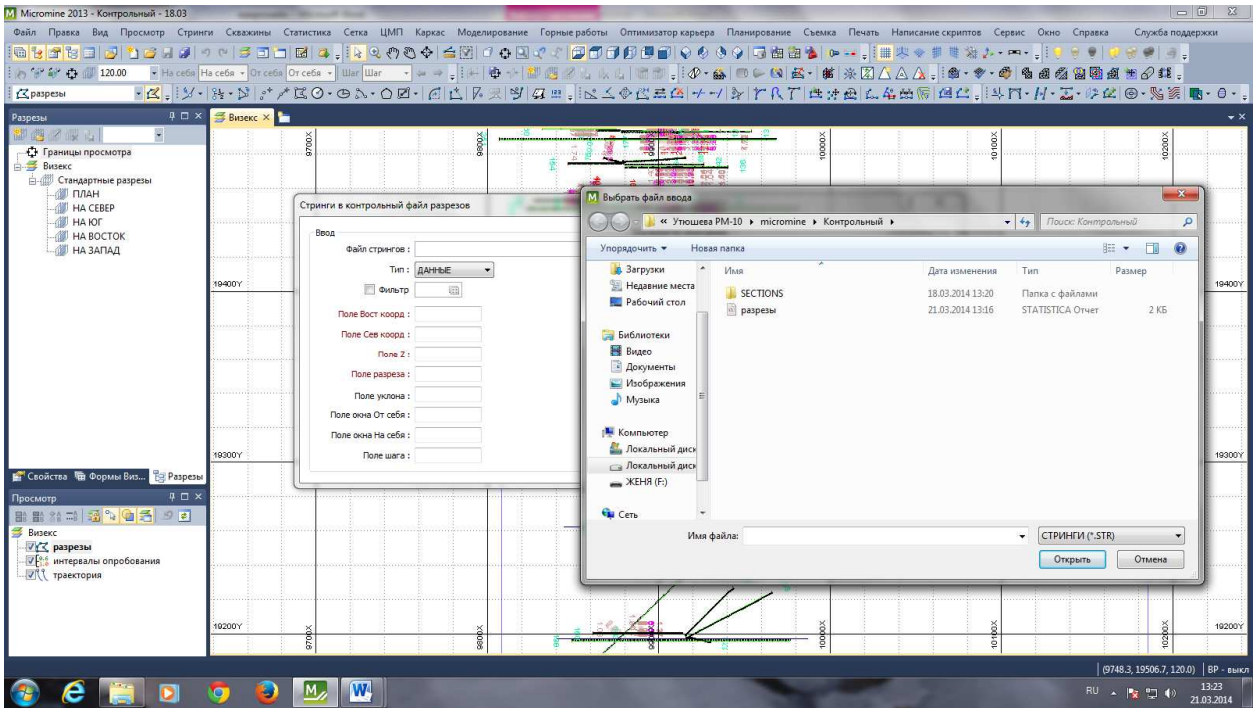
7. Создание разрезов в ГГИС Micromine

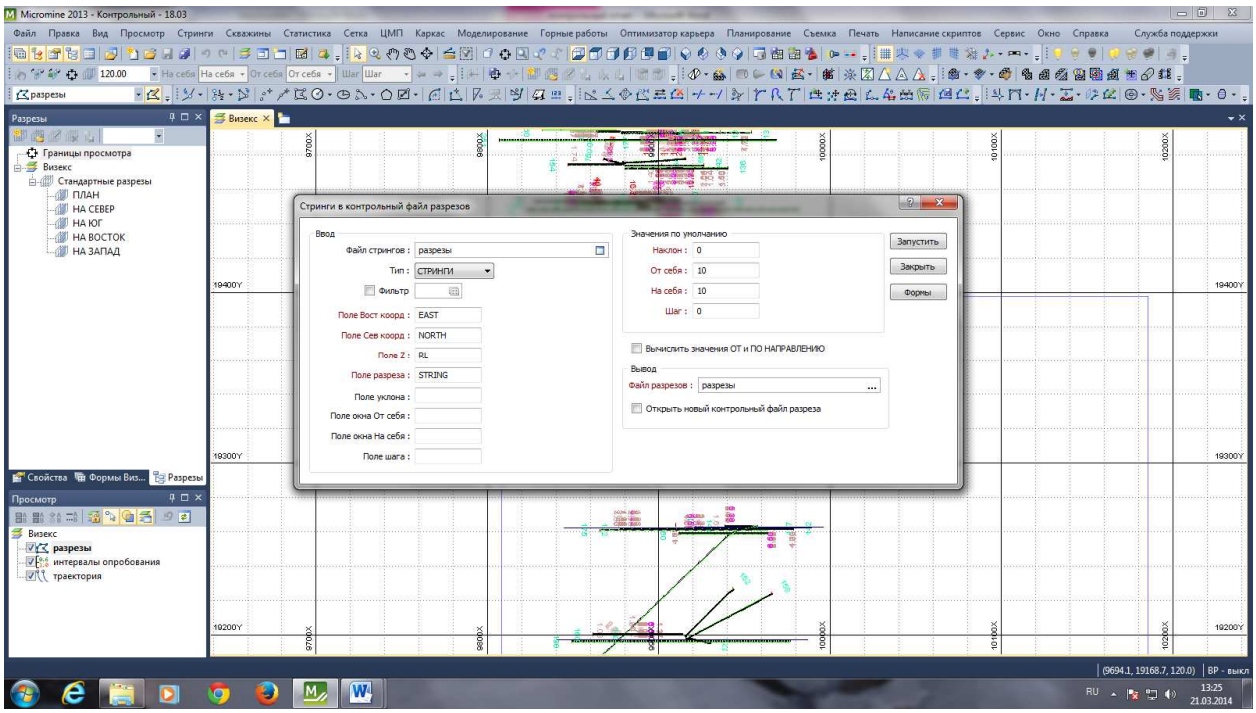
Чтобы оконтурить рудное тело, создаем линии разрезов по каждому профилю.

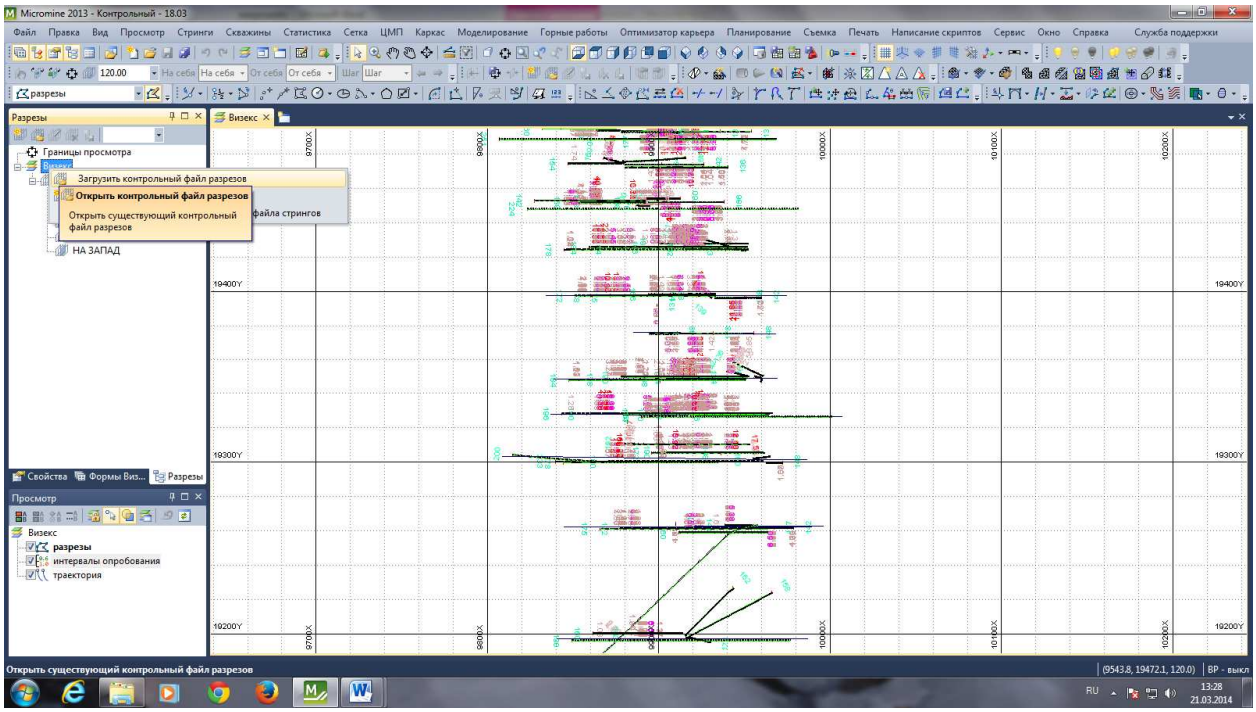
Вид ПЛАН. Выбираем точку 120. Линия разрезов.

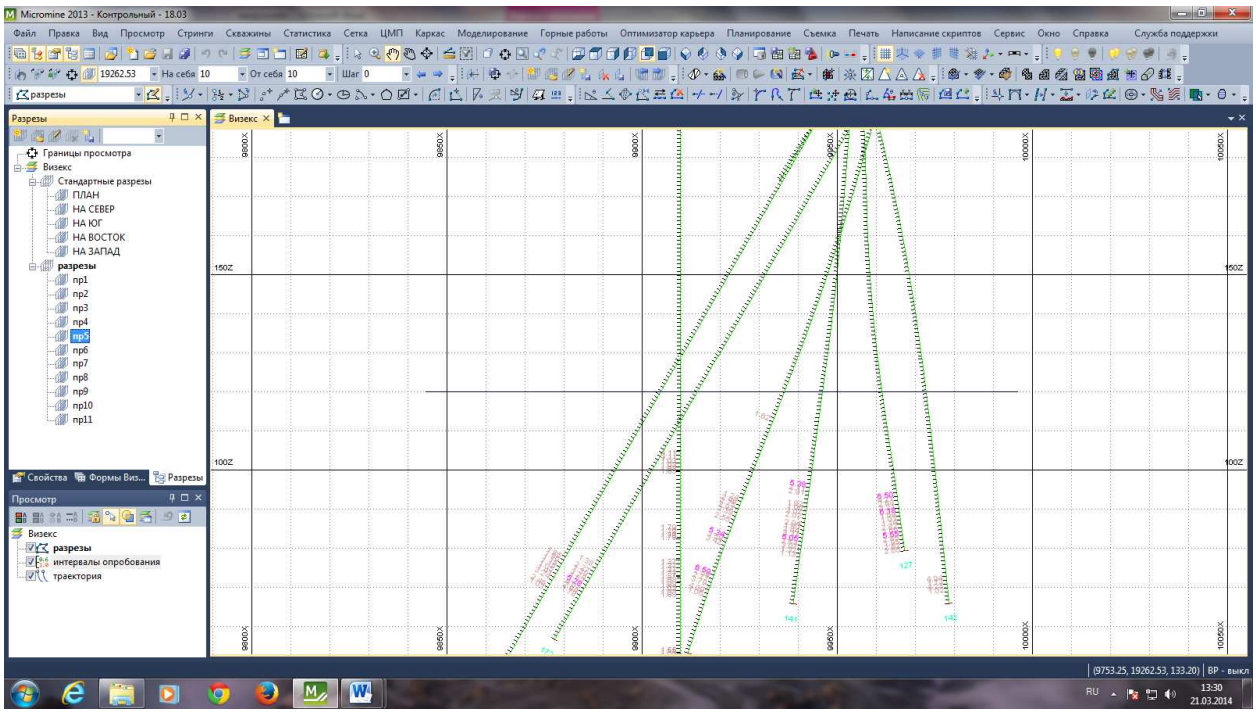
В поле «Активный слой» выбираем стринг и работаем в данном слое. Через скважины проводим новые стринги, которые могут иметь только 2 сегмента. После каждого стринга нажимаем Esc и 2лкм называем стринг, N:пр1, пр2 и тд. Далее сохраняем форму как… называем, задаем значение стринги. В разделе стринги на панели задач открываем контрольный файл разрезов и выбираем созданный файл с линиями разрезов. В итоге визуализации получаем разрезы по профилям.


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Разрезы
Границы просмотра
Визекс
Стандартные разрезы
ПЛАН
НА СЕВЕР
НА ЮГ
НА ВОСТОК
НА ЗАПАД
Свойства
Формы Виз...
Разрезы
Просмотр
Визекс
разрезы
интервалы опробования
траектория
Визекс
(9664.5, 19546.8, 120.0)
BP - выкл
RU
13:18
21.03.2014


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Стринги в контрольный файл разрезов
Ввод
Файл стрингов :
Тип :
ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд :
Поле Сев коорд :
Поле Z :
Поле разреза :
Поле уклона :
Поле окна От себя :
Поле окна На себя :
Поле шага :
Выбрать файл ввода
Упорядочить
Новая папка
Загрузки
Недавние места
Рабочий стол
Библиотеки
Видео
Документы
Изображения
Музыка
Компьютер
Сеть
Имя
Дата изменения
Тип
Размер
SECTIONS
18.03.2014 13:20
Папка с файлами
разрезы
21.03.2014 13:16
STATISTICA Отчет
2 КБ
Имя файла:
СТРИНГИ (*.STR)
Открыть
Отмена
(9748.3, 19506.7, 120.0)
BP - выкл
RU
13:23
21.03.2014

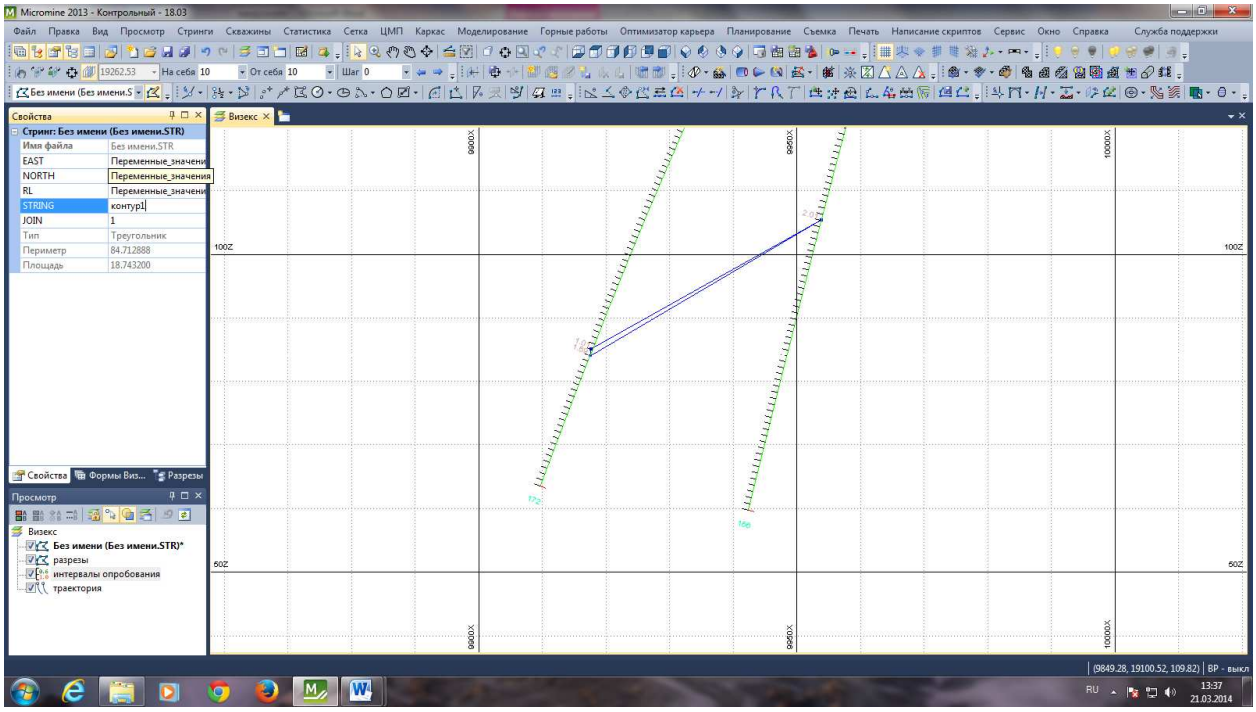

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Стринги в контрольный файл разрезов
Ввод
Файл стрингов : разрезы
Тип : СТРИНГИ
Фильтр
Поле Вост коорд : EAST
Поле Сев коорд : NORTH
Поле Z : RL
Поле разреза : STRING
Поле уклона :
Поле окна От себя :
Поле окна На себя :
Поле шага :
Значения по умолчанию
Наклон : 0
От себя : 10
На себя : 10
Шаг : 0
Вычислить значения ОТ и ПО НАПРАВЛЕНИЮ
Вывод
Файл разрезов : разрезы
Открыть новый контрольный файл разреза
Запустить
Закрыть
Формы
Разрезы
Визекс
Стандартные разрезы
ПЛАН
НА СЕВЕР
НА ЮГ
НА ВОСТОК
НА ЗАПАД
Просмотр
разрезы
интервалы опробования
траектория

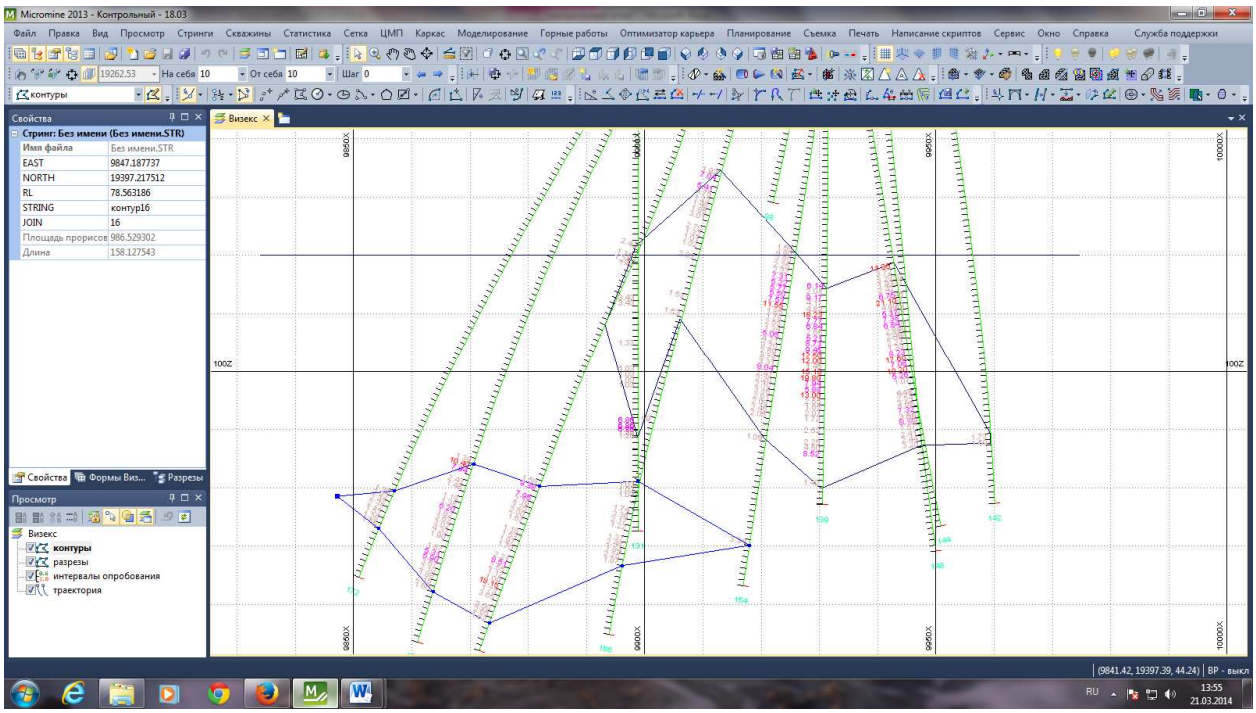

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Загрузить контрольный файл разрезов
Открыть контрольный файл разрезов
Открыть существующий контрольный файл разрезов
НА ЗАПАД
Открыть существующий контрольный файл разрезов

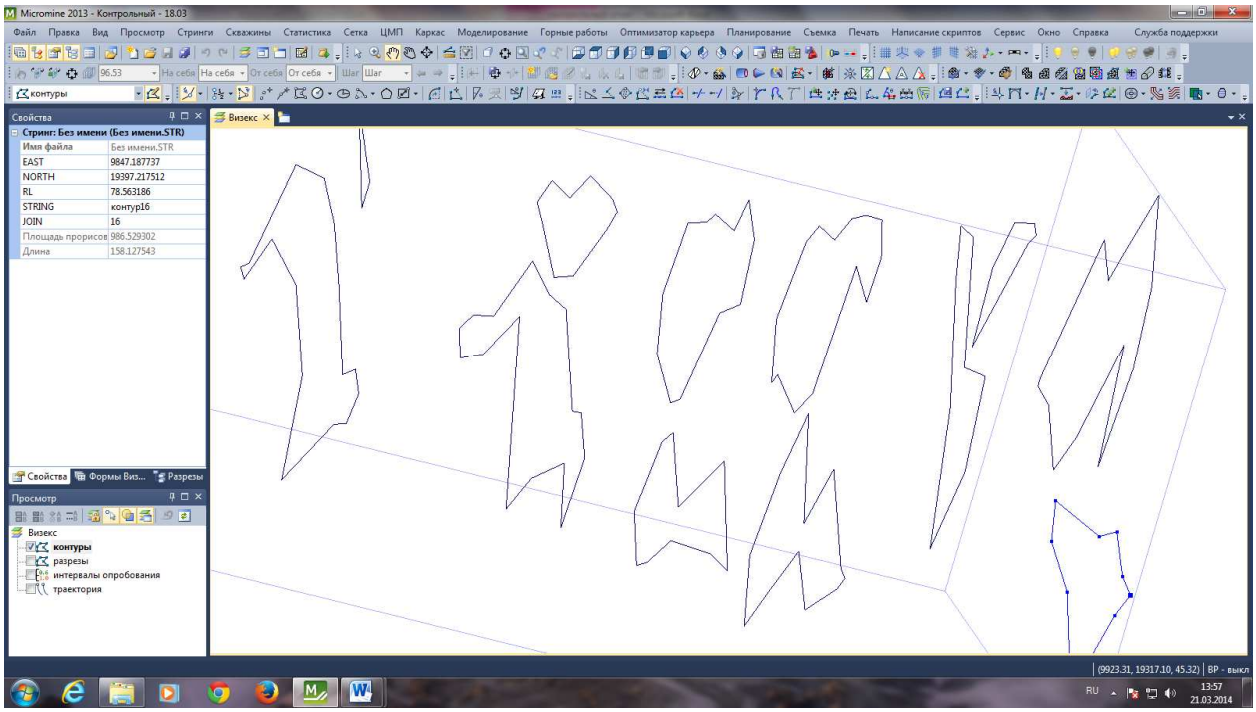


8. Каркасное моделирование в ГГИС Micromine

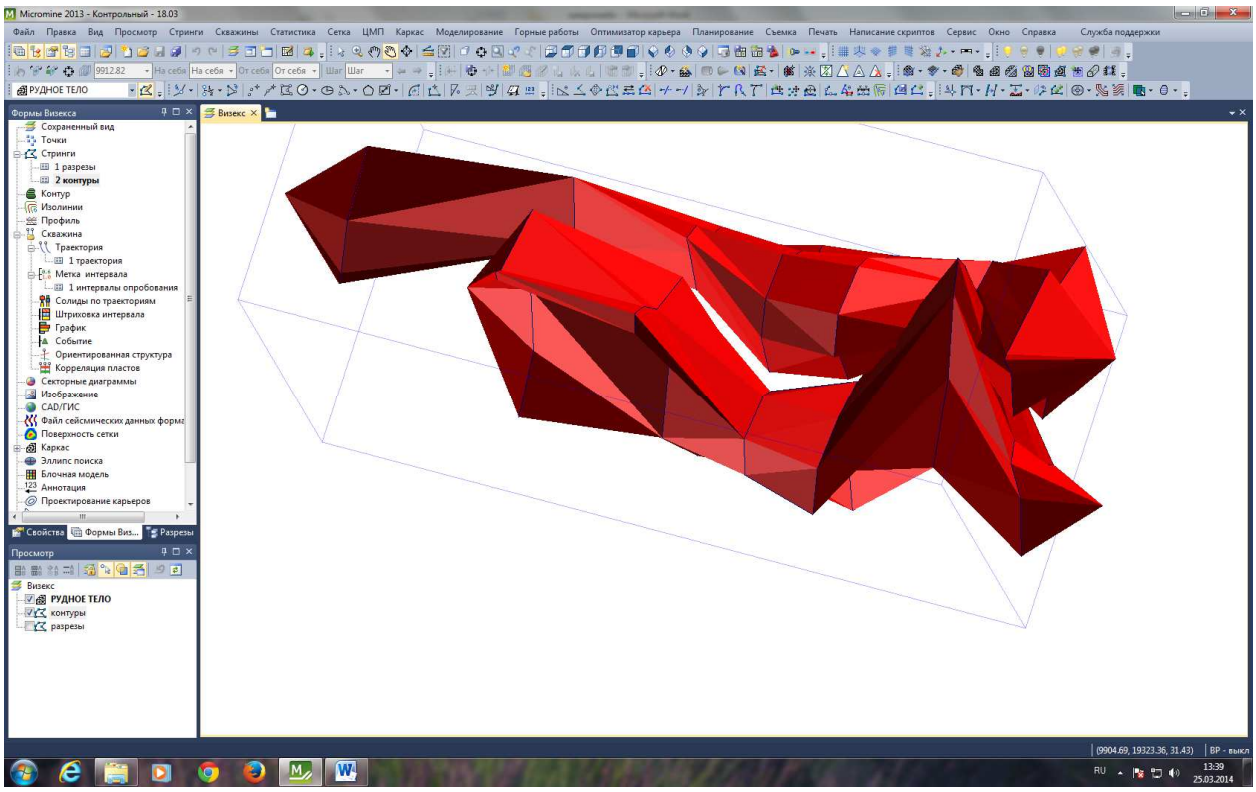
Для создания каркасной модели рудного тела необходимо оконтурить участки с содержание полезного компонента по каждому профилю разреза. Для этого создаем новый стринг и в каждом профиле соединяем точки с содержанием Au выше бортового содержания. Каждый контур имеет имя. После завершения сохраняем форму.





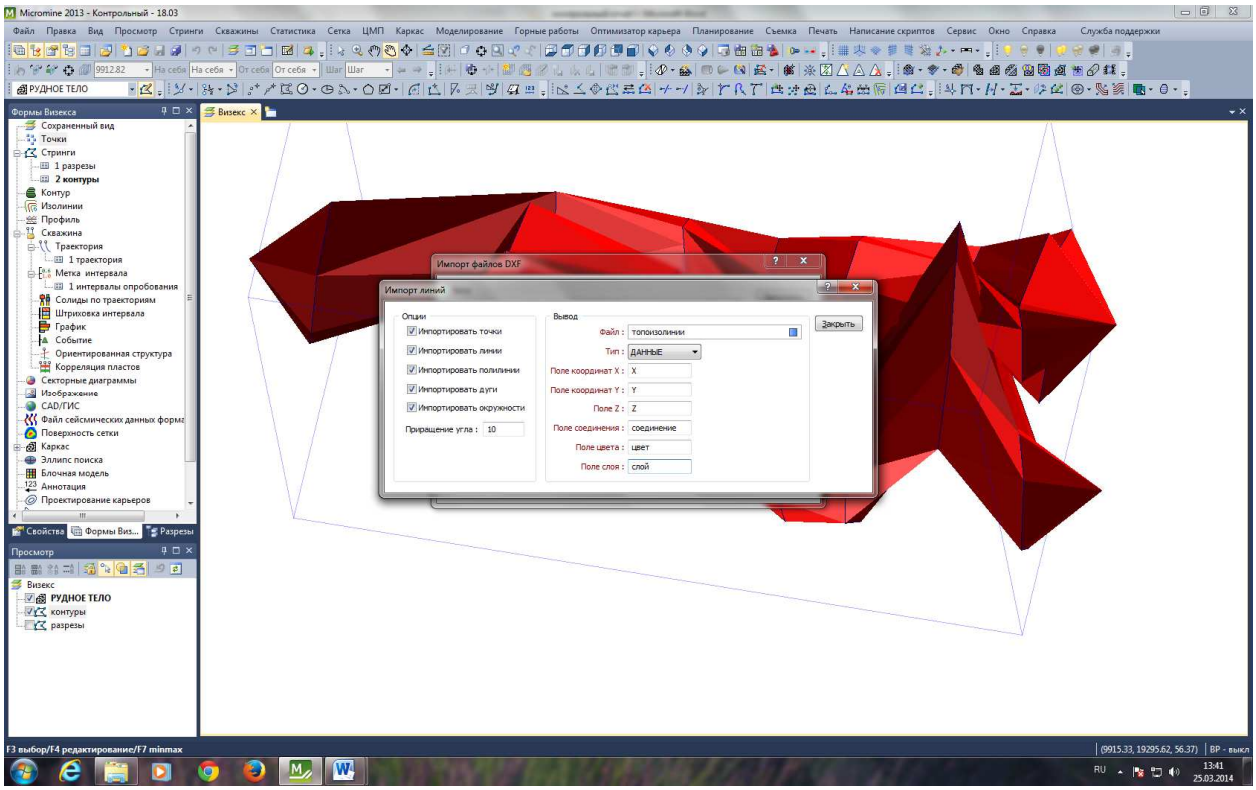


Построение каркаса рудного тела осуществляется объединением стрингов, а именно контуров рудного тела по разным профилям. В формах визекса создаем новую форму (каркас). На панели инструментов выбираем каркас и выделяем контуры поочередно, создавая замкнутую систему (каркас рудного тела). При наличии ошибок исправляем их путем добавления новых соединительных линий, а если требуется, то замыканием стринга. Сохраняем форму.

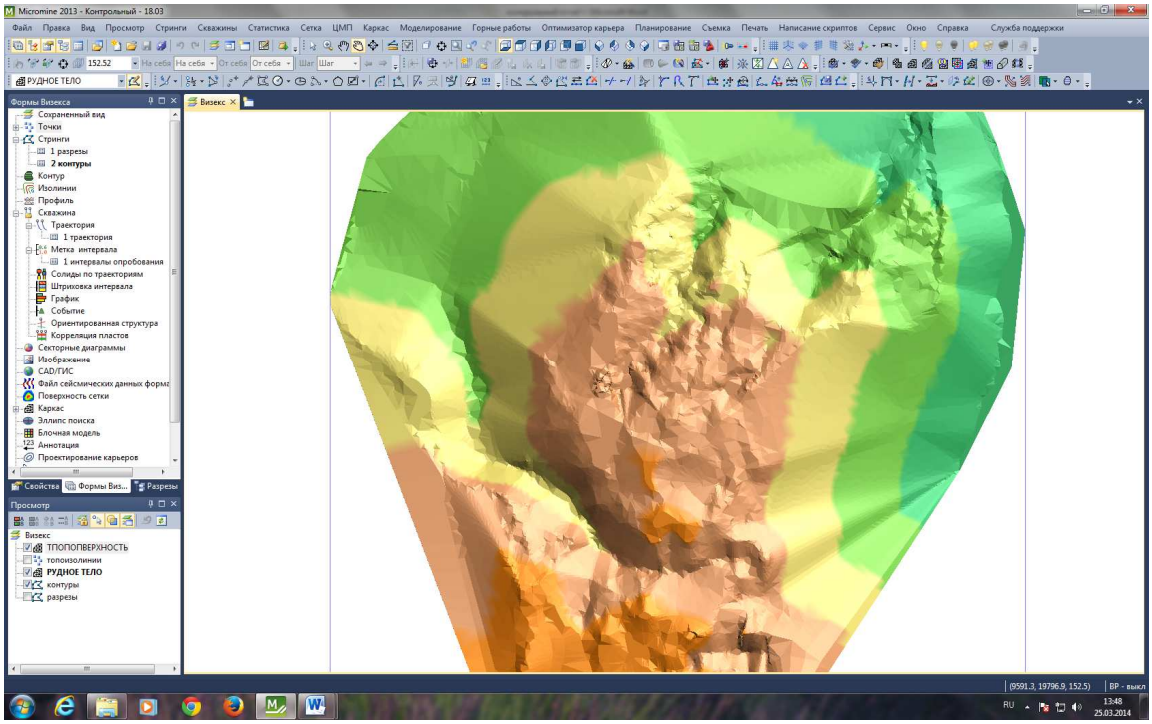


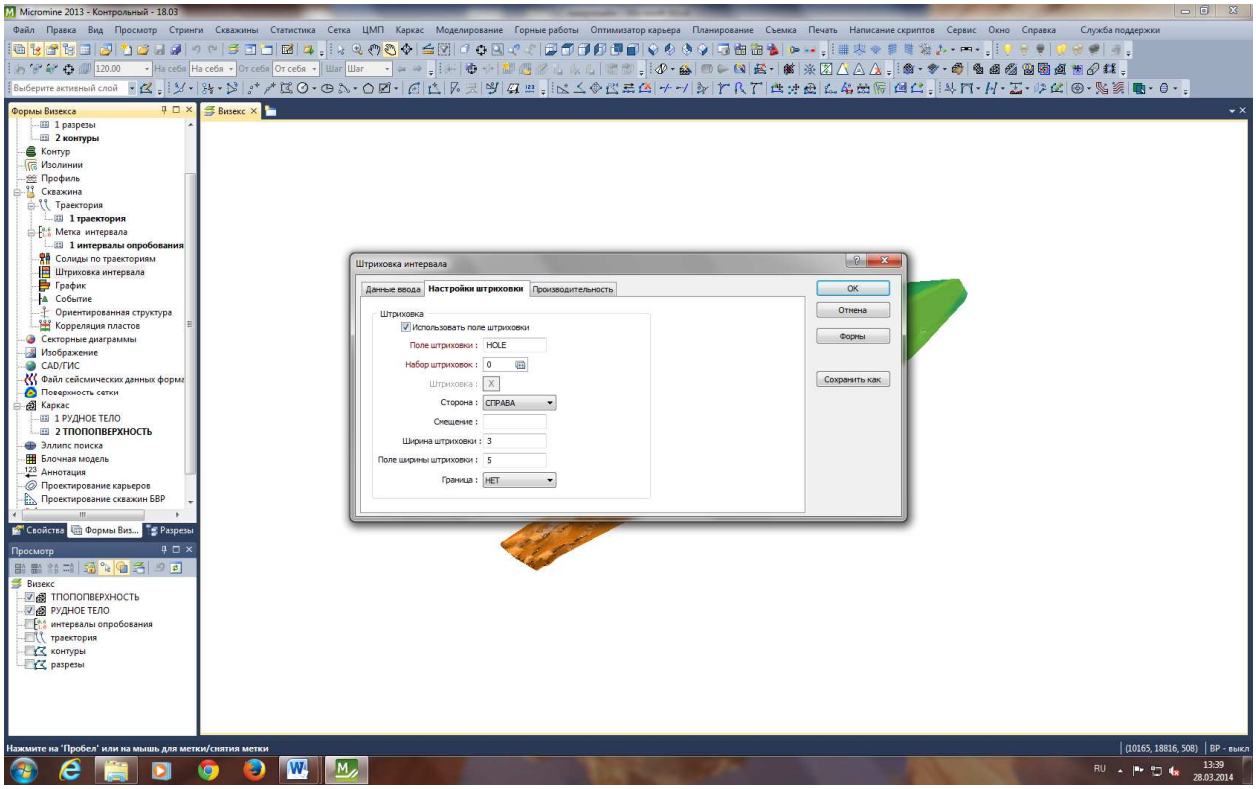
9. Создание тополоверхности в ГГИС Micromine

Проекция земной поверхности показывает как рудное тело располагается относительно рельефа. Импортируем файл DXF. Выбираем файл топоизолинии. Импортируем все точки, линии, полилинии, дуги и окружности. Сами создаем файл вывода, который так же называем топоизолинии. После завершения сохраняем форму.



На панели инструментов выбираем ЦМП - создать. Файл ввода "топоизолинии". В опциях обработки меняем вид будущей поверхности. Для этого присваиваем значения атрибута Z, по которому будет менятся окраска. После сохраняем форму.



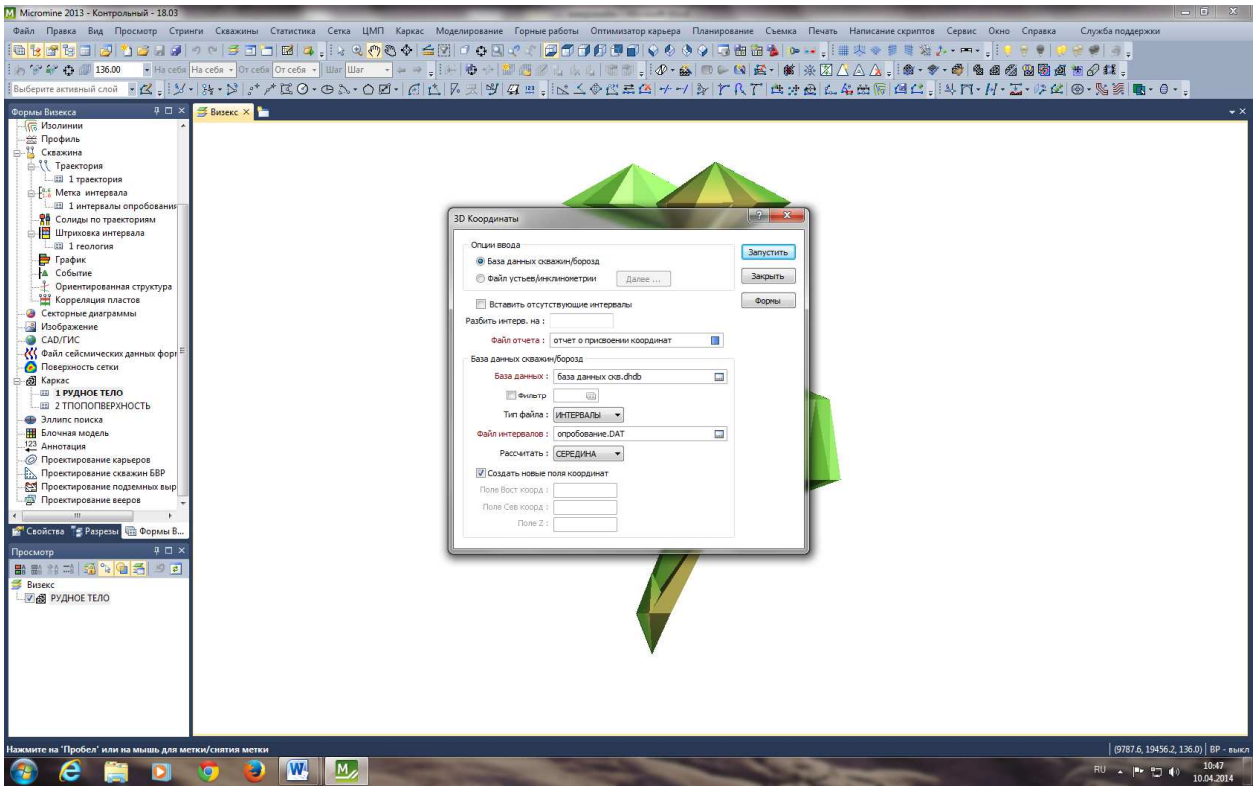


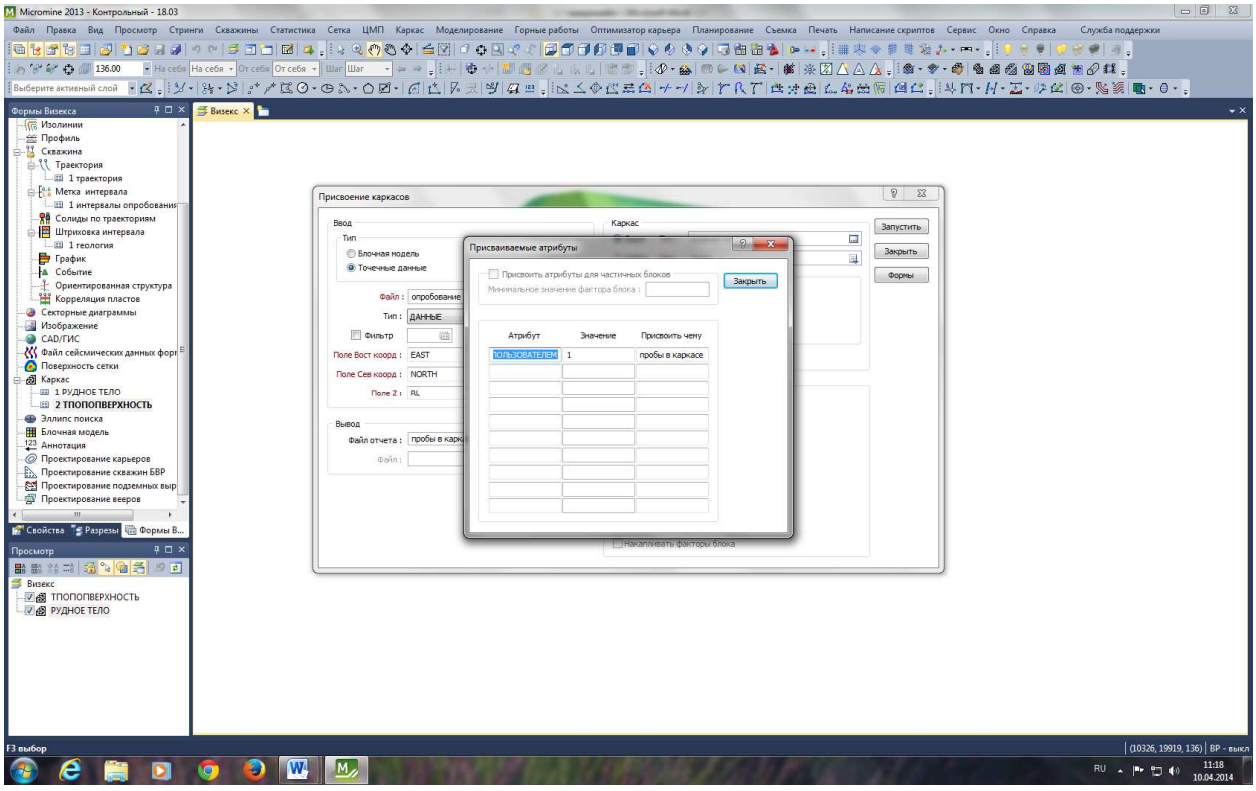
10. Блочное моделирование

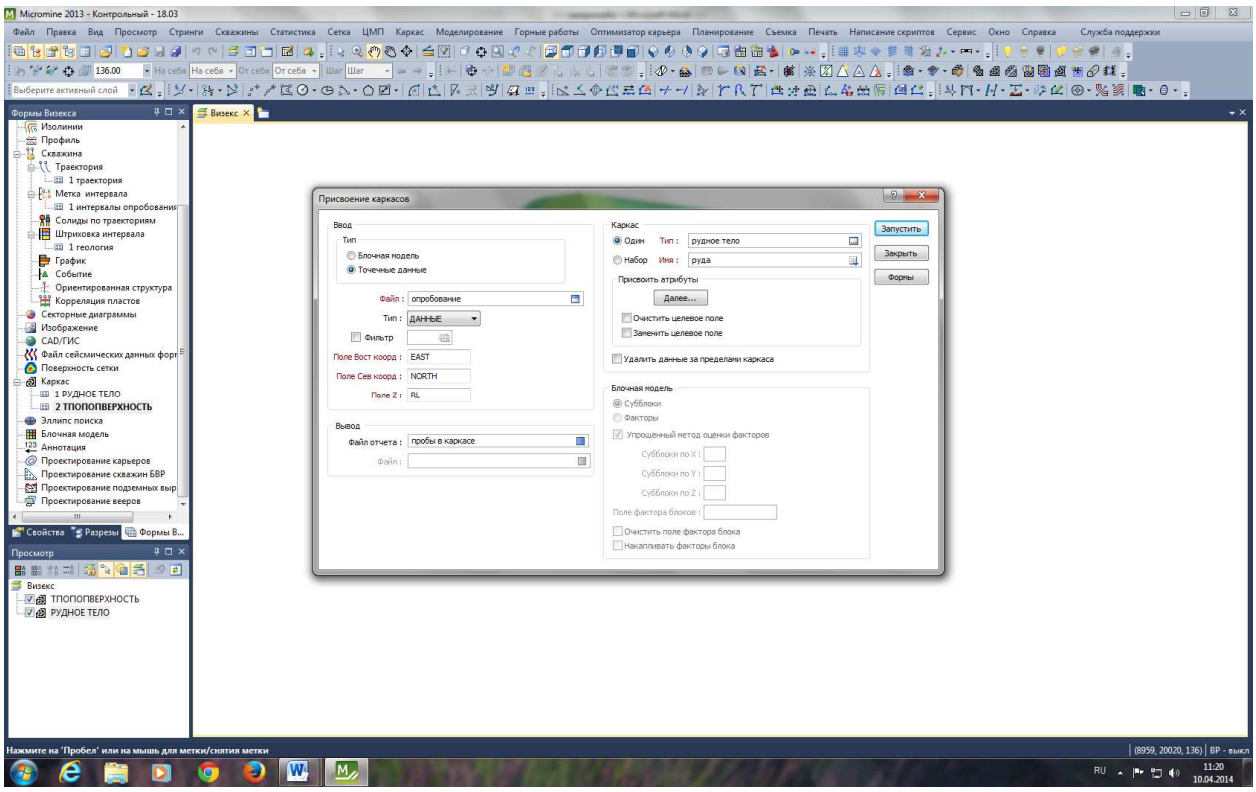
Создание пустой блочной модели

Пустая блочная модель строится с учетом размеров рудного тела по всем координатам.

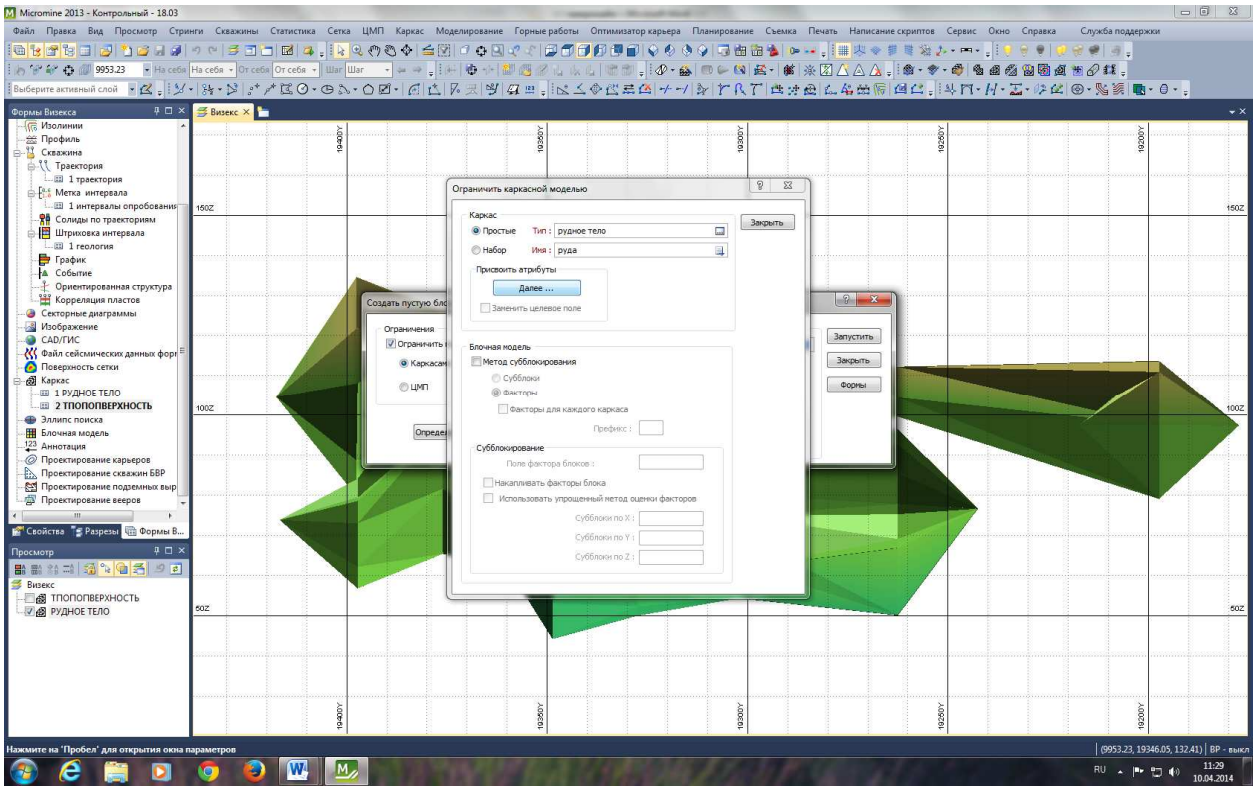
1) присвоение пробам координат пространства. Осуществляем в базе данных путем присвоения атрибута точкам с наличием Au. Каждый интервал должен быть одной длины.

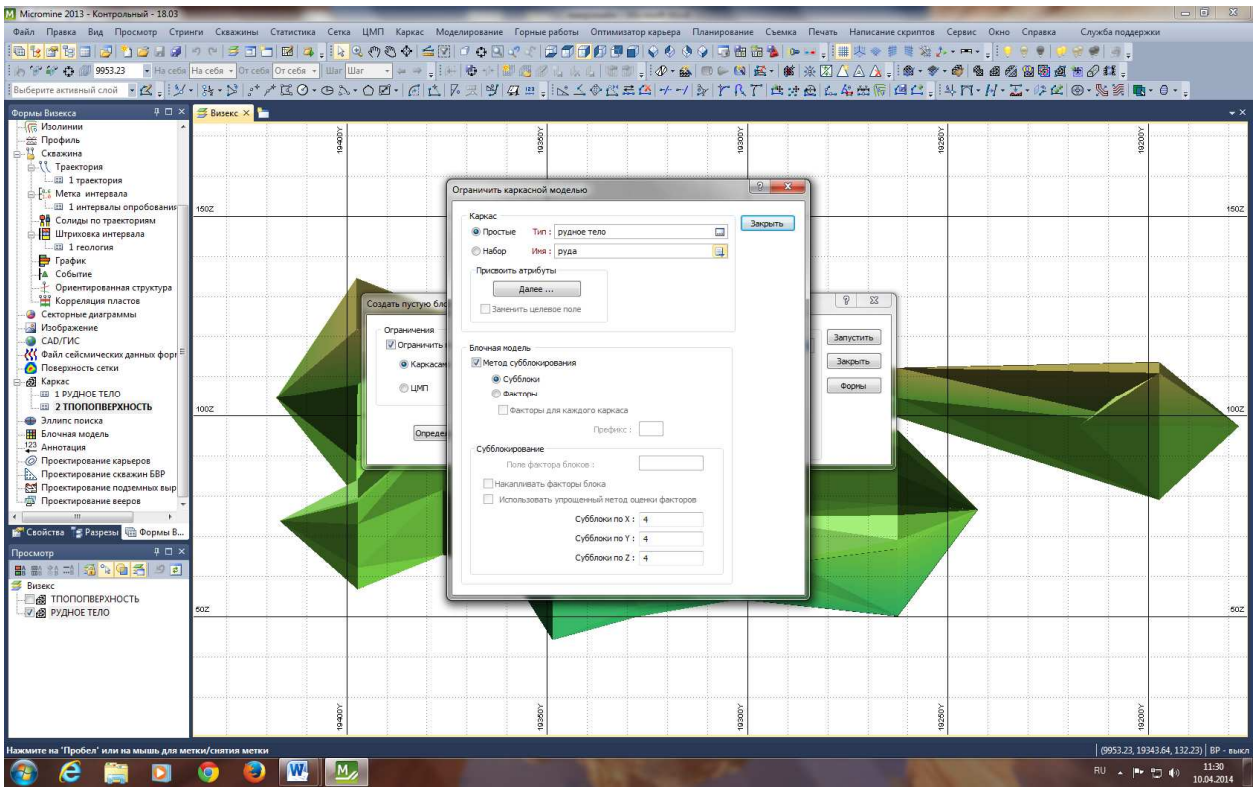


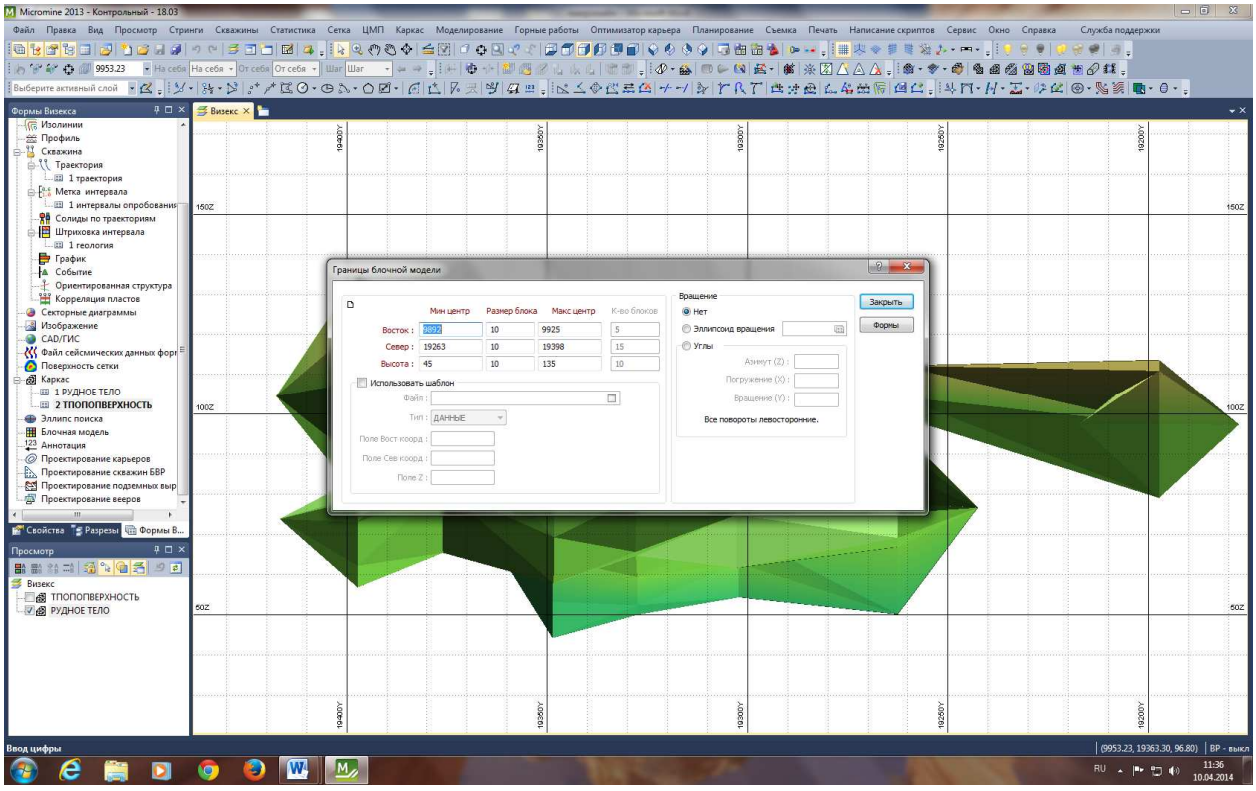


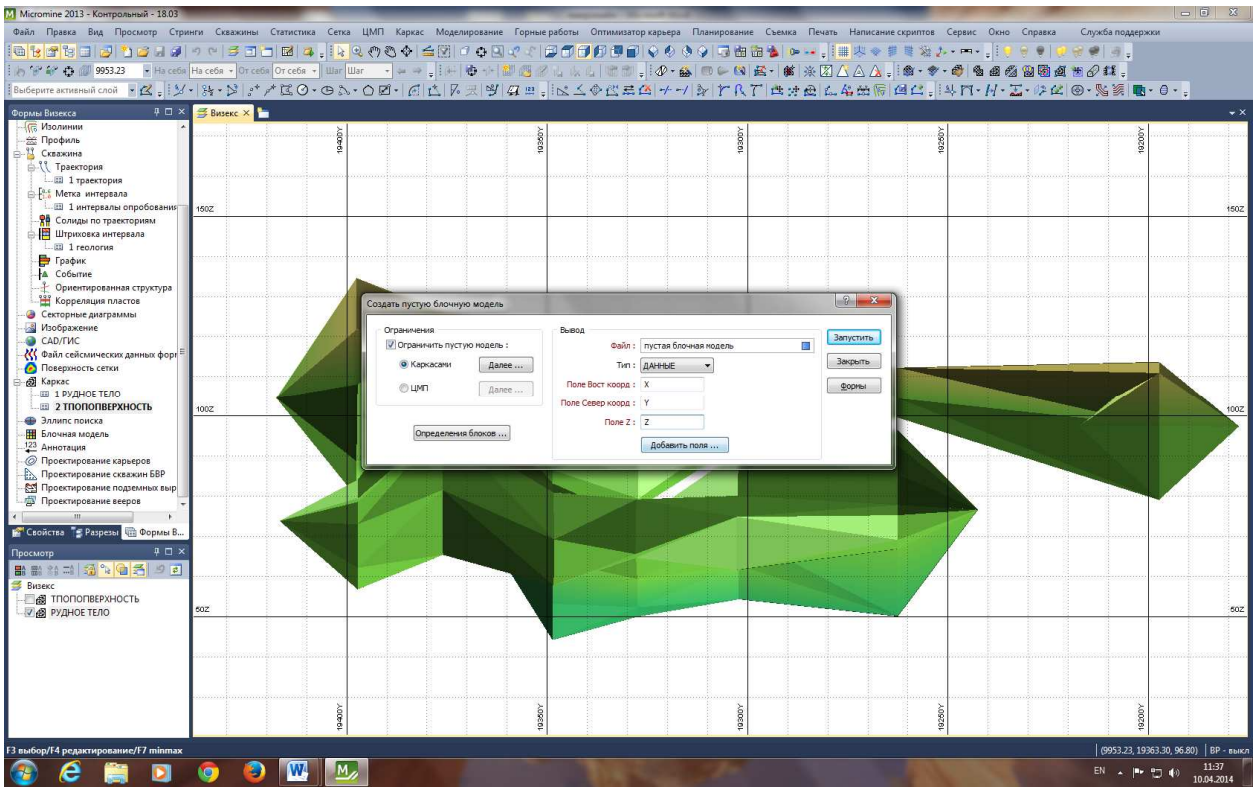


2) Для создания пустой блочной модели необходимо определить координаты рудного тела
X 9925 – 9892
Y 19398 – 19263
Z 135 – 45
Затем ограничиваем блочную модель каркасом рудного тела.

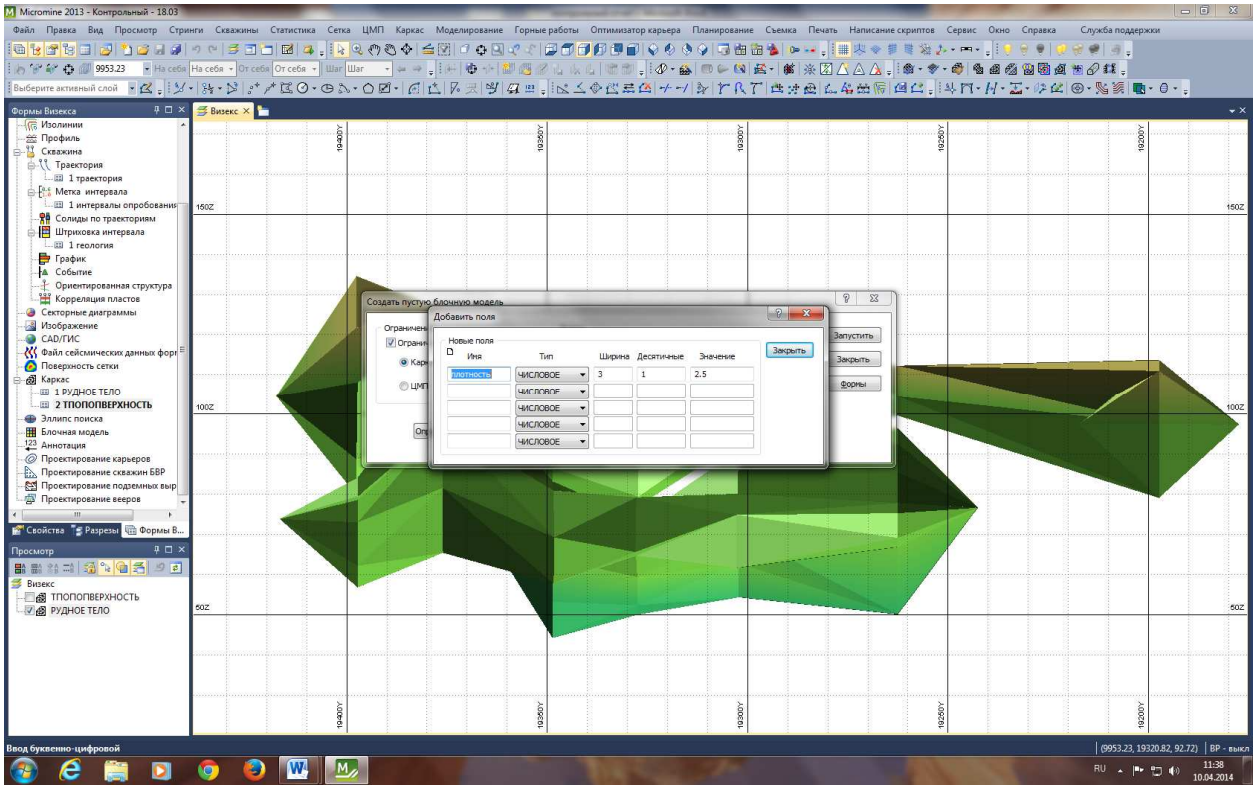


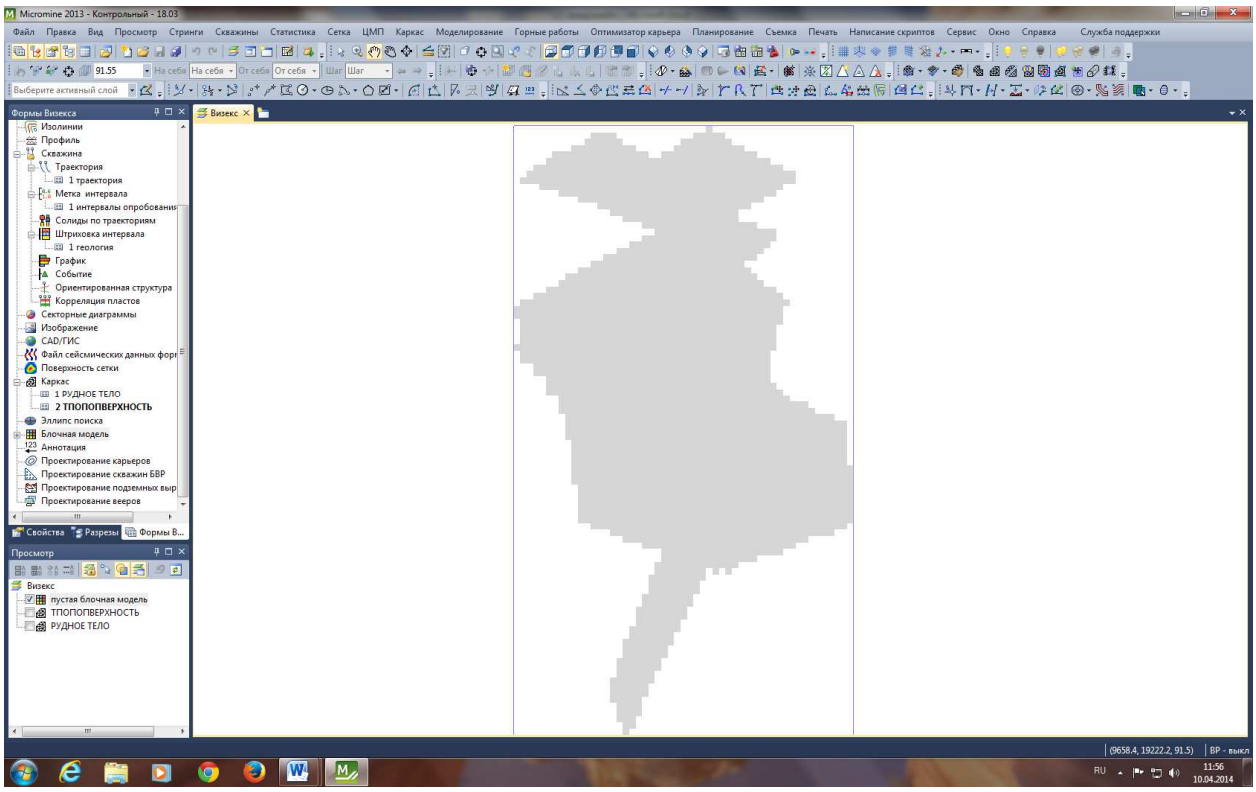

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Ограничить каркасной моделью
Каркас
Простые
Тип : рудное тело
Набор
Имя : руда
Закрыть
Присвоить атрибуты
Далее ...
Заменить целевое поле
Блочная модель
Метод субблокирования
Субблоки
Факторы для каждого каркаса
Префикс :
Субблокирование
Поле фактора блоков :
Накапливать факторы блока
Использовать упрощенный метод оценки факторов
Субблоки по X : 4
Субблоки по Y : 4
Субблоки по Z : 4
Создать пустую бло
Ограничить
Каркасн
ЦМП
Определ
Запустить
Закрыть
Формы
Формы Визекса
Изолинии
Профиль
Скважина
Траектория
1 траектория
Метка интервала
1 интервалы опробования
Солиды по траекториям
Штриховка интервала
1 геология
График
Событие
Ориентированная структура
Корреляция пластов
Секторные диаграммы
Изображение
CAD/GIS
Файл сейсмических данных форм
Поверхность сетки
Каркас
1 РУДНОЕ ТЕЛО
2 ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
Эллипс поиска
Блочная модель
Аннотация
Проектирование карьеров
Проектирование скважин БВР
Проектирование подземных выр
Проектирование вееров
Свойства
Разрезы
Формы В...
Просмотр
Визекс
ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО
Визекс
Нажмите на "Пробел" или на мышь для метки/снятия метки
(9953.23, 19343.64, 132.23) | ВР - выкл
RU
11:30
10.04.2014


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Границы блочной модели
Мин центр
Размер блока
Макс центр
К-во блоков
Восток : 9925 10 9925 5
Север : 19263 10 19398 15
Высота : 45 10 135 10
Использовать шаблон
Файл :
Тип : ДАННЫЕ
Поле Вост коорд :
Поле Сев коорд :
Поле Z :
Вращение
Нет
Эллипсоид вращения
Углы
Азимут (Z) :
Погружение (X) :
Вращение (Y) :
Все повороты левосторонние.
Закрыть
Формы
Формы Визекса
Изолинии
Профиль
Скважина
Траектория
1 траектория
Метка интервала
1 интервалы опробования
Солиды по траекториям
Штриховка интервала
1 геология
График
Событие
Ориентированная структура
Корреляция пластов
Секторные диаграммы
Изображение
CAD/GIS
Файл сейсмических данных форм
Поверхность сетки
Каркас
1 РУДНОЕ ТЕЛО
2 ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
Эллипс поиска
Блочная модель
Аннотация
Проектирование карьеров
Проектирование скважин БВР
Проектирование подземных выр
Проектирование вееров
Свойства
Разрезы
Формы В...
Просмотр
Визекс
ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО
Визекс
Ввод цифры
(9953.23, 19363.30, 96.80) | ВР - выкл
RU
11:36
10.04.2014



Добавляем новое поле плотность.

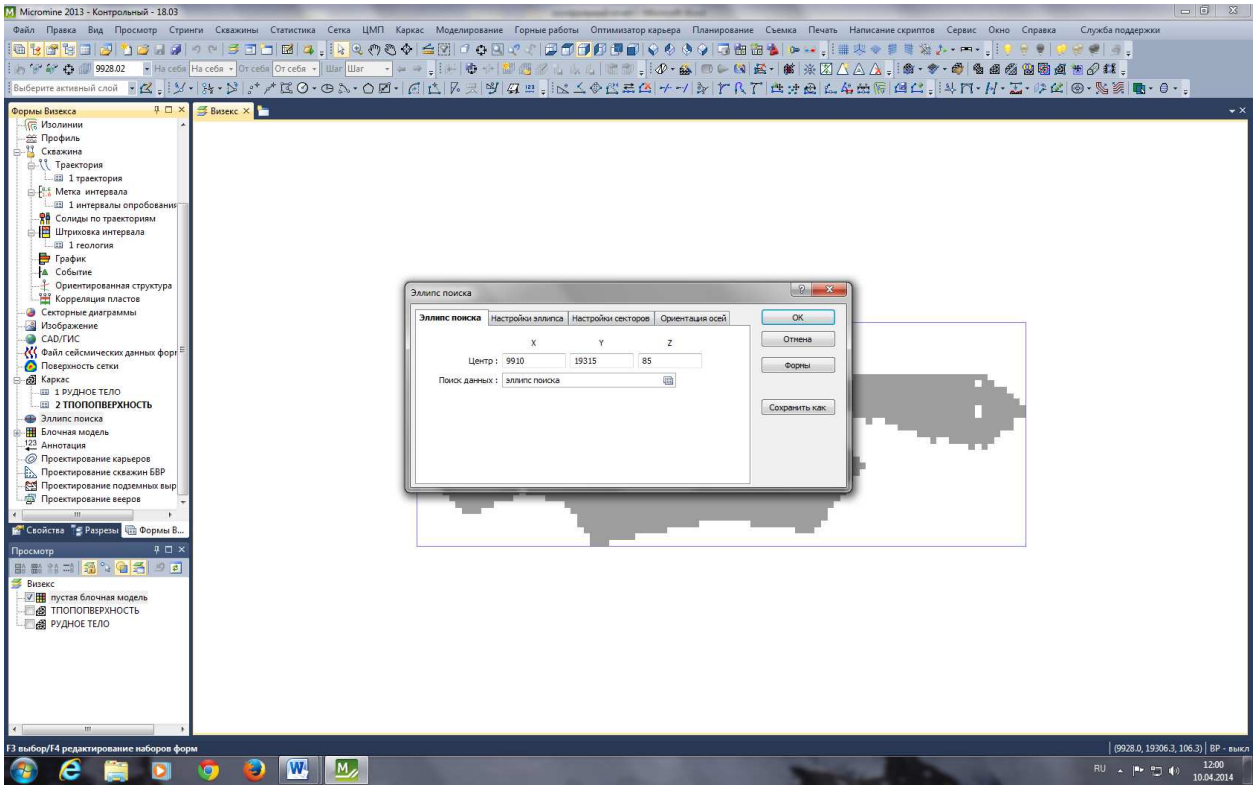


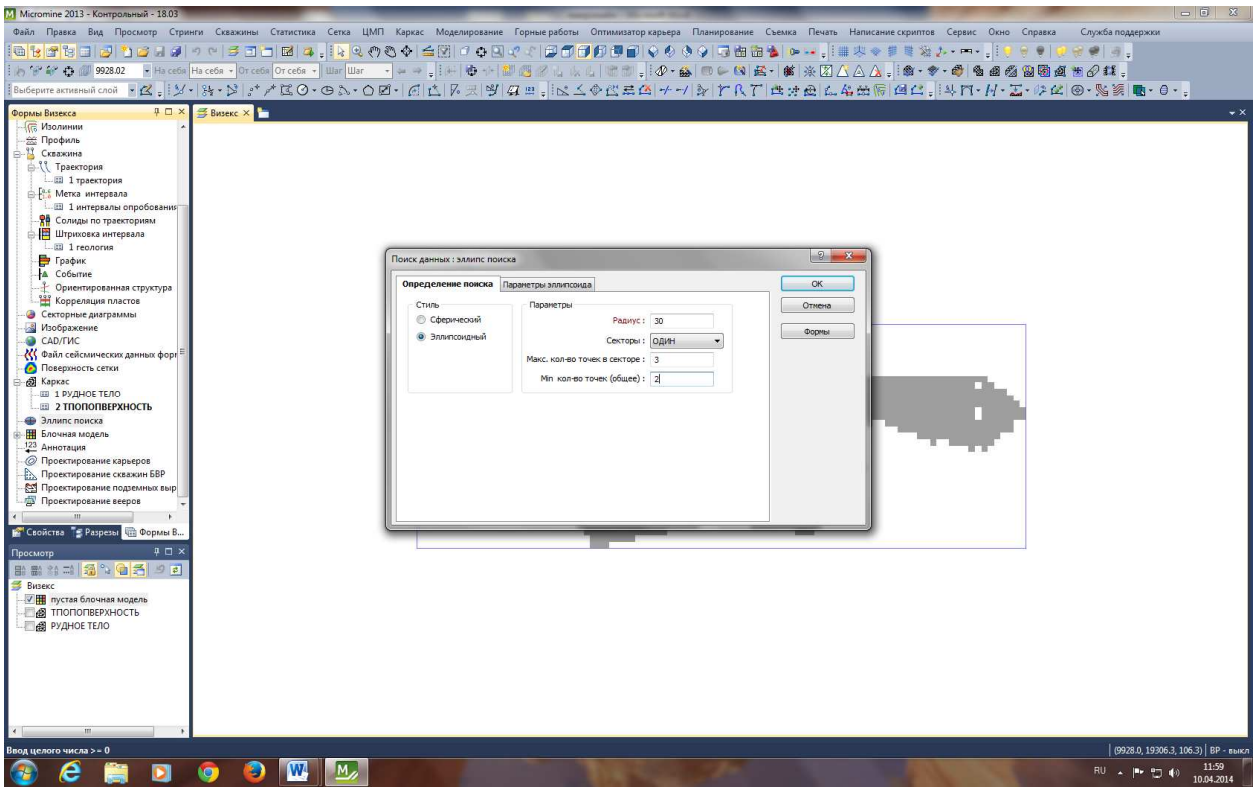


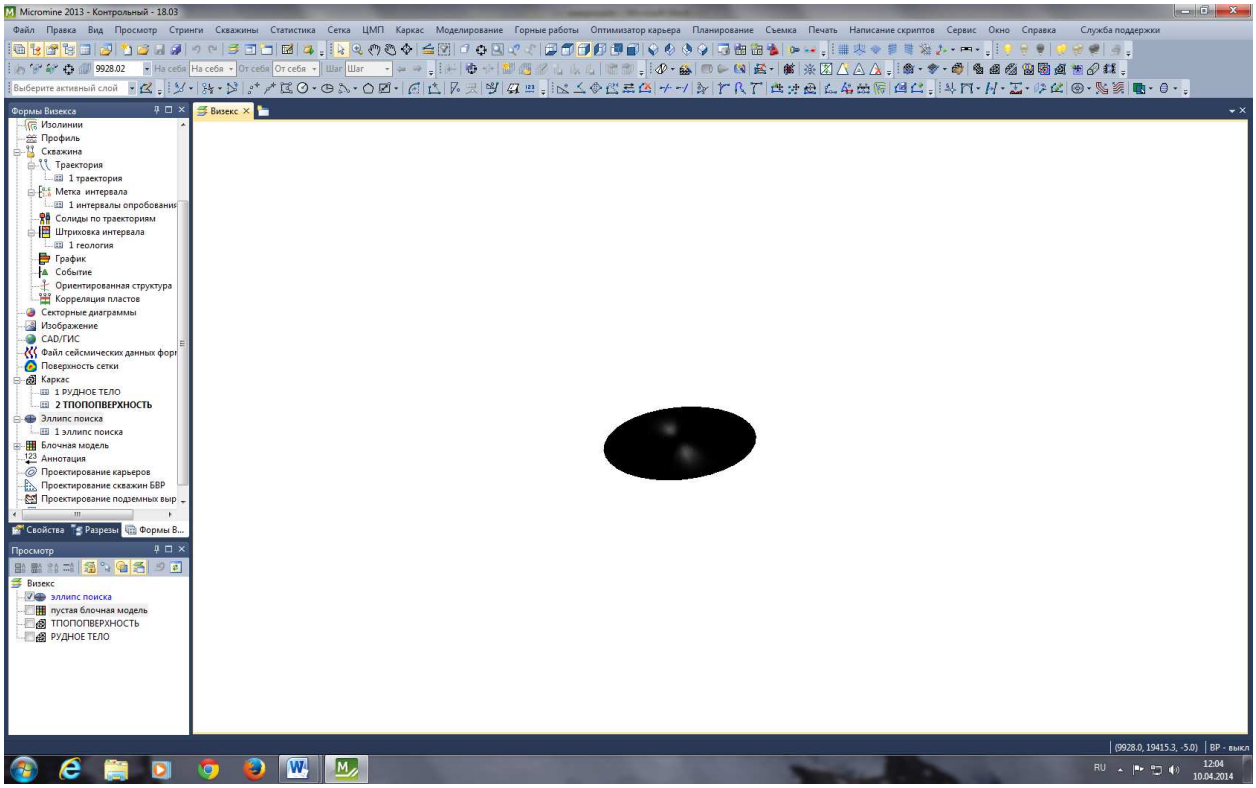
Создание эллипса поиска

Эллипс поиска определяет зону влияния элемента и предполагает зону ведения будущих работ.

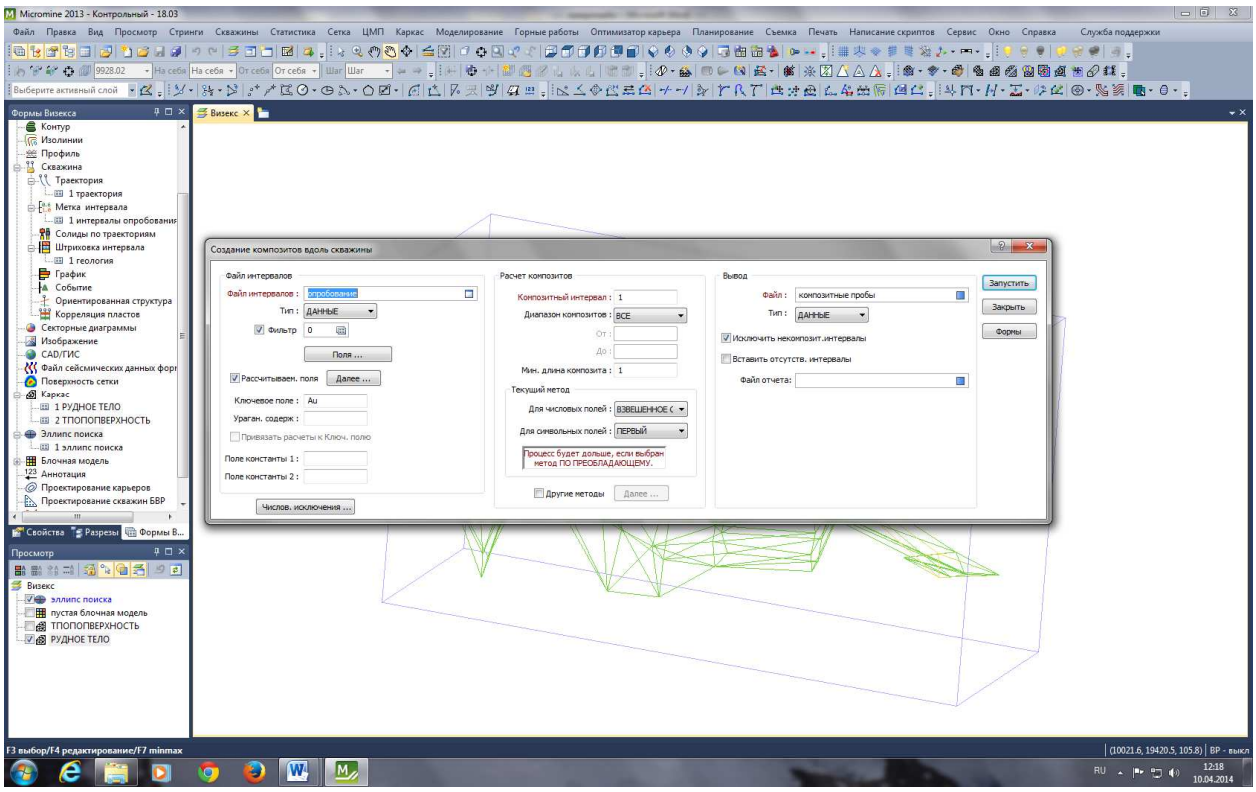
Для него необходимо задать координаты центра рудного тела.

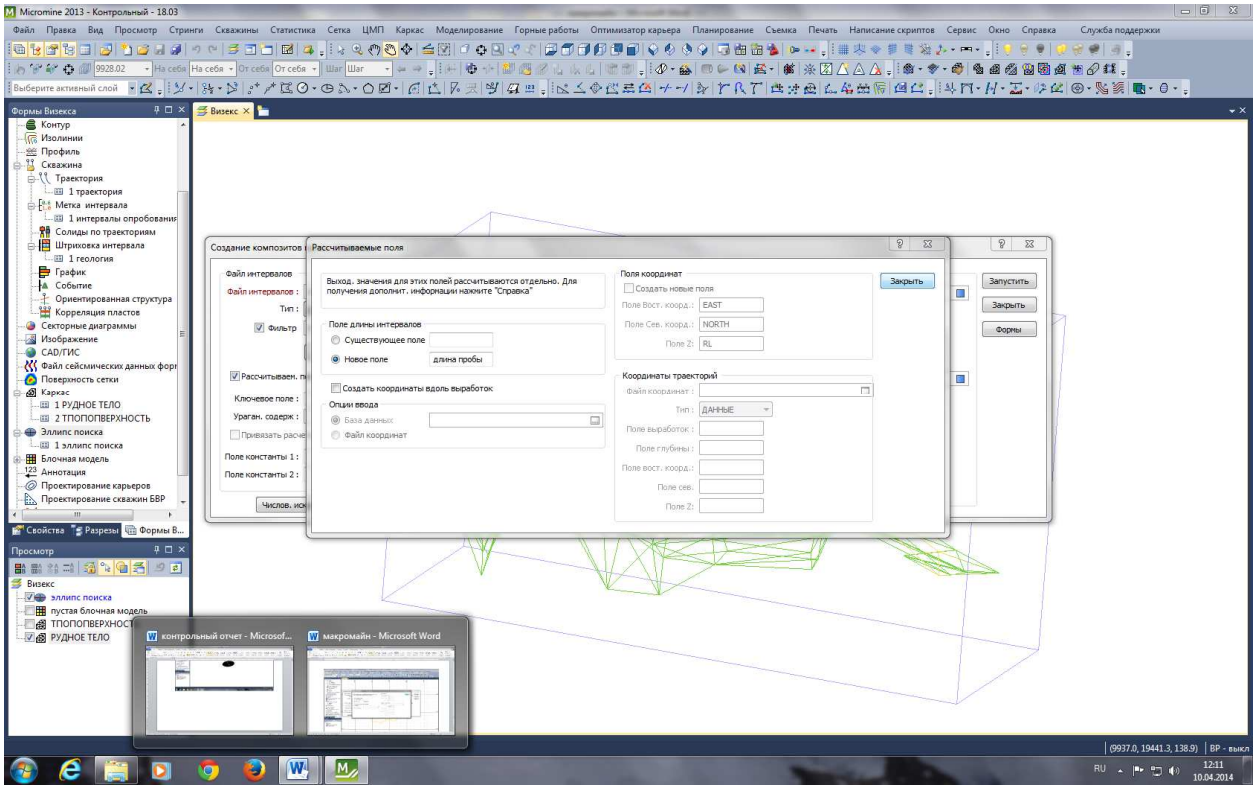






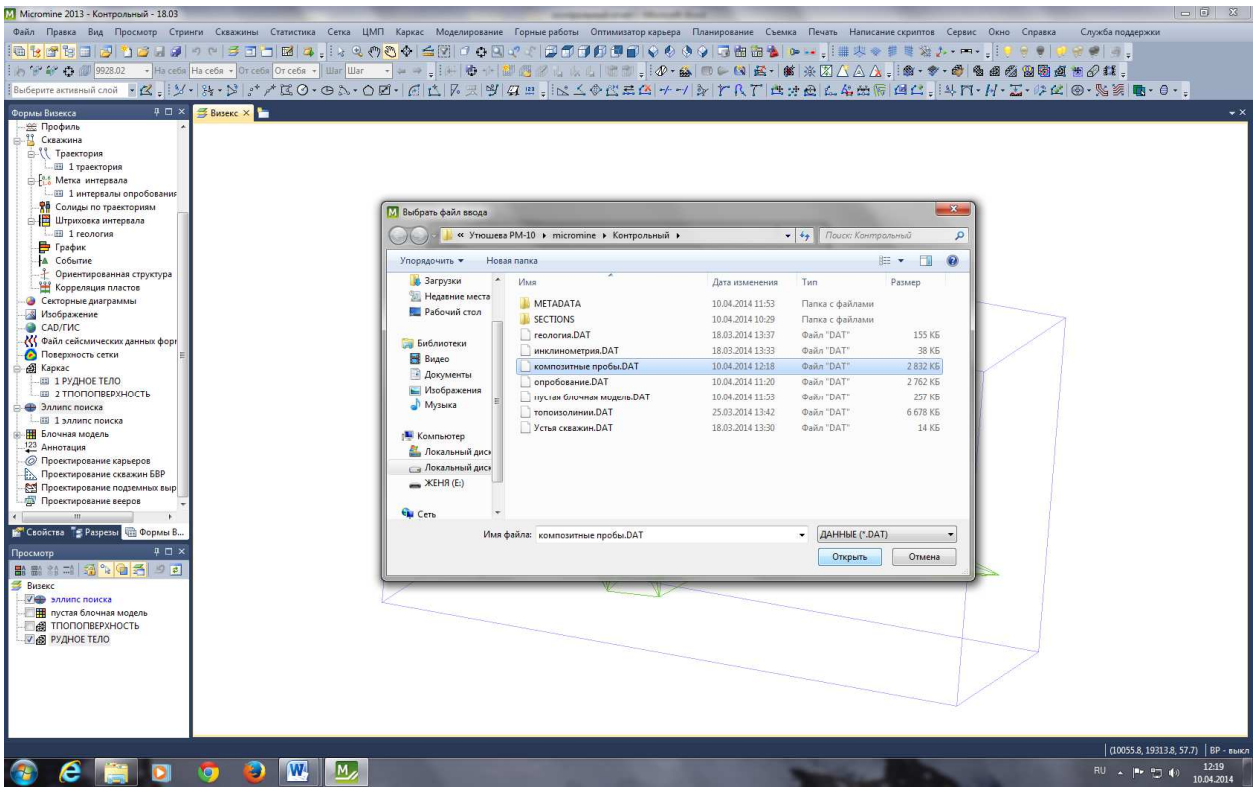
Составление композитов нужно, чтобы получить корректные результаты. Для этого приводим пробы к одной длине.

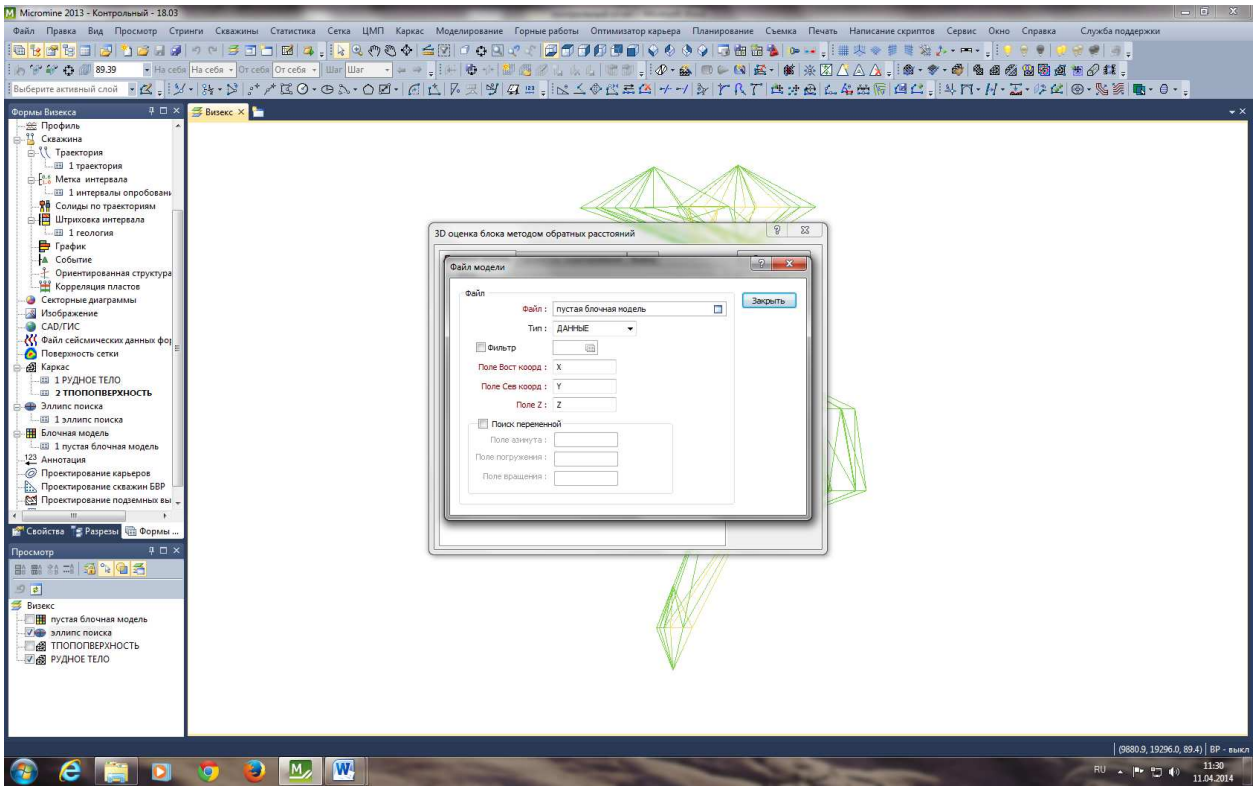


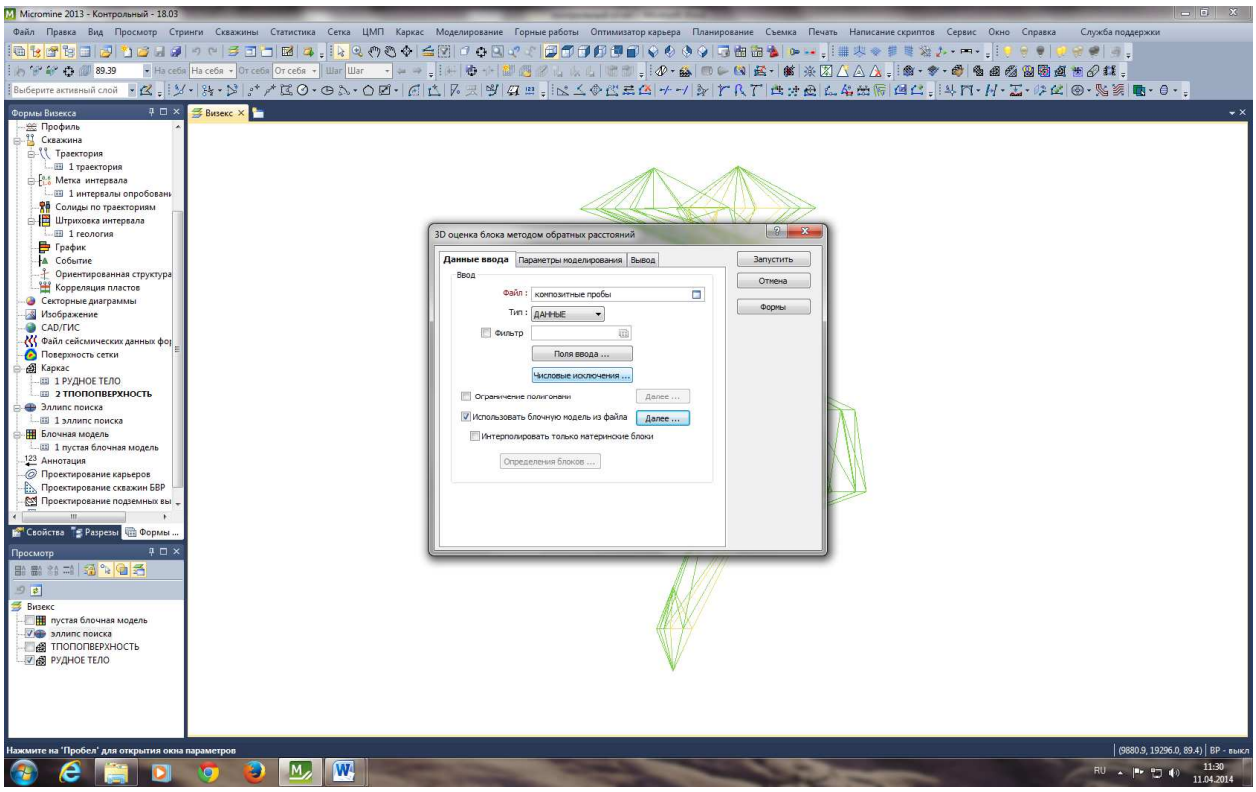


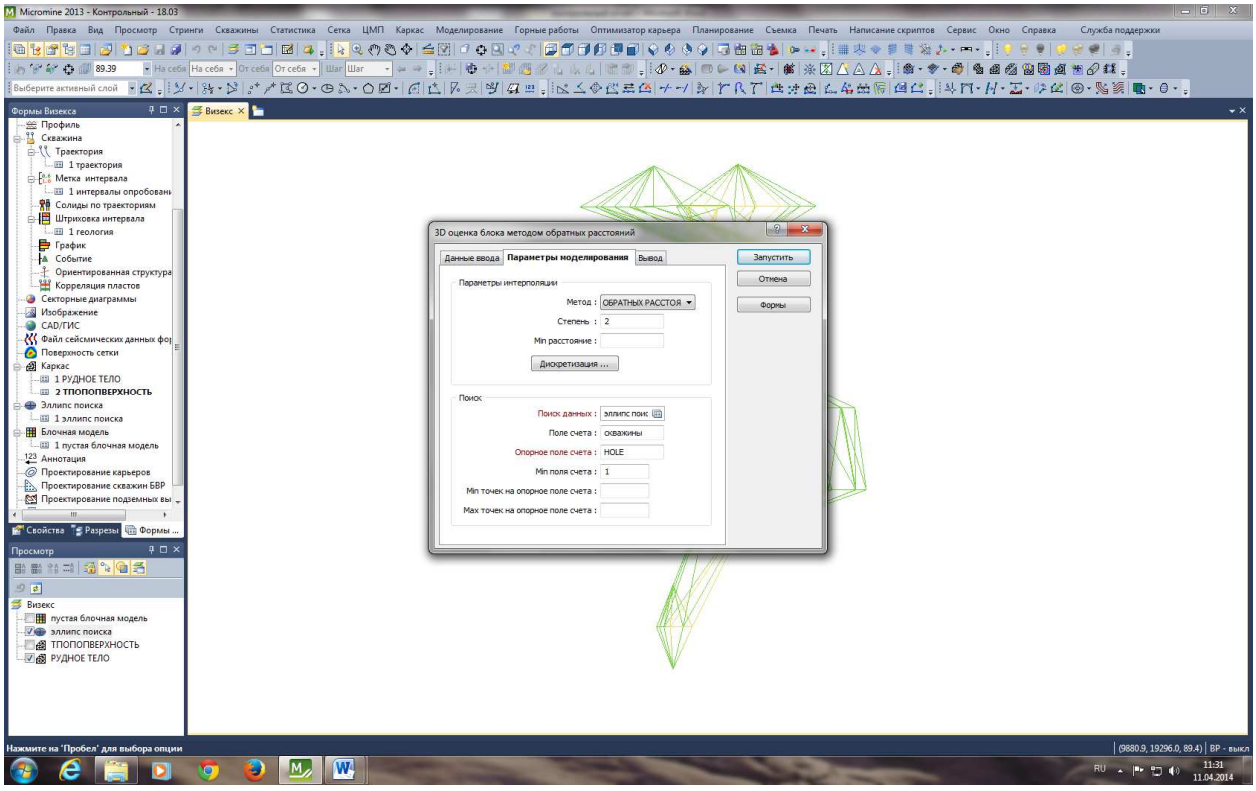
Интерполяция содержаний полезного компонента

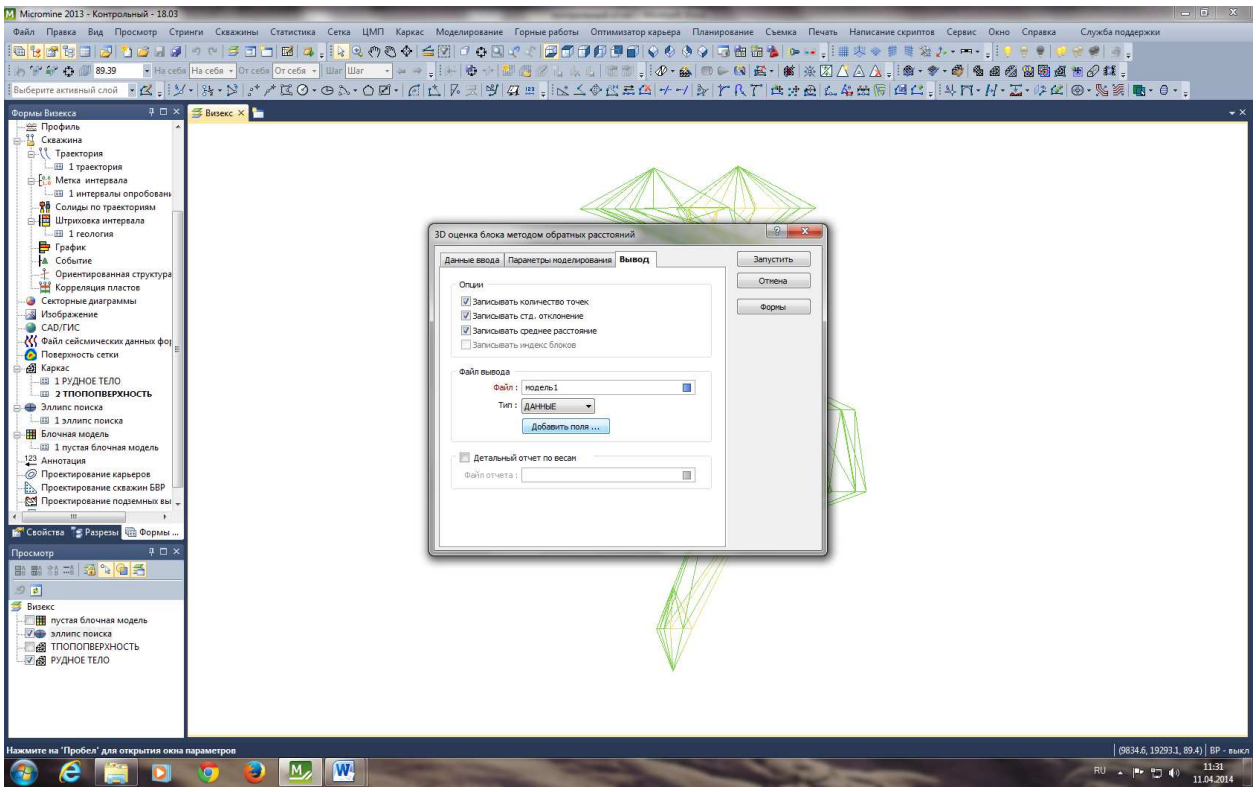
Моделирование - 3D оценка блоков обратным расстоянием.
В качестве исходного файла служит "Композитные пробы". Первой моделью является модель перовой категории с содержанием золота больше 3 г/т. Для ее создания файлом модели служит пустая блочная модель. Для следующих категорий файлом модели будут служить блочные модели высших категорий. Для последующей категории увеличиваем радиус эллипса 15, 30, 80

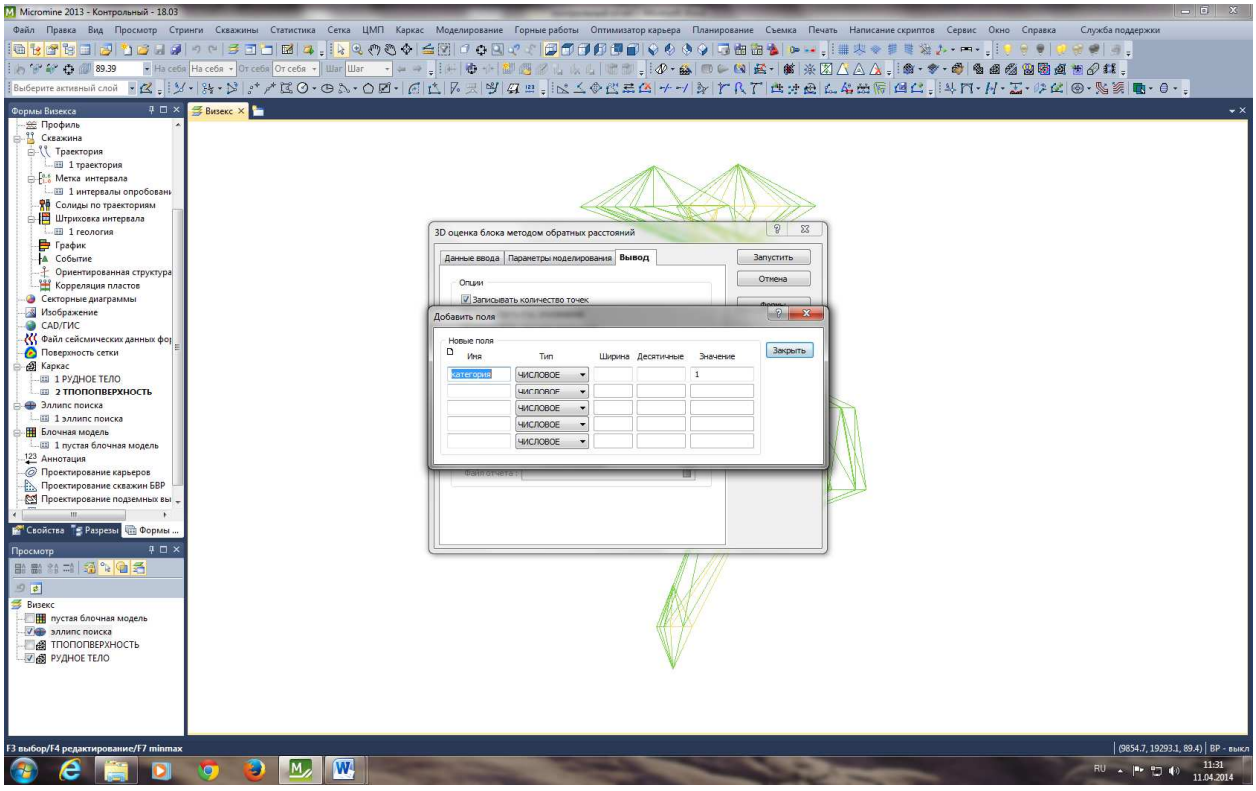

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Выбрать файл ввода
METADATA
SECTIONS
геология.DAT
инклинометрия.DAT
композитные пробы.DAT
опробование.DAT
топоизолинии.DAT
Устья скважин.DAT
Имя файла: композитные пробы.DAT
Открыть
Отмена

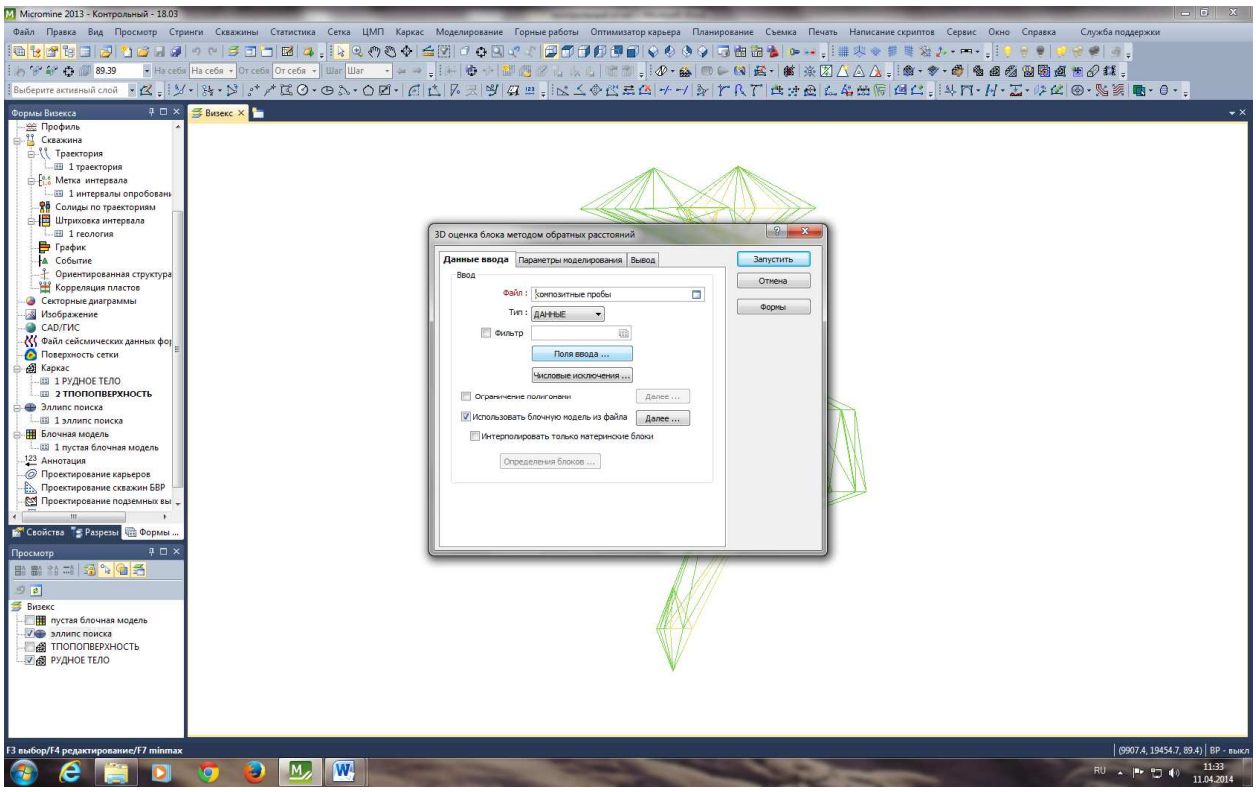

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
3D оценка блока методом обратных расстояний
Файл модели
Файл :
пустая блочная модель
Закрыть
Тип :
ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд :
Поле Сев коорд :
Поле Z :
Поиск переменной

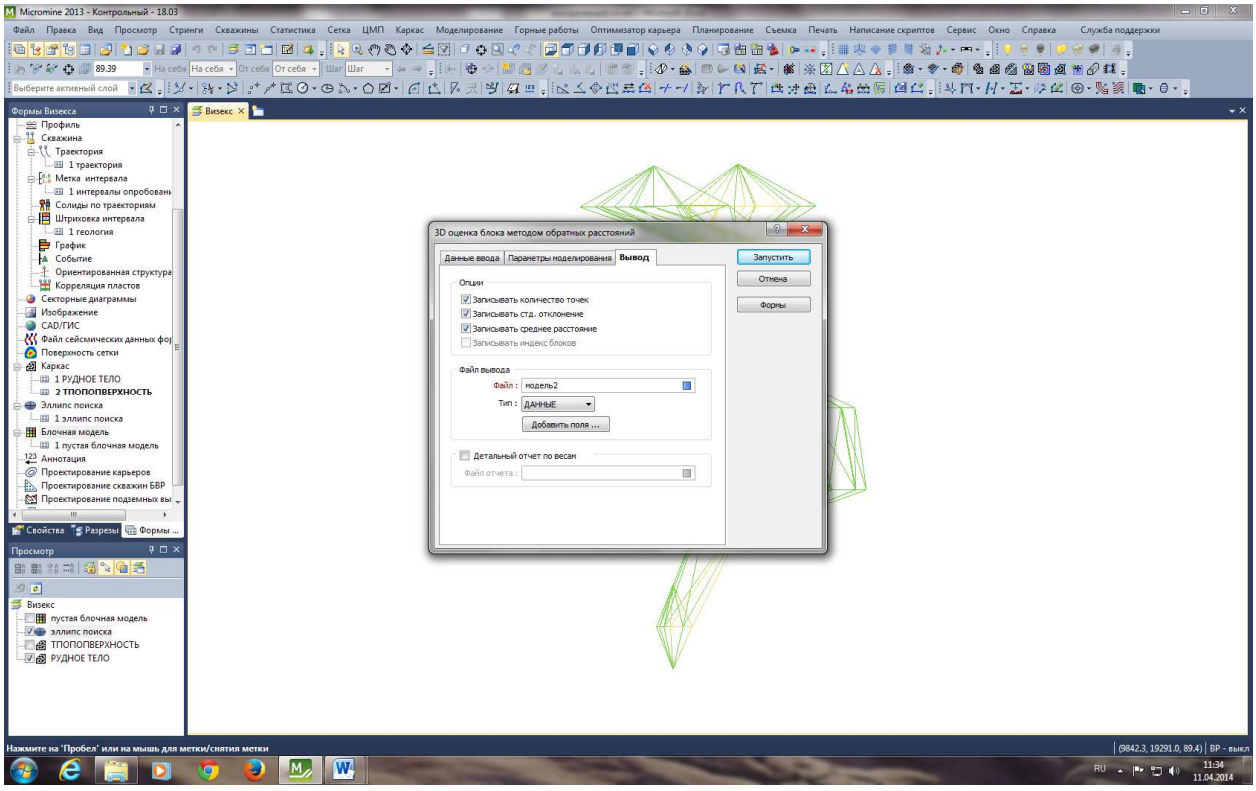

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Нажмите на "Пробел" для открытия окна параметров

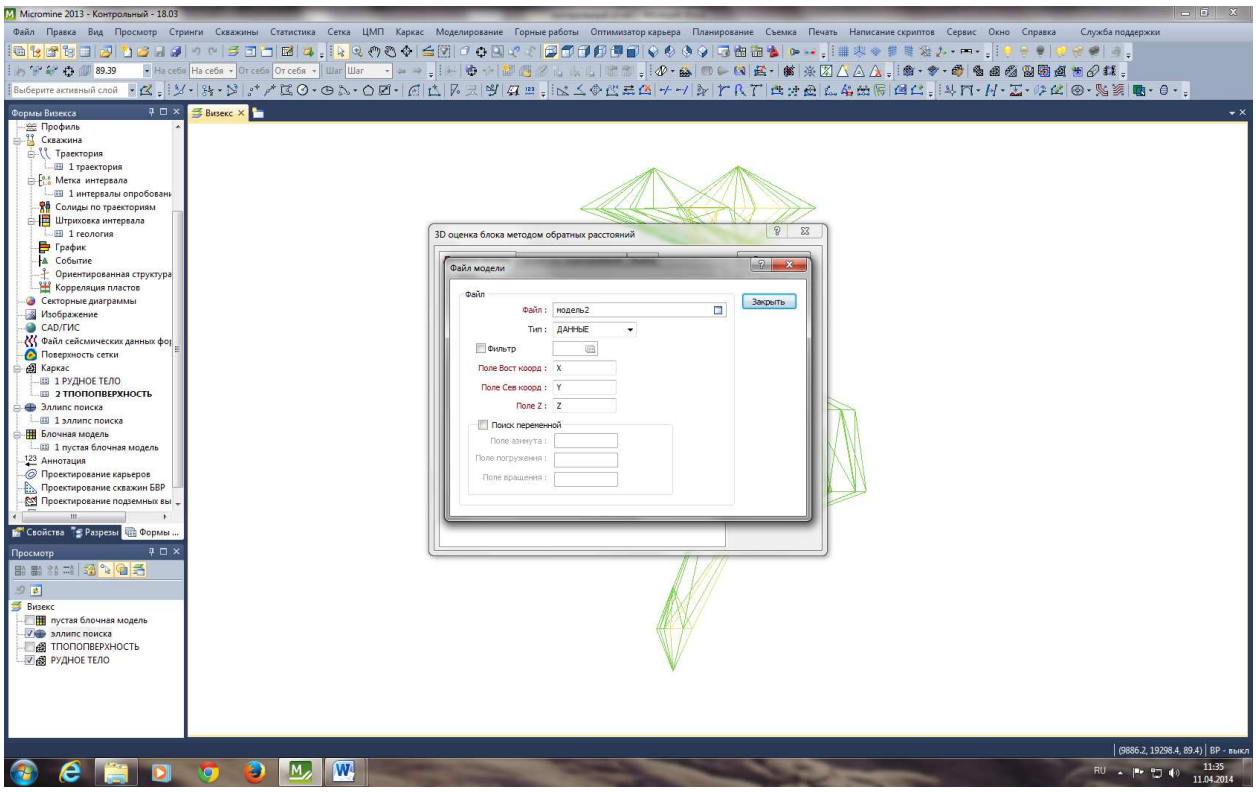

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Нажмите на "Пробел" для выбора опции

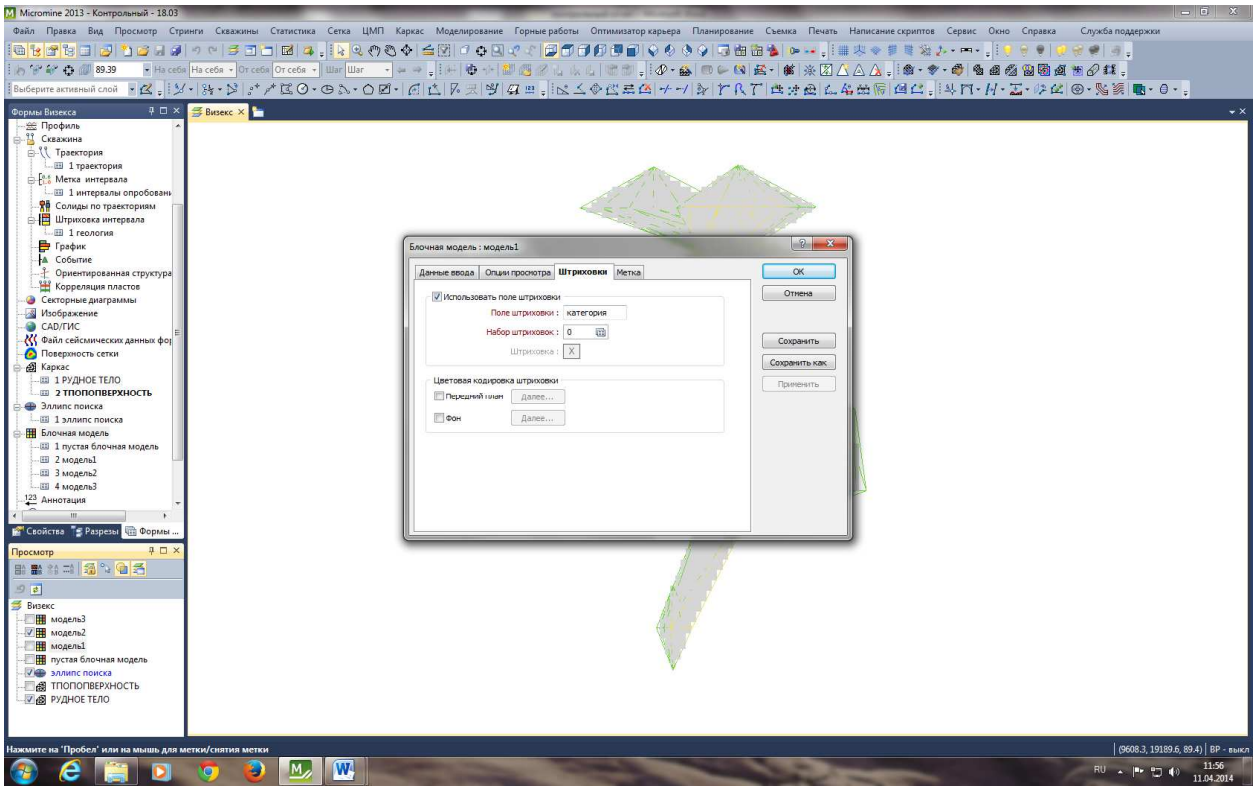

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Опции
Записывать количество точек
Записывать стд. отклонение
Записывать среднее расстояние
Записывать индекс блоков
Файл вывода
Файл :
модель1
Тип :
ДАННЫЕ
Добавить поля ...
Детальный отчет по весам
Файл отчета :
Нажмите на "Пробел" для открытия окна параметров

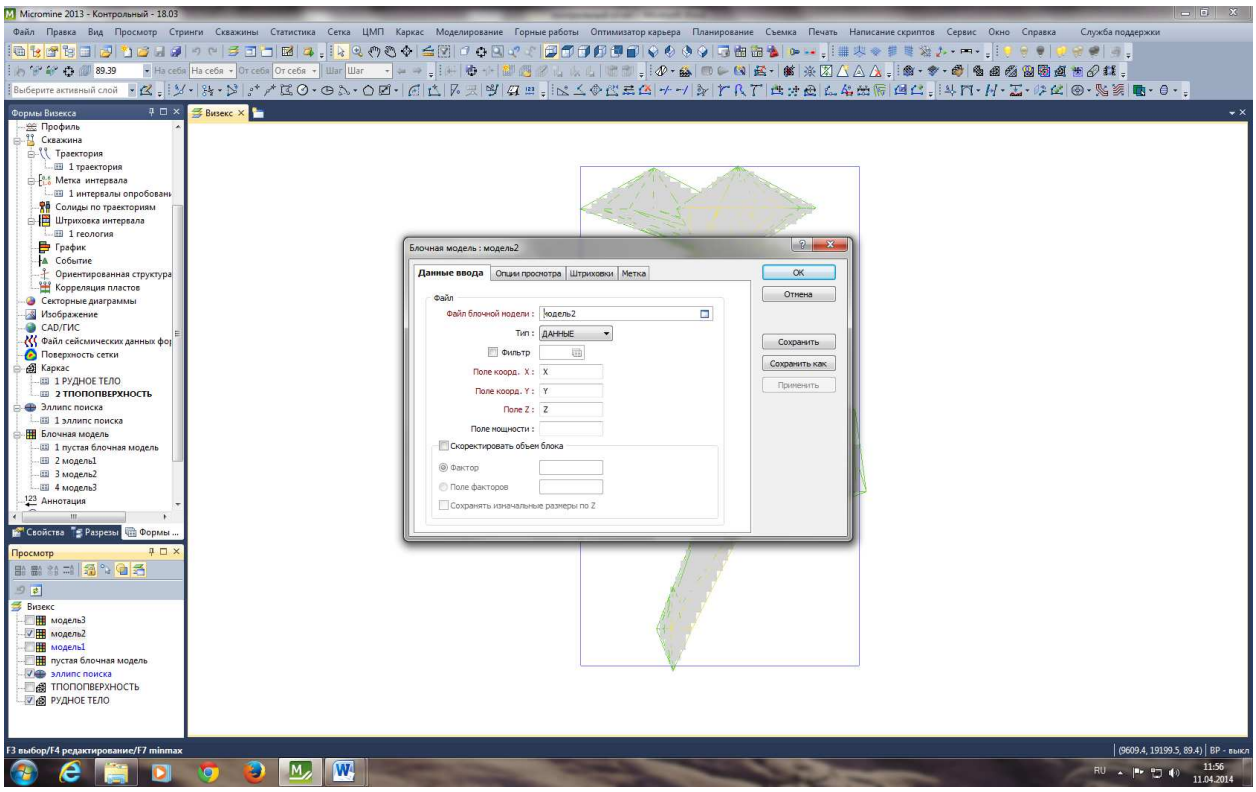

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Добавить поля
Новые поля
Имя
Тип
Ширина
Десятичные
Значение
Закрыть
Категория
ЧИСЛОВОЕ
F3 выбор/F4 редактирование/F7 minmax


3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Ввод
Файл : композитные пробы
Тип : ДАННЫЕ
Фильтр
Поля ввода ...
Числовые исключения ...
Ограничение полигонами
Далее ...
Использовать блочную модель из файла
Далее ...
Интерполировать только материнские блоки
Определения блоков ...

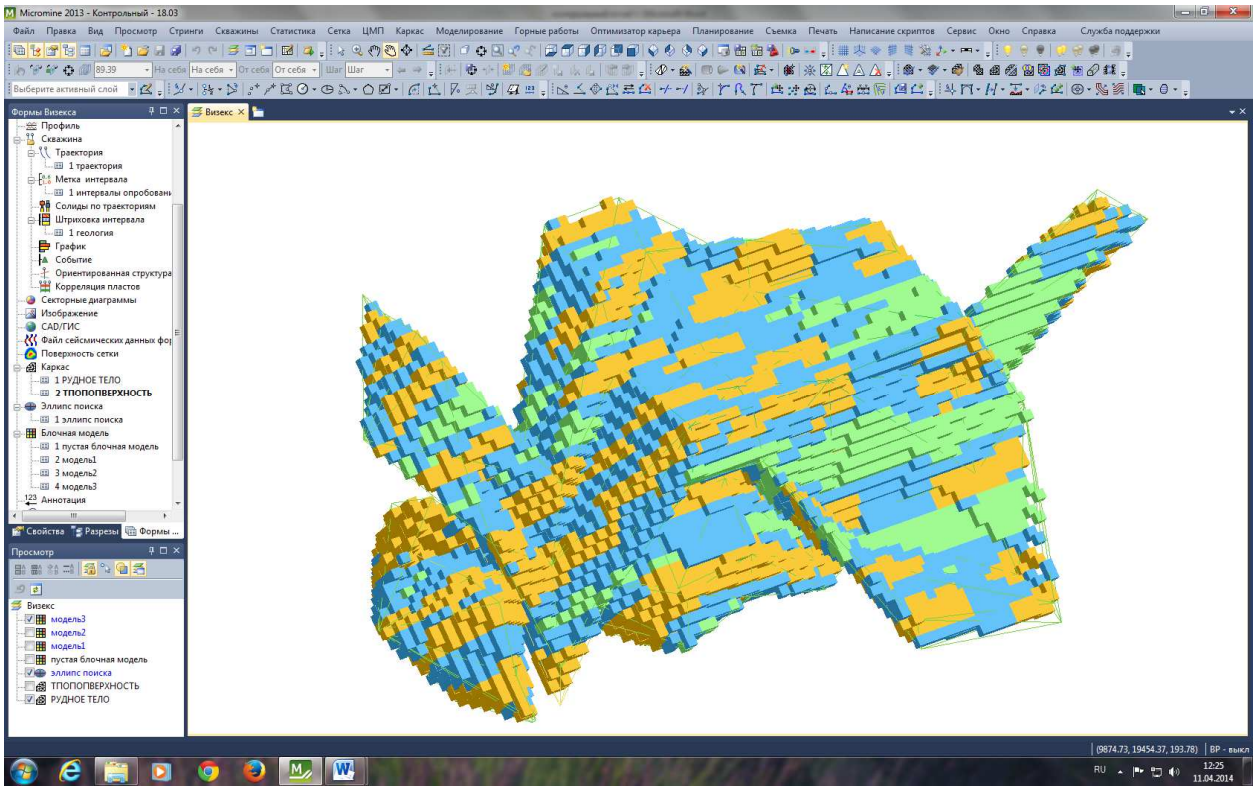

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Опции
Записывать количество точек
Записывать стд. отклонение
Записывать среднее расстояние
Записывать индекс блоков
Файл вывода
Файл : модель2
Тип : ДАННЫЕ
Добавить поля ...
Детальный отчет по весам
Файл отчета :


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Формы Визекса
Визекс
3D оценка блока методом обратных расстояний
Файл модели
Файл
Файл : модель2
Закрыть
Тип : ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд : X
Поле Сев коорд : Y
Поле Z : Z
Поиск переменной
Поле азимута :
Поле погружения :
Поле вращения :
Просмотр
пустая блочная модель
эллипс поиска
ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО

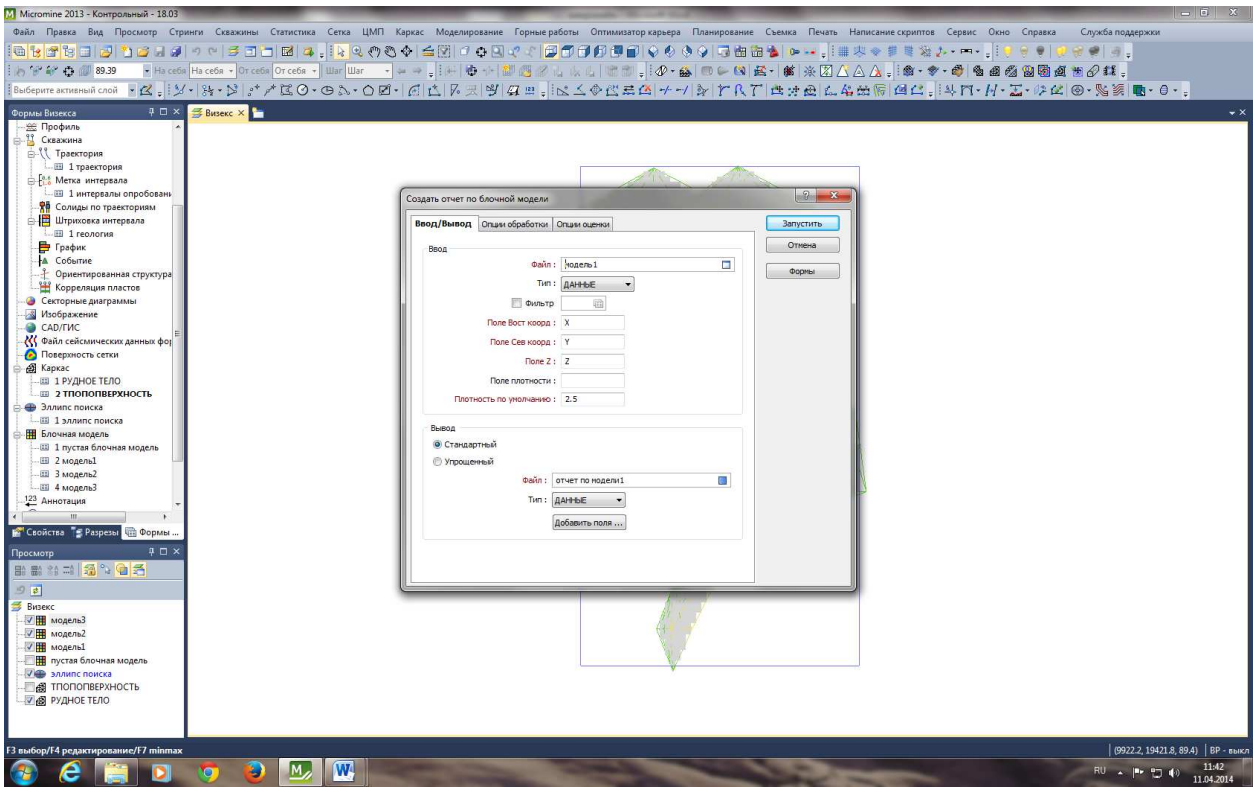

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Формы Визекса
Визекс
Блочная модель : модель1
Данные ввода
Опции просмотра
Штриховки
Метка
OK
Отмена
Использовать поле штриховки
Поле штриховки : категория
Набор штриховок : 0
Штриховка : X
Сохранить
Сохранить как
Применить
Цветовая кодировка штриховки
Передний план
Фон
Далее...
Просмотр
модель3
модель2
модель1
пустая блочная модель
эллипс поиска
ТПОПОПВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО
Нажмите на "Пробел" или на мышь для метки/снятия метки

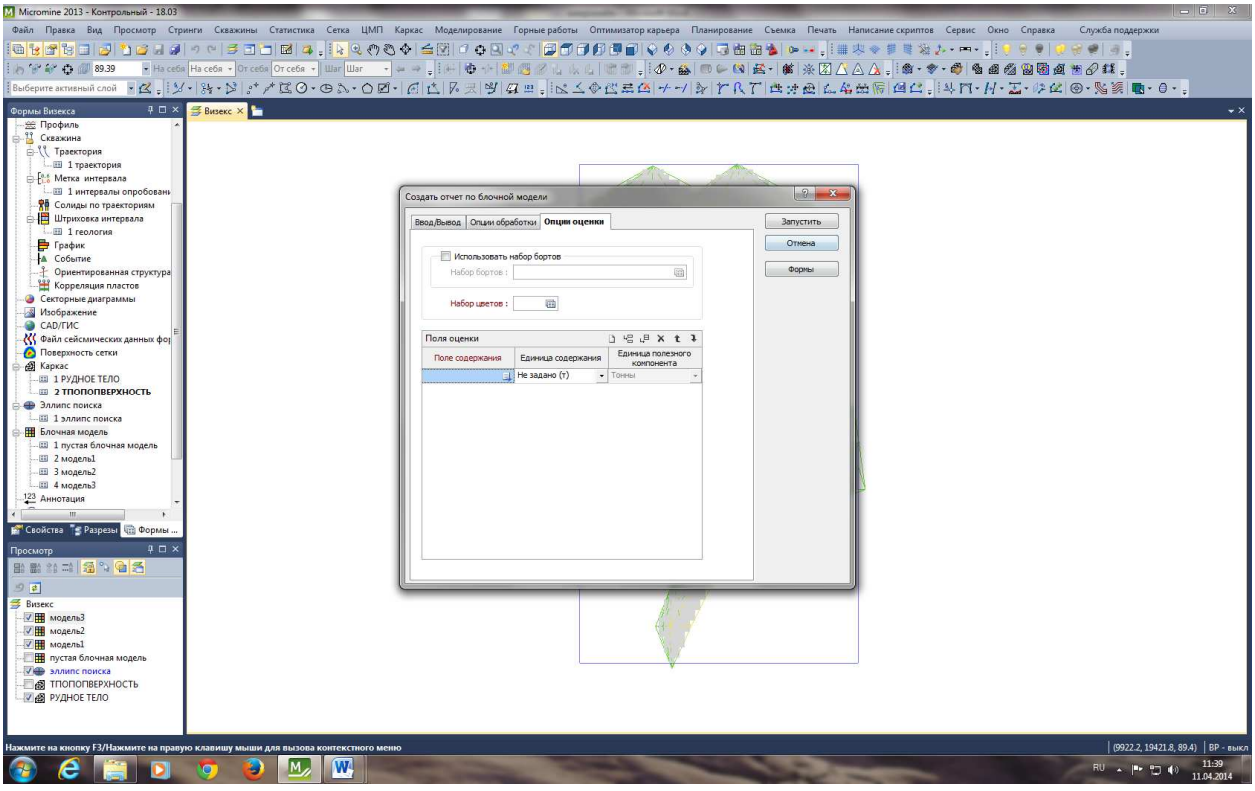


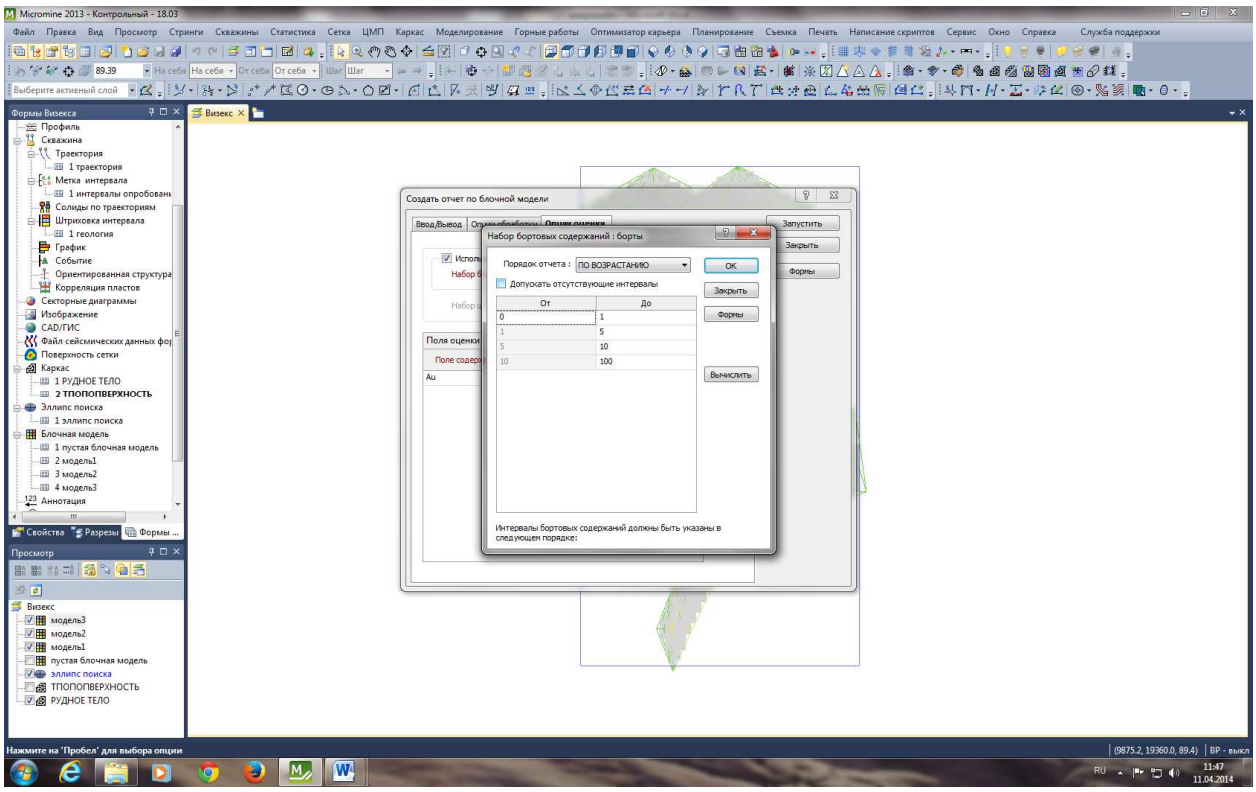
Итоговая модель отражает содержание элемента по трем категориям руд.

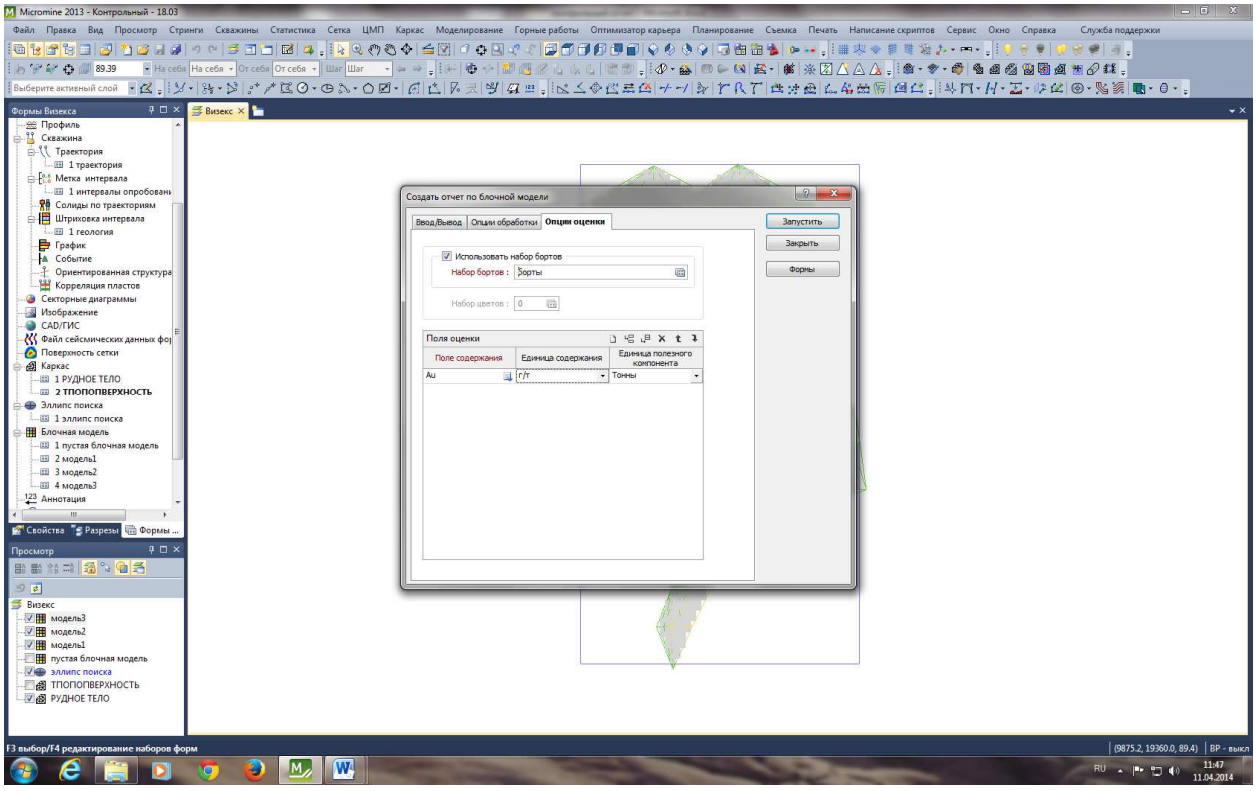


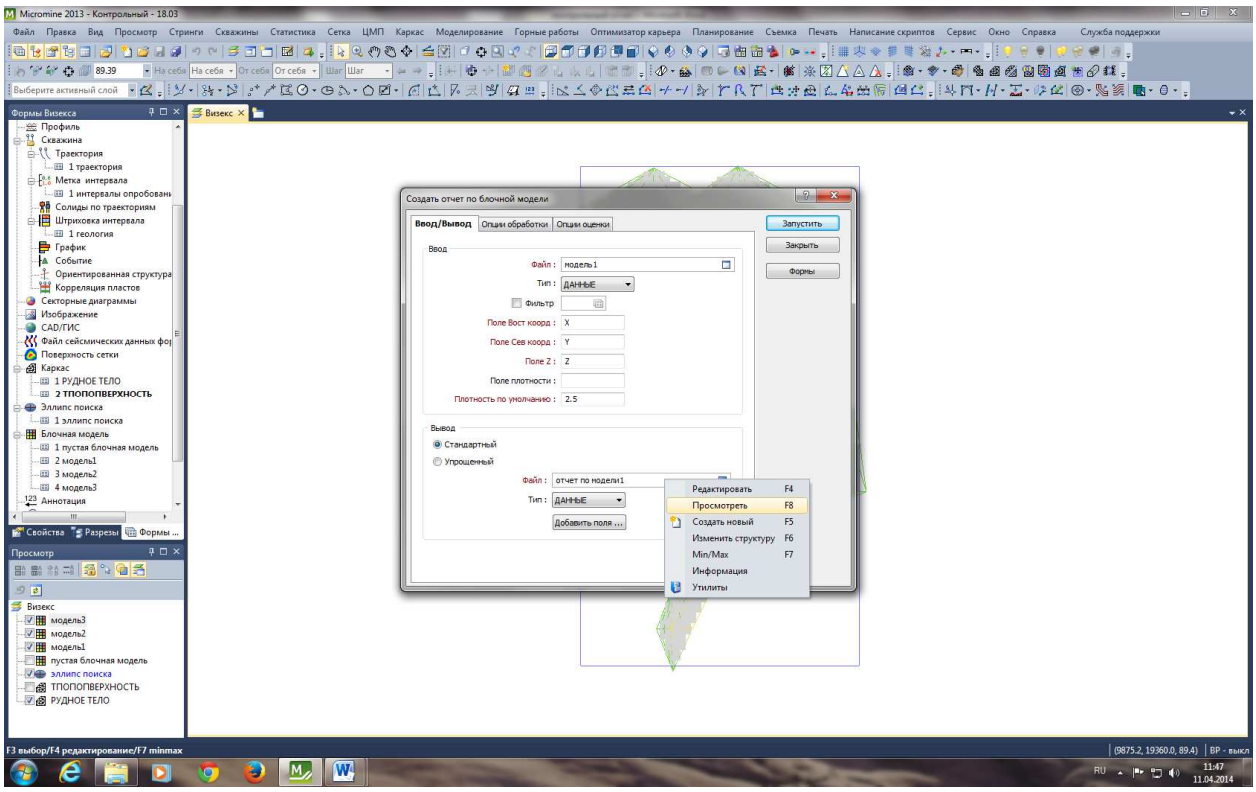
Создание отчета по блочной модели.


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Отмена
Формы
Ввод
Файл : Модель1
Тип : ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд : X
Поле Сев коорд : Y
Поле Z : Z
Поле плотности :
Плотность по умолчанию : 2.5
Вывод
Стандартный
Упрощенный
Файл : отчет по модели1
Тип : ДАННЫЕ
Добавить поля ...
F3 выбор/F4 редактирование/F7 minmax

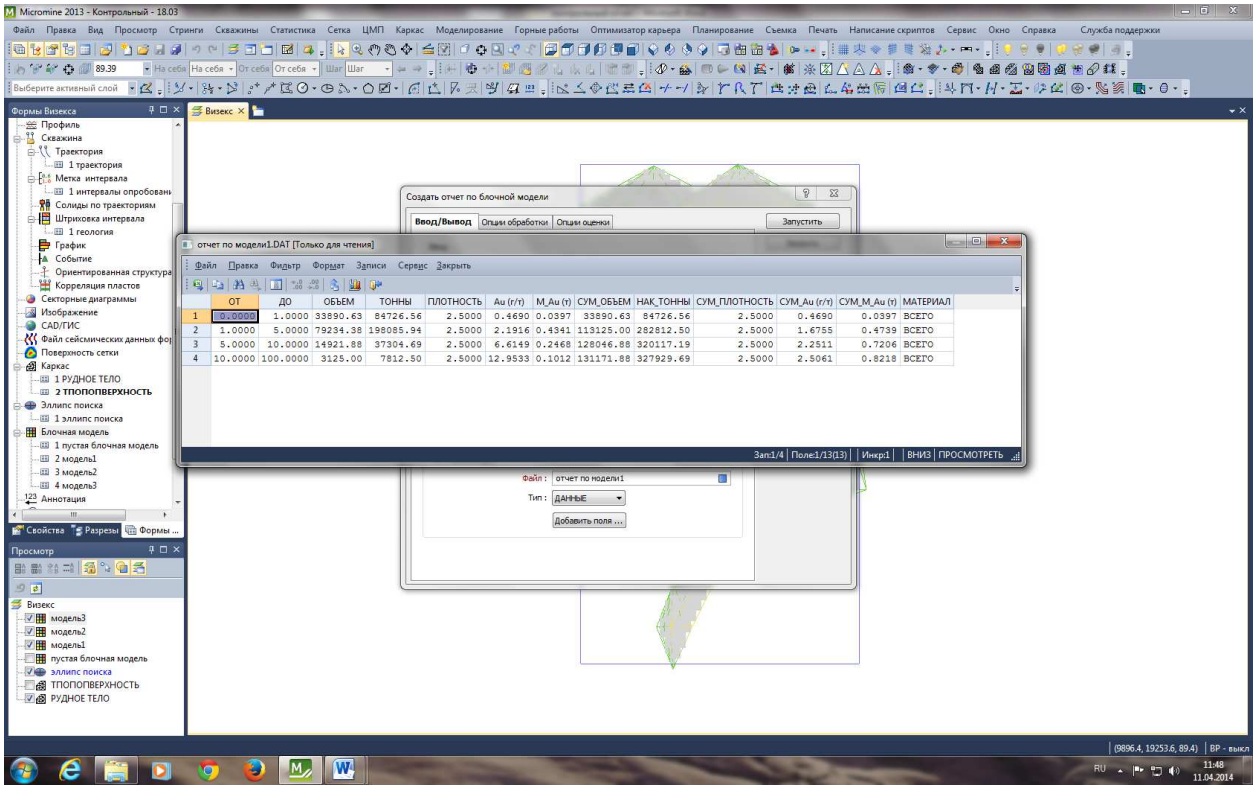

Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Отмена
Формы
Использовать набор бортов
Набор бортов :
Набор цветов :
Поля оценки
Поле содержания
Единица содержания
Единица полезного компонента
Не задано (т)
Тонны
Нажмите на кнопку F3/Нажмите на правую клавишу мыши для вызова контекстного меню


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Создать отчет по блочной модели
Набор бортовых содержаний : борты
Порядок отчета :
ПО ВОЗРАСТАНИЮ
Допускать отсутствующие интервалы
От
До
OK
Закрыть
Формы
Вычислить
Интервалы бортовых содержаний должны быть указаны в следующем порядке:
Нажмите на "Пробел" для выбора опции


Micromine 2013 - Контрольный - 18.03
Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Закрыть
Формы
Использовать набор бортов
Набор бортов :
Борты
Набор цветов :
Поля оценки
Поле содержания
Единица содержания
Единица полезного компонента
Au
г/т
Тонны
F3 выбор/F4 редактирование наборов форм



Отчет по блочной модели позволяет обобщить результаты и показывает содержание компонента в руде и запасы золота в породе в целом.



Рекомендуемая литература

1. Коротаев М.В., Правикова Н.В., Аплеталин А.В. Информационные технологии в геологии: Учебное пособие. – М.: КДУ. 2012. 298 с.

б) дополнительная литература

2. Капутин Ю.Е. Информационные технологии планирования горных работ. – СПб.: Недра. 2004. 424 с.

3. Капутин Ю.Е., Ежов А.И., Хенли С. Геостатистика в горно-геологической прак-тике. КНЦ. Апатиты. 1995. 191 с.

4. ArcView GIS. – Руководство пользователя. М.: ESRI. 1998.367 с.

5. Мальцев В.А. Программный комплекс геостатистического моделирования и оценивания – GST 3.02. Учебник и руководство пользователя. М.: Недра. 1993. 153 с.

6. Демьянов В.В. Геостатистика: теория и практика : [монография] / В. В. Демьянов, Е. А. Савельева ; под ред. Р. В. Арутюняна ; Российская академия наук, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики. - Москва : Наука, 2010. - 328 с.

Вопросы для самопроверки
по дисциплине «Основы компьютерных технологий в геологии»

1. Современное состояние программного обеспечения для горно-геологических предприятий.
2. Особенности современного развития горных информационных технологий и компьютерного обеспечения.
3. Структура и функциональные возможности программных продуктов ArcView, Micromine, GST.
4. Моделирование пространственных переменных. Виды моделей.
5. Методы интерполяции данных геологоразведочных работ.
6. Принципы построения и моделирование вариограмм.
7. Особенности вариограмм.
8. Основные характеристики вариограмм. Радиус влияния вариограммы.
9. Построение экспериментальных вариограмм.
10. Теоретические модели вариограмм.
11. Кригинг – как метод интерполяции данных.
12. Технология создания блочных моделей рудных тел.
13. Технология создания цифровых моделей поверхностей (в программе «Surfer»)
14. Каркасное моделирование рудных тел.
15. Классический статистический анализ геологоразведочных данных.
16. Методы создания пространственных моделей (в программе «Surfer»)
17. Характеристика горно-геологических информационных систем, функции
18. Растровые и векторные модели геологических объектов.
19. Композитные пробы.
20. Организация баз данных с помощью ГИС «Micromine»

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.09 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ПОИСКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……4
1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ……7
1.1.Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном сечении……7
1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане……12
2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ……16

ВВЕДЕНИЕ

Оконтуривание месторождений полезных ископаемых – это определение на горизонтальной, вертикальной проекциях и разрезах границ контуров распространения залежей полезного ископаемого или его частей (отдельных тел, блоков, горизонтов). Оно производится по показателям кондиций: бортовому содержанию полезного компонента, минимальному промышленному содержанию, минимальной мощности тела полезного ископаемого или метропроценту и ряду других. Оконтуривание месторождений полезных ископаемых – этап, предшествующий подсчету запасов полезных ископаемых. Оконтуривание сводится к установлению опорных точек контура объекта по естественным обнажениям, горным выработкам, разведочным скважинам и построению по ним линии подсчетного контура залежи. Для подсчета запасов отстраивается промышленный контур, ограничивающий кондиционные участки тела полезного ископаемого. Он может быть внутренним и внешним. **Внутренний** контур отстраивается через крайние разведочные пересечения, встретившие полезное ископаемое; **внешний** – через точки предполагаемых естественных или условных (экстраполированных) границ распространения месторождения.

В пределах выработки опорные точки устанавливаются по данным замеров, непосредственных наблюдений и опробования. При четких геологических границах подсчетный контур совпадает с геологическим. При сложном распределении полезных компонентов оконтуривание производят по пробе с бортовым содержанием, по мощности или метропроценту (произведению величины мощности на содержание). При отстройке подсчетного контура установленные по отдельным выработкам опорные точки переносятся на планы, разрезы или проекции и соединяются прямыми или изогнутыми (согласно геологической структуре) линиями. Положение опорных точек между крайними пересечениями с кондиционными и некондиционными показателями находят способом интерполяции. За пределами выработок с кондиционными показателями при отсутствии оконтуривающих пересечений подсчетный контур определяют методом экстраполяции с использованием геолого-геофизических данных по месторождению.

Запасы, оконтуренные по достаточно густой сети разведочных пересечений, могут быть отнесены к категориям *A* и *B*, а на объектах сложного геологического строения – к категории C_1. Запасы, распо-

ложенные за пределами внутреннего контура, обычно относятся к категориям C_2 и реже – C_1.

Подсчетом запасов называется операция по определению количества промышленно пригодного минерального сырья в недрах. Разведанные и правильно учтенные запасы полезных ископаемых представляют надежную основу для экономики страны. Поэтому обоснованный подсчет запасов для разных видов минерального сырья имеет важное государственное значение. Хотя подсчет запасов является вычислительной операцией, в его основе лежит методически обоснованная разведка и всестороннее изучение геологического строения месторождения полезного ископаемого.

По Л. И. Четверикову (1984) понятие «**методика разведки**» является базовым понятием теории разведки. Оно включает в себя: а) комплекс локальных наблюдений и замеров разведочных параметров (метод разведки); б) способы осуществления этих наблюдений и замеров; в) методы обработки, анализа и оценки разведочной информации; г) интерпретацию данной информации и создание эмпирической модели разведуемых недр. Пункт «а» занимает особое положение. Он реализуется через разведочные системы. Вслед за А. Б. Кажданом [1, 2] под разведочной системой мы понимаем совокупность определенным образом расположенных разведочных пересечений. По пространственной ориентировке разрезов разведочные системы подразделяются на три класса: 1) вертикальных разрезов; 2) горизонтальных разрезов; 3) продольных разрезов. Выбор системы разведки зависит от ряда факторов: а) поставленных задач и выбранной методики разведки; б) горно-геологических особенностей разведки; в) имеющихся технических средств; г) географо-геоморфологических и экономических факторов. Оптимальной будет такая система разведки, которая позволит решить поставленные задачи и осуществить оценку недр с наименьшей затратой времени и материально-технических средств.

Подсчет запасов и сопутствующее ему изучение месторождений проводятся для: а) определения количества минерального сырья в недрах с выяснением распределения запасов по отдельным сортам и участкам месторождения; б) обоснования степени надежности цифр подсчета запасов и степени изученности месторождения; в) сбора необходимых данных для геолого-экономической оценки разведуемого месторождения, включающей обоснование способа вскрытия и отработки объекта, оценку технологических свойств и качеств минераль-

ного сырья, расчет экономической целесообразности промышленного освоения.

Запасы какого-либо компонента (например, металла) в недрах рудного месторождения рассчитываются по формуле

$$P = Q \cdot c,$$

где P – запасы компонента (например, металла); Q – запасы минерального сырья (например, руды); c – среднее содержание компонента в контуре подсчитываемых запасов (например, среднее содержание металла в руде).

Если «c» выражено в процентах, то $P = Q\dfrac{c}{100}$.

Запасы минерального сырья (Q) определяются по формуле

$$Q = V \cdot d\ ,$$

где V – объем тела полезного ископаемого, по которому производится подсчет запасов, м^3; d – объемная масса минерального сырья в недрах, т/м^3.

Объем тела полезного ископаемого (V) определяется по формуле

$$V = S \cdot m,$$

где S – площадь полезного ископаемого, м^2; m – средняя мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчитываемых запасов, м.

В итоге формулу подсчета запасов можно выразить так: $P = S \cdot m \cdot d \cdot c$

$$\text{или}\quad P = \frac{S \cdot m \cdot d \cdot c}{100}.$$

Запасы минерального сырья в недрах (Q) устанавливаются в следующих единицах: 1) запасы руды коренных металлических месторождений твердых полезных ископаемых – в тыс. т; 2) запасы песков россыпных месторождений, пород для строительных целей и др. – в тыс. м^3 или млн м^3. Запасы компонентов учитываются в т или в тыс. т. При этом для железа, марганца, хрома, ванадия и алюминия определяются только запасы сырой руды (Q) и среднее содержание в ней металла (c), а запасы металлов (P) не вычисляются. Запасы благородных металлов (золота, платины, серебра) определяются в кг или т. При подсчете запасов алмазов содержание выражается в каратах (1 карат = 200 мг) или граммах.

Запасы подсчитываются по месторождениям (участкам) по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе их изучения и промышленного освоения. Они оцениваются в недрах без введения поправок на потери и разубожи-

вания при добыче, обогащении и переработке концентратов. В комплексных месторождениях подлежат подсчету запасы основных и совместно залегающих с ними полезных ископаемых, а также содержащиеся в них основные и попутные полезные компоненты (металлы, минералы, химические элементы и их соединения), целесообразность промышленного использования которых определена кондициями на минеральное сырье.

1. ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Важнейшим элементом разведки месторождений полезных ископаемых является оконтуривание залежей, позволяющее определить их форму и внутреннее строение. Оконтуривание ведется по показателям кондиций, которые зависят от способа определения границ тела полезного ископаемого (визуальный или путем опробования), от характера распределения полезного компонента (равномерное, неравномерное) и от сложности внутреннего строения.

Первоначально выполняется оконтуривание тела по разведочной выработке, а затем оконтуривание в разведочном сечении и на плане. По данной теме предлагаются два задания, работа над которыми дает студенту представление об оконтуривании рудных залежей. В обоих заданиях контуры промышленного оруденения устанавливаются по данным опробования. Это позволяет при выполнении каждого задания убедиться в тесной связи количества балансовых запасов от качества полезного ископаемого. В каждом задании следует показать штриховкой распределение балансовых и забалансовых запасов.

1.1. Оконтуривание рудного тела в разрезе скважины и в поперечном разведочном сечении

Дано: поперечный геологический разрез пластообразной залежи гипергенных никелевых руд, полученный по данным эксплуатационной разведки (рис. П. 1 – П. 3). Разведочные скважины расположены друг от друга на расстоянии 10-15 м. Длина керновых проб 2 м. Содержание никеля вынесено рядом с соответствующими пробами. Фрагмент этого разреза приведен на рис. 1. Для реализации индиви-

дуальной самостоятельной работы каждого студента на группу выдается 3 разреза по 10 вариантов в каждом.

В процессе оконтуривания следует руководствоваться следующими кондициями:

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м.

2. Максимальная мощность пустых пород и забалансированных руд, включаемых в промышленный контур рудного тела, – 2 м.

3. Бортовое содержание никеля повариантно (табл. 1).

Таблица 1

Кондиции для оконтуривания по конкретным вариантам задания

Варианты		Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по блоку, % масс.
нечетные скважины	четные скважины		
1, 11, 21	6, 16, 26	0,7	1,05
2, 12, 22	7,17,27	0,8	1,10
3, 13, 23	8, 18, 28	0,9	1,15
4, 14, 24	9,19,29	1,0	1,20
5, 15, 25	10, 20, 30	1,1	1.30

4. Минимальное содержание никеля, принятое за нижний предел для оконтуривания забалансовых руд, составляет 0,5 % масс.

Необходимо:

а) пользуясь кондициями, определить опорные точки для оконтуривания в пределах каждой выработки; отметки кровли и подошвы залежи соединить пунктирной линией;

б) вычислить и поставить над скважиной в виде дроби мощность рудной залежи (числитель) и среднее содержание никеля в процентах (знаменатель);

в) провести контуры забалансовых руд в разведочном сечении;

г) вычислить площадь балансовых руд в разрезе и линейный запас никеля, приняв значение объемной массы сухой руды, равной 1,15 т/м^3;

д) исследовать зависимость линейного запаса балансовых руд (количество) от уровня бортового содержания, принятого при оконтуривании.

Методические указания к выполнению работы.

Каждый студент получает разведочный профиль с исходными данными для оконтуривания в соответствии с вариантом задания (1-10, 11-20, 21-30), определяемым согласно порядковому номеру студента в групповом журнале. Каждый вариант предусматривает обработку данных по четным или нечетным скважинам, входящим в разведочный профиль.

Наметив по заданному бортовому содержанию верхнюю границу рудного тела по каждой скважине, следует соединить из жирной пунктирной линией, соответствующей положению в пространстве кровли рудного тела. Затем аналогичным образом необходимо провести пунктирную линию, соединяющую отметки подошвы рудного тела.

Далее необходимо выделить участки забалансовых руд, включаемых в контур рудного тела. Как правило, они соответствуют спаренному положению двух проб с некондиционным (ниже бортового) содержанием никеля.

Наметив внешние и внутренние границы забалансовых руд, нужно определить среднее содержание никеля по скважине и общую мощность рудного тела по скважине (среднеарифметическим способом). Оба параметра выносятся в виде дроби над скважиной.

На рис. 1 дан пример оконтуривания на одном из участков разреза. При бортовом содержании никеля 0,8 % по скважине № 1 мощность залежи составила 10 м, так как некондиционный интервал с содержанием 0,53 % не превышает 2 м. Среднее содержание никеля по пяти пробам составило 0,95 %.

Скважина 3 вскрыла внутри рудного тела интервал забалансовых руд мощностью 4 м (0,70 и 0,75 %). Поскольку согласно кондициям внутри рудного тела такие руды могут присутствовать лишь в виде прослоев не более 2 м, этот интервал исключается из контура балансовых руд. Однако, если такой участок окружен балансовыми рудами в соседних скважинах, он вычленяется на разрезе как «островок» забалансовых руд. Некондиционные интервалы мощностью 2 м, располагающиеся среди кондиционных, включаются в контур балан-

совых руд без каких-либо ограничений. Примером может служить интервал с содержанием 0,7 % никеля по скважине 5 (см. рис. 1). В случае более высоких требований кондиций к качеству руд ($C_{б.}$ = 0,9 % масс), этот интервал совместно с соседним (0,8 %) вычленяется из рудного контура как «окно» забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд следует проверить правильность оконтуривания. С этой целью необходимо вычислить среднее значение мощности рудного тела (среднеарифметическое) и среднее содержание никеля по разведочному сечению (средневзвешенное). При соблюдении неравенства $\overline{C} \geq C_{\text{мин. пр.}}$ можно считать оконтуривание завершенным. Если среднее содержание никеля меньше минимального промышленного, нужно исключить из расчета среднего значения скважины с наименьшим содержанием никеля (одну-две) и вновь проверить наличие приведенного выше неравенства.

Закончив оконтуривание балансовых руд, следует провести, по соответствующему показателю кондиций, контуры забалансовых руд (верхний и нижний) и показать распространение названных типов руд в разведочном сечении соответствующей штриховкой (см. рис. 1). Проведя оконтуривание балансовых руд по разрезу, нужно определить их площадь (S) в м^2, учитывая соотношение вертикального и горизонтального масштабов. Это можно сделать с помощью палетки или умножением длины залежи в разрезе на среднюю ее мощность, вычисленную ранее. В качестве палетки можно использовать кальку, на которой равномерно по квадратной сетке (1,0 х 1,0 см) нанесены яркие (жирные) точки, каждая из которых соответствует единичной площадке, определяемой произведением знаменателей горизонтального и вертикального масштабов. В нашем случае это 20 м^2 (1:1000 и 1:200). Если точки на палетке нанести через 0,5 см, то площадь зоны влияния каждой точки будет 5 м^2. Точки, попавшие на границу контура, соответствуют половине единичной площадки (10 или 2,5 м^2 соответственно). Для повышения точности вычисления площади определение площади по палетке следует выполнить дважды.

Затем необходимо определить линейный запас никеля ($P_{\text{Ni}i}$) в слое 1 м, пользуясь формулой

$$P_{\text{Ni}} = S \cdot 1 \cdot d \cdot \overline{C} \cdot 100^{-1},$$

где S - площадь балансовых руд, м^2; d - объемная масса сухой руды, т/м^3; $\overline{C}$ - среднее содержание никеля по разрезу, % масс.

Заключительная часть работы состоит из исследования связи количества руды (линейный запас) от его качества (среднее или бортовое содержание никеля). Для этого студенты, выполнявшие оконтуривание при различных вариантах бортового содержания, но при одинаковых исходных данных (варианты 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25, 26-30), объединяются в группы по пять человек для обмена полученными результатами и их обсуждения. Обменявшись значениями вычисленных линейных запасов никеля в балансовых рудах, каждый студент строит график зависимости величины линейного запаса (ордината) от бортового содержания (абсцисса). В итоге он убеждается в конкретном проявлении зависимости подсчитанных запасов от принятых кондиций.

Итоги проделанной работы отображаются на правой стороне отчетного бланка, где последовательно (сверху вниз) приводятся следующие данные:

- промышленные кондиции, использованные при оконтуривании (бортовое и минимальное промышленное содержание никеля);
- среднее содержание никеля по разрезу в сопоставлении с минимальным промышленным, % масс;
- средняя мощность рудного тела, м;
- площадь балансовых руд в разведочном сечении, $м^2$;
- расчет линейного запаса никеля, т;
- график зависимости линейного запаса никеля от его бортового содержания.

Время выполнения работы в аудитории – 2 часа.

1.2. Оконтуривание пластообразной рудной залежи на плане

Оконтуривание залежи гипергенных никелевых руд реализуется в проекции на дневную поверхность после проведения оконтуривания в каждой скважине и разведочном пересечении.

Дано: Разведочный план небольшого месторождения гипергенных никелевых руд, разведанного по сети 50 х 50 м в стадию оценочных работ (номера скважин 1-86) и 25 х 25 м в стадию разведки (номера скважин 87 и более). Возле каждой скважины показаны мощность рудного тела и среднее содержание никеля по пересечениям с балансовыми рудами. По скважинам, не вскрывшим промышленного оруденения, выносятся содержания никеля по забалансовым рудам. Фрагмент этого плана приводится на рис. 2.

Основные показатели кондиций, определяющие условия оконтуривания, приведены в табл. 2. Всего предложено пять значений кондиционных показателей.

Таблица 2

Промышленные кондиции для оконтуривания залежей в плане

Варианты заданий				Бортовое содержание никеля, % масс.	Минимальное промышленное содержание никеля по залежи, % масс.
а	б	в	г		
1	6	11	16	0,7	1,05
2	7	12	17	0,8	1,10
3	8	13	18	0,9	1,15
4	9	14	19	1,0	1,20
5	10	15	20	1,1	1,30

Варианты с индексами «а» (1-5) и «в» (11-15) выполняются с использованием всех скважин, а с индексами «б» (6-10) и «г» (16-20) – по скважинам стадии оценочных работ (см. рис. 2).

При названных условиях одновременно реализуется 20 индивидуальных решений данного задания.

В качестве дополнительных кондиций заданы:

1. Минимальная рабочая мощность – 2 м;

2. Минимальное содержание никеля, дающее право относить руды к забалансовым – 0,5 % масс.

Необходимо: пользуясь заданными кондициями, провести оконтуривание балансовых и забалансовых руд, отобразив их штриховкой на бланке задания.

Методические указания к выполнению работы.

Каждому студенту выдается план расположения разведочных скважин со значениями мощностей рудных тел и средних содержаний никеля по разведочным пересечениям. В соответствии с порядковым номером студента в групповом журнале определяется вариант его индивидуального задания, включающий перечень разведочных скважин, участвующих в оконтуривании, и промышленные кондиции, при которых оно должно быть выполнено (см. табл. 2).

В контур балансовых руд включаются скважины с содержанием никеля выше бортового. Положение контура на плане определяется интерполяцией между скважинами с кондиционным и некондиционным содержанием и фиксируется жирной пунктирной линией. Аналогичным образом проводится внутриконтурная граница балансовых и забалансовых руд.

После проведения контура балансовых руд необходимо вычислить средневзвешенное содержание никеля по залежи (блоку) и среднюю мощность залежи. Оконтуривание можно считать выполненным правильно, если соблюдается неравенство: $\overline{C} \geq C_{\text{мин. пр.}}$ Если приведенное неравенство не соблюдается, то запасы руды оконтуренного блока или залежи относятся к забалансовым. Для того, чтобы перевести их в балансовые, нужно исключить из проведенного контура одну или несколько скважин с наименьшим содержанием никеля и вновь проверить приведенное выше неравенство. При его соответствии заданному условию оконтуривание балансовых руд можно считать завершенным.

Следующей операцией оконтуривания следует считать проведение контура забалансовых руд, включив в него скважины с содержанием никеля более 0,5 % масс.

Для вариантов оконтуривания с использованием всех скважин, нанесенных на разведочном плане (обозначены в табл. 2 символами «а» и «в»), необходимо провести дополнительный контур через крайние скважины с содержанием никеля выше бортового. Его следует провести жирной сплошной линией. Это будет контур, ограничивающий запасы категории В. При этом запасы балансовых руд между сплошной и пунктирной линиями будут отнесены к категории C_1 (см. рис. 2).

Положение контура балансовых руд проводится на середине расстояния между скважинами с параметрами, соответствующими кондициям и некондиционными.

После выполнения оконтуривания необходимо произвести подсчет запасов руды и металла в контурах балансовых запасов. Затем, объединившись в группы по пять человек с одинаковыми исходными данными (а – г, см. табл. 2), студенты обмениваются итогами расчетов запасов руды и металла и строят графики зависимости запасов никеля (ординаты) от бортового содержания (абсцисса).

Требования к оформлению результатов работы.

В итоге работы на разведочном плане с исходными данными каждый студент показывает штриховкой контуры развития балансовых и забалансовых руд (см. рис. 2). На поле справа указываются: кондиции, при которых производилось оконтуривание; средние содержания никеля и средние мощности руд по залежам (блокам); площади выделенных блоков и запасы руд и металла по каждому из них; график зависимости запасов никеля от бортового содержания, принятого при оконтуривании.

В вариантах с полным использованием разведочных данных (см. табл. 2) на плане выделяются площади блоков, соответствующих по разведанности категориям B и C_1.

Время выполнения работы – 2 часа.

2. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ

Целью предлагаемых к решению задач (задания 1-12, рисунки 3-14) является – приобретение студентами навыков проектирования оценочных работ в пределах рудоперспективных участков.

Порядок выполнения работы.

1) Ознакомившись с геологической ситуацией, отображенной на бланке задания, необходимо сделать заключение о возможном геолого-промышленном типе месторождения, руководствуясь литературными сведениями [3, 4, 5]. Для отнесения оцениваемого объекта к определенному промтипу следует учитывать: форму, размеры, условия залегания выходящих на поверхность залежей полезного ископаемого; состав, условия залегания рудовмещающих пород; уровень установленных при опробовании концентраций полезных компонентов.

2) Привести примеры месторождений-эталонов. Охарактеризовать возможный минеральный и химический состав полезного ископаемого (руководствуясь рекомендованными источниками).

3) Обосновать возможную группу прогнозируемого месторождения по сложности геологического строения для целей разведки, взяв рекомендации инструкции ГКЗ [6].

4) Сформулировать задачи, решаемые при проведении оценочных работ. Уточнить их применительно к конкретной геологической обстановке.

5) Обосновать систему разведочных работ (форму, плотность разведочной сети). Нанести проектные выработки на план и отстроенные проектные геологические разрезы – 1-2 шт. (размещенные в нижней части листа – на бланке задания).

6) Наметить виды и способы отбора проб применительно к конкретному типу полезного ископаемого. Для каждого вида опробования (химического, геохимического, минералогического, технологического, технического, геофизического) обосновать цель исследования, способы отбора проб, параметры проб (сечение, длину, массу пробы). Составить схему обработки проб. Все запланированные виды исследований отразить в табличной форме.

7) Подсчитать проектные запасы полезного ископаемого по категории C_1 (для отдельных блоков), C_2, а также прогнозные ресурсы по категории P_1. Ограничить проектные выработки глубиной до 100-150 м, в отдельных случаях – до 200 м (в зависимости от типа полезного ископаемого). По запроектированным выработкам предусмотреть возможные (вероятные) параметры (мощность залежи, содержание полезного компонента, объемная масса руды и т. д.). Обосновать метод подсчета запасов и выполнить его, отразив результаты в табличной форме.

Отчетными документами являются графический материал и пояснительная записка к нему. На приведенной на бланке задания схематической геологической карте следует нанести проектные разведочные выработки (горноразведочные, буровые скважины), отразив номерами последовательность их проходки. Проектные выработки должны быть также нанесены и на отстроенные геологические разрезы, а также при необходимости на продольную вертикальную проекцию. На графике отразить контуры блоков проектных запасов категории C_1, C_2 и прогнозных ресурсов категории P_1. В пояснительной записке обосновать методику оценочных работ, объем аналитических исследований. Геолого-промышленную значимость оцениваемого объекта сравнить с литературными сведениями [3, 4, 5, 7]. Время выполнения задания – 6-8 часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.

2. *Каждан, А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки) / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1984. – 285 с.

3. *Авдонин, В. В.* Месторождения металлических полезных ископаемых / В. В. Авдонин, В. Е. Бойцов, В. М. Григорьев [и др.]. – М.: Трикста, 2005. – 720 с.

4. *Малахов, И. А.* Промышленные типы металлических полезных ископаемых / И. А. Малахов, П. Л. Бурмако, А. П. Алексеев. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 209 с.

5. *Яковлев, П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений / П. Д. Яковлев. – М.: Недра, 1986. – 358 с.

6. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых.* – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.

7. *Баранников, А. Г.* Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: лабораторный практикум с основами теории / А. Г. Баранников, А. Н. Угрюмов, Г. П. Дворник. – Екатеринбург: УГГУ, 2004. – 104 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО »Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
 В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.10 ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Для обучающихся специальности
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Малюгин А.А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры
Протокол № 1 от 10.09.2020 г
Дата

Екатеринбург
2020

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины (модуля) Лабораторные методы изучения минерального сырья, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы, интернет - источников.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, включая курсовую работу.

I. КУРСОВАЯ РАБОТА

Целью курсовой работы является закрепление и развитие теоретических знаний студентов по дисциплинам «Кристаллография», «Кристаллохимия», «Минералогия», «Петрография», «Геохимия», «Лабораторные методы изучения минерального сырья».

Задачи курсовой работы заключаются в:

- приобретении практических навыков проведения лабораторных исследований вещественного состава и строения минеральных индивидов и агрегатов, горных пород, руд, технологических продуктов и иных природных и аналогичных им технических минеральных материалов;
- планировании и организации петрографических, минералогических и геохимических исследований.
- освоении методов обработки, интерпретации и представления результатов исследования.

Основные этапы выполнения курсовой работы:

1. Получение задания на курсовую работу .
2. Выбор направления исследований с учётом специфики имеющихся материалов и задач, полученных в рамках учебных, производственных практик или научно-исследовательских работ, в которых принимал участие студент. Определение цели исследования, выбор задач, решение которых предполагается посредством применения определённых лабораторных методов исследования. Планирование хода работ.
3. Отбор образцов для анализа и подготовка аналитических препаратов. Сбор необходимой графической и текстовой информации из фондовых и литературных источников.
4. Выбор метода или комплекса методов исследования.
5. Проведение исследований, обработка и интерпретация полученных результатов.
6. Подготовка к представлению материалов и защите.

Исходные данные для выполнения работы

Как правило, первичные материалы для курсовой работы формируются в процессе работ на производственной практике. Их состав определён соответствующими методическими указаниями [1].

Основой для исследований служат образцы и лабораторные пробы, которые представляют собой моно- или поликомпонентный плотный (штуфной, крупнокусковой), рыхлый, сыпучий природный или техногенный материал.

Образцы и пробы должны быть представительными, пронумерованными, иметь пространственную, а при необходимости и временнỳю, привязку. Сведения о пробах фиксируются в специальном списке (каталоге) и на схеме отбора проб (карте фактического материала). Крайне важно, чтобы первичные материалы были отобраны

таким образом, чтобы их вещественный состав и количество вещества позволяли решить поставленную исследовательскую задачу с помощью планируемых и имеющихся в наличии методов исследования.

Для успешного выполнения курсовой работы студент должен получить максимум информации из картографических, литературных и фондовых источников, результатов предыдущих исследований, использовать дополнительные материалы (образцы, шлифы и пр.). Оценка изученности и особенностей объекта невозможна без собранных заранее текстовых и графических материалов.

Текстовый материал включает личные наблюдения (полевой дневник, зарисовки и фотографии) и заимствованные данные. К графическим материалам относятся копии карт, разрезов, схем, диаграмм. Графика общего назначения показывает местоположение объекта, характеризует его геологическую позицию или технологию производства, либо состояние природной и техногенной сред.

Организация работы

Собранный студентом во время первой производственной практики геологический материал защищается перед комиссией по приёмке полевых материалов. Комиссия определяет направление исследований, которое может быть реализовано на базе имеющегося фактического материала.

Руководитель курсовой работы уточняет тему и формулирует задание курсовой работы, помогает составить программу работ, определить методы и объёмы необходимых и достаточных для решения поставленной задачи исследований, способы обработки и интерпретации получаемых аналитических данных, а также консультирует студента по ходу исследований и контролирует исполнение работы.

Законченную и оформленную курсовую работу студент передаёт руководителю работы для контроля не позднее, чем за две недели до окончания занятий в семестре. Основная часть текста работы должна базироваться на результатах применения студентом лабораторных методов исследования.

2. ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ РАБОТ

Тема курсовой работы определяется типом объекта, его изученностью, а также актуальностью ожидаемых результатов исследования. Типы объектов курсовой работы могут быть объединены в три группы:

Геологическая группа объектов разного масштаба исследуется для решения научных и производственных геолого-минералогических задач на разных стадиях поисковых и геологоразведочных работ.

Технологическая и *техническая* группа объектов изучается для решения производственных, технологических, технических и экономических задач в периоды планирования и работы горных и горно-обогатительных предприятий, а также для оценки новых видов сырья и экспертизы проб специального назначения. Объектами являются подготовленные к отработке и отвальные горные массы, продукты рудоподготовки, обогащения, других видов технологического передела сырья и отходы.

Успешное выполнение курсовой работы зависит от правильного выбора методов лабораторного изучения вещества. В результате полученного в рамках курсовой работы опыта студент должен научиться выбирать комплекс методов, с помощью которых он может получить необходимые результаты быстро, самостоятельно и с минимальными экономическими затратами.

Название курсовой работы должно кратко и понятно отражать задачи проведённого исследования, непосредственно изучаемый вещественный объект (минеральный вид, горная порода и пр.) и целевой объект (конкретное геологическое тело, месторождение или территорию, природный или техногенный процесс и т.п.).

Примерный перечень возможных тем курсовых работ:

- Вещественный состав руд месторождения (проявления).

• Гранулометрический и морфометрический состав обломочных осадочных пород как индикатор условий осадконакопления.

• Петрографическая характеристика вмещающих пород месторождения

- Элементный состав минерала (породы) как генетический и поисковый индикатор.

• Текстурно-структурные особенности и минеральный состав руд месторождения (проявления).

• Структуры распада в рудном минерале из различных генетических и технологических типов руд.

• Околорудные метасоматиты …… месторождения.

• Геохимические ассоциации элементов как основа для минералого-петрологической классификации метаморфизованных пород рудного поля (по данным геолого-геохимического картирования масштаба 1:10 000).

• Минеральный и элементный состав руд и его влияние на показатели обогащения.

• Минералогический анализ технологических сортов бокситов методами рентгенографии, термографии и спектроскопии.

• Изучение соотношения Fe/Mg и Fe/Mn в сидеритовых рудах и продуктах ГОКа методом термического анализа.

• Характеристика вещественного состава глин, обработанных реактивами для повышения качества сырья.

• Изменчивость минерального состава донных отложений (по данным шлихо-геохимического картирования масштаба 1:10 000) и т.п.

СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Типовой состав пояснительной записки к курсовой работе:

♦ Титульный лист (подписывается студентом и научным руководителем).

♦ Аннотация и библиографические данные работы на русском и иностранном языке (английский, французский или немецкий).

♦ Задание на курсовую работу (подписывается научным руководителем).

♦ Оглавление.

♦ Перечень условных знаков и сокращений (приводятся лишь в случае их использования более трёх-пяти раз).

♦ Введение.

♦ Основная часть (разделы и подразделы текста с иллюстрациями и таблицами).

♦ Заключение.

♦ Библиографический указатель (см. приложение).

♦ Перечень внутритекстовых таблиц (если требуется).

♦ Приложения в виде таблиц (если имеются).

♦ Перечень графических приложений (если требуется).

♦ Графические приложения (если имеются).

В оглавлении перечисляются названия разделов и подразделов основной части с указанием номера начальной страницы.

Во введении сжато излагаются сведения о районе и объекте, происхождении изучаемых образцов (проб), формулируются актуальность, цель и задачи работы, новизна и прикладное значение авторских исследований.

Содержание основной части зависит от темы курсовой работы. Основные разделы приводятся в следующей последовательности.

1. *Общая характеристика изучаемого объекта* (или описание данной фундаментальной либо прикладной проблематики) и состояние исследований в виде реферативного анализа и обобщения работ предшественников и (если имеется) собственного задела. Обязательно тщательное цитирование и отсутствие пропусков в обзоре различных точек зрения, вкладов различных авторов и т.п. Объем раздела 3-5 стр.).

2. *Теоретические основы используемых подходов и методов*. В краткой форме излагаются аспекты, касающиеся решения конкретных задач, поставленных в рамках данной работы.

3. *Методика исследований.* Общую последовательность организации работ целесообразно представить в виде блок-схемы, на которой указывают состояние (класс крупности и т.п.) и масса пробы, характер анализируемого препарата, процедуры пробоподготовки, виды аналитических методов, контрольные измерения и т.п.

Методику изучения описывают для каждого метода анализа в отдельности. Указывают все процедуры подготовки аналитического препарата, приводят точные описания моделей приборов, режима работы и настроек аналитического оборудования таким образом, чтобы позволить независимому исследователю провести идентичную работу для проверки полученных результатов. При написании методического раздела студент должен получить исчерпывающую информацию от начальников аналитических лабораторий и операторов о характеристиках использованных в работе приборов и оборудования.

4. *Описание фактического материала* (образцов, проб), использующегося в работе. Приводят карту фактического материала, документацию места (при необходимости – времени) опробования.

5. *Результаты исследования* (отдельно для каждого метода исследования приводят результаты наблюдений, измерений и расчётов, приводят возможные варианты их интерпретации). Объем раздела 10-12 стр.).

6. *Интерпретация результатов работы* (5-10 стр.). Здесь обсуждают и сопоставляют данные, полученные всеми методами исследования, заключительные выводы приводят в кратких конкретных формулировках.

Разделы 5 и 6 являются ключевыми для оценки всей курсовой работы со стороны приёмной комиссии, поскольку содержат результаты персональной работы автора и представляют собой оригинальный авторский текст с минимумом цитирования. Студент демонстрирует в этих разделах уровень своей квалификации как специалиста, полученной в итоге всего предыдущего процесса обучения.

В *Заключении* (1-2 стр) должны быть кратко охарактеризованы авторские достижения, основные результаты работы и нерешённые проблемы. Отдельно можно привести благодарности частным лицам и организациям, способствовавшим осуществлению работы. Если работа автора финансировалась, обязательно приводят перечень источников поддержки.

ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Оформление курсовых работ регламентируется общегосударственными стандартами для отчётов о научно-исследовательской работе и стандартами организаций. Учёт требований стандартов обязателен. Курсовая работа состоит из пояснительной записки и графических приложений. Текстовой материал сброшюровывается. Объём пояснительной записки к курсовой работе, как правило, не должен превышать 25-30 страниц. Крупноформатные приложения (карты, плакаты и т.п.) представляют в рулоне

или вкладывают в папку. В этом случае брошюру и папку с графикой обозначают как первый и второй тома. Текстовой материал печатают на принтере на белой бумаге формата А4 (210 × 297 мм). Нумерация страниц – сквозная, **причем титульный лист и страница с аннотацией не нумеруются, но в количестве страниц учитываются**. Номер 3 присваивается странице с оглавлением. Номер страницы печатается в правом верхнем углу без точки. Текст пояснительной записки делят на разделы, которые имеют собственные заголовки и номера (1, 2 и т.д.). Внутри разделов можно выделять подразделы с самостоятельными заголовками и номерами (2.1., 2.2., 2.3. и т.д.). Более дробное членение текста не рекомендуется.

Обязательны ссылки на литературные и фондовые источники (см. приложение), иллюстрации, таблицы и графические приложения. Ссылки помещают в скобки с указанием соответствующего номера: [11], (рис. 3), (табл. 6), (прил. 2). Формулам присваивают порядковые номера, например, формула (4). Иллюстрации и внутритекстовые таблицы помещают на следующей после первого упоминания странице. Иллюстрации размещают (печатное исполнение, вклеивание) на одной стороне листа; для таблиц допускается двусторонняя печать. Рисунки и таблицы нумеруются. Формат иллюстративных материалов не может превышать 210 × 297 мм. Иллюстрациями являются схемы, зарисовки, чертежи или фотографии. Принимаются фотографии, ксерокопии и фотографические копии; допускается многоцветность оригинала, раскрашивание или нанесение ретуши и условных знаков. Под каждым рисунком помещают исчерпывающую подрисуночную надпись (номер, название, условные знаки и т.д.). Перед названием таблицы указывают её номер в правой надтабличной части листа (Таблица 1). Перенос таблицы на следующую страницу сопровождается надписью «Продолжение (окончание) табл. 1», головка («шапка») таблицы повторяется. Пояснительная записка подписывается автором и руководителем работы.

В приложения выносят аналитические и фактологические материалы информационно-поясняющего и дополняющего характера, которые не являются необходимой доказательной составляющей текста.

Приложения (рисунки или таблицы) нумеруют арабскими цифрами с добавлением перед номером приложения прописной буквы «П» (Рис. П.1, Табл. П.1. и т.д.). Каждую таблицу приложения размещают на отдельной странице, формат таблицы не должен превышать 297 × 420 мм. Графическое приложение – единый чертёж, фотография или композиция из нескольких предметов, выполненная на листе (чертёжная бумага, восковка) формата не менее 400 × 600 мм. Графические приложения объединяют картографические материалы, сводные таблицы, защищаемые генетические и другие схемы, важные иллюстративные крупноформатные материалы и т.д. Из требований по оформлению графических материалов важны следующие:

– необходимо рамочное оформление листов с внутрирамочным размещением материалов. Нумерацию листов выполняют надписью «Приложение 1», которую располагают в правой верхней части надрамочного пространства;

– во внутрирамочном пространстве обязательны к исполнению название (заголовок) материала, легенда (условные знаки и пояснения) и штамп формата 120 × 60 мм, который помещают в правой нижней части;

– безусловно, необходимо указание авторства, год авторского исполнения, а при необходимости – указание ориентировки и масштаба; – допустимо многоцветное тоновое или штриховое оформление;

– картографическая графика масштаба 1:25 000 и мельче обязательно выполняется в строгом соответствии с существующими инструкциями и требованиями.

Список использованной литературы составляется в алфавитном порядке по фамилии авторов или (для сборников и коллективных монографий) по названиям изданий. Первым приводится список опубликованной литературы (вначале русскоязычные, затем иностранные источники), включая учебники, учебные и методические пособия, затем – фондовых материалов.указывается

Для книг указывается: автор (фамилия, инициалы) – Точное и полное название.- Сведения о повторности издания.- Точное место издания (Москва – М, С.- Пб – Санкт-Петербург; остальные города – полностью).- Издательство, год издания. – Количество страниц (например, «180 с.»).

Если книга имеет не более 3 авторов, указываются все авторы или первый, после чего ставится «и др.». Если авторов более трех, то оформление литературного источника возможно двумя способами: или указанием первых трех авторов с добавлением «и др.», или вначале приводится название книги, после него через разделительную черту (/) – просто пишется «кол. авторов», далее – так же как описывается книга одного автора.

Для статьи из журнала указываются: Автор(ы) (фамилия, инициалы). Название статьи.- Название журнала (без кавычек), год, номер, страницы статьи (например, «с. 1-22»).

Для фондовой литературы (отчетов) указываются: Название отчета: Организация, представляющая отчет: Научный руководитель темы (инициалы, фамилия).- Шифр работы; Номер государственной регистрации; Инв. №… - Место написания, год.- Количество страниц.

Примером оформления списка литературы может служить список, приводимый в настоящей методической разработке.

Ссылки на использованные литературные источники в тексте курсовой работы могут быть сделаны двояко: либо указанием в круглых скобках фамилия автора (без инициалов) и года издания (например, «(Коржинский, 1972)»), либо указанием в квадратных скобках порядкового номера работы в приводимом списке литературы («[10]»).

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература:

Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ /А. И. Гинзбург, В. И. Кузьмин, Г. А. Сидоренко. М.: Недра, 1981. 239 с.

Григорьев Д. П., Жабин А. Г. Онтогения минералов. Индивиды. М.: Наука, 1975. 339 с.

Изоитко В. М. Технологическая минералогия и оценка руд. СПб.: Наука, 1997. 582 с.

Методические основы исследования химического состава горных пород, руд и минералов / Под ред. Г. В. Остроумова. М.: Недра, 1979. 400 с.

Методы минералогических исследований: Справочник. / Под ред. А. И. Гинзбурга. М.: Недра, 1985. 480 с.

Павлова Л. А. и др. Рентгеноспектральный электронно-зондовый микроанализ природных объектов. Новосибирск: Наука, 2000. 224 с.

Методические рекомендации по геолого-геохимическому изучению гидротермально-метасоматических образований при ГСР-50 с общими поисками / Е. В. Плющев, В. В. Шатов, Г. М. Беляев. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1992. 64 с.

Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых/ А. П. Соловов, А. Я. Архипов, В. А. Бугров и др. М.: Недра, 1990. 335 с.

Технологическая оценка минерального сырья. Методы исследований: Справочник / Под ред. П. Е. Остапенко. М.: Недра, 1990. 263 с.

Типоморфизм минералов: Справочник / Под ред. Л. В.Чернышевой. М.: Недра, 1989. 559 с.

Эшкин В.Ю. Поисковая минералогия и минералогическое картирование: Учеб. пособие / Ленинградский горный ин-т. Л.: 1989. 86 с

Дополнительная литература:

Бергер М. Г. Терригенная минералогия. М.: Недра, 1986. 227 с.

Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: Техносфера, 2005. 144 с.

Оптимальный выбор методов изотопно-геохронологических и изотопно-геохимических исследований. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2007. 48 с.

Сает Ю. Е., Онищенко Т. Л., Янин Е. П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям рудных месторождений при проведении геологоразведочных работ по оценке воздействия на окружающую среду горнодобывающих предприятий. М.: ИМГРЭ, 1986. 99 с.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - Режим доступа: http://window.edu.ru
- Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон.дан. – М., 2013- . URL: *http://www.biblio-online.ru.*
- Официальный ресурс Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ РАН) [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – М., 2016

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

ТВЕРЖДАЮ



Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ А. Ушаков

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Малюгин А. А., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрены методической комиссией факультета
геологии поисков и разведки МПИ	геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Душин В. А.	Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 10.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

2020

1. Направления и тематика лабораторных занятий

В настоящее время, впрочем, как и раньше, перед обучающимися стоит задача освоения методик и приобретения навыков в изучении проб и образцов горных пород и руд, привозимых с производственных и учебных практик для выполнения ими курсовых и выпускных квалификационных работ. Основное внимание при этом концентрируется на выявлении особенностей минерального и химического (в том числе микрохимического) состава проб и образцов, их структурно-текстурных особенностей, выявление и определение характера вторичных (метаморфических, метасоматических и гипергенных) изменений, физико-механических и прочих свойств.

В рамках учебной программы по дисциплине «Лабораторные методы изучения минерального сырья» на практических занятиях, на которые выделяется сравнительно немного времени (60 часов) студент-геолог должен кроме навыков работы с веществом научиться правильной подготовке проб к аналитическим исследованиям, их проведению, систематизации и оформлению полученных им результатов, а также - последующей их интерпретации. Необходимо также уметь формулировать задачи исследований, обобщать полученные результаты и делать выводы.

Основными методами, позволяющими решать эти учебные задачи в рамках практических занятий являются: 1) минералогический анализ шлиховых проб (концентратов) и протолочек, 2) минераграфическое изучение руд в отраженном свете, 3) химический анализ пород и минералов. Кроме того на практических занятиях отводится время для работы с результатами спектрального и химического анализов.

2. Минералогический анализ шлихов и концентратов

Как и любой другой метод исследований минерального вещества минералогический (шлиховой) анализ осуществляется в три этапа: подготовка пробы

(проб) к анализу, собственно анализ проб и расчет минерального состава.

Подготовка пробы к анализу производится путем ее разделения на классы и фракции по размерности (гранулометрический состав) зерен минералов, слогающих шлих, их плотностным (легкая и тяжелые фракции) и магнитным (немагнитная, магнитная и 2-3 парамагнитные фракции) свойствам [33,34]. Такое фракционирование минералогической пробы по разным свойствам минералов, позволяет существенно ускорить выполнение задачи исследований и облегчить определение минералов, а также последующие расчеты содержаний ценных и попутных минеральных компонентов.

Порядок разделения пробы на указанные выше фракции обычно представляется следующим:

1 – взвешивание исходной пробы (шлиха);

2 –квартование («методом кольца и конуса») - разделение пробы на две части: лабораторную и дубликат;

2 – разделение пробы в тяжелой жидкости (бромоформ; ρ = 2,65-2,8 г/см^3) с выделением легкой (ρ < 2,8 г/см^3) и тяжелой (ρ > 2,88) фракций, и последующее взвешивание фракций);

3 – разделение тяжелой фракции по магнитным свойствам минералов: магнитная, 1-я и 2-я парамагнитные и тяжелая немагнитная. Взвешивание фракций.

Схема фракционирования шлиховых проб и концентратов представлена рис. 1.

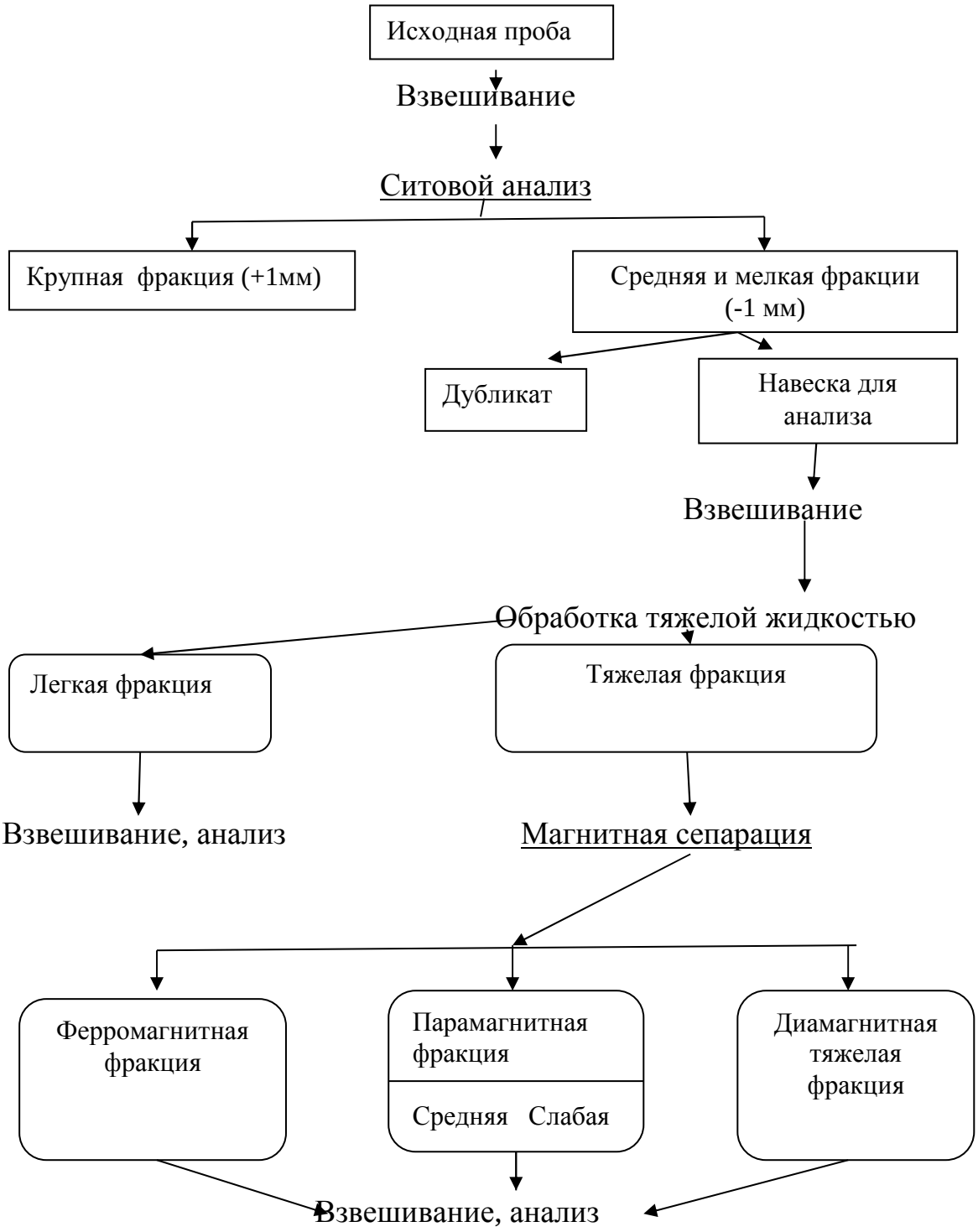


Рис. 1. Схема фракционирования шлиховых проб (по Е.М. Захаровой [10].

При фракционировании пробы по магнитным свойствам пользуются легкими малогабаритными лабораторными магнитами (рис. 2).



Рис. 2. Малогабаритные лабораторные магниты: постоянный магнит Сочнева (слева) для выделения минералов парамагнитных (электромагнитных) фракций, справа - обычный магнит – «стакан» для отделения ферромагнитных минералов.

В случае получения тяжелой немагнитной в большом объеме рекомендуется сократить ее, используя дополнительно тяжелые жидкости с большей плотностью – йодистый метилен (ρ = 3,3 г/см^3), или жидкость Клеричи (ρ = 4,3 г/см^3). Могут быть использованы и другие виды ТЖ – жидкость Туле (ρ = 3,19-3,20 г/см^3), жидкость Клейна (ρ = 3,6 г/см^3) или жидкость Клеричи (ρ=4,27-5,0 г/см^3). Кроме того, в арсенале минералогической лаборатории могут иметься и специальные тяжелые сплавы с плотностью более 4,0: азотнокислое серебро (ρ = 4,1 г/см^3, температура плавления +198°C), азотнокислая закись ртути (ρ = 4,1 г/см^3, температура плавления +70°C) или хлористый свинец (ρ = 5,0 г/см^3, температура плавления +490°C).

Разделение тяжелой жидкостью можно производить несколькими способами: в фарфоровой чашечке, в делительных воронках или центрифугированием. После разделения в тяжелой жидкости легкая и тяжелая фракции промываются спиртом и просушиваются в сушильном шкафу (под вытяжкой).

По окончании фракционирования пробы (проб) приступают к определению минералов в каждой из выделенных фракций. Каждую фракцию отдельно просматривают под бинокуляром (рис. 3.3) и присутствующие во фракции минералы определяют по внешнему виду, плотности, оптическим и химическим свойствам. Большую помощь при диагностике минералов оказывает сравнение их с имеющейся в лаборатории кафедры ГПР МПИ эталонной коллекцией заведомо известных минералов шлихов (рис.3).

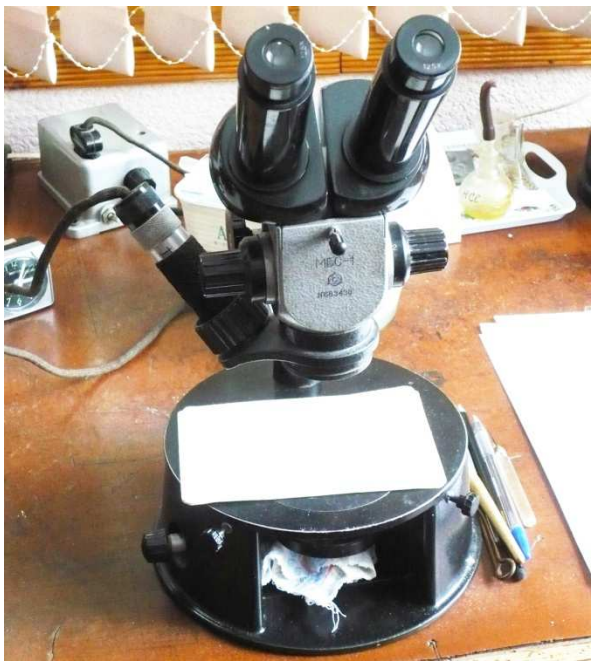


Рис. 3. 1.Бинокулярный микроскоп МБС – 1.



Рис. 3.2. Эталонная коллекция шлиховых минералов

Для определения минералов используются также методы люминесценции, спектрального, рентгенометрического, рентгено-структурного изучения и определения радиоактивности минералов, микрохимические реакции. Непрозрачные минералы иногда исследуют и в отраженном свете.

Визуальная диагностика минералов производится, в основном, по следующим главным их физическим свойствам: габитусу кристаллов, форме зерен и сростков, их прозрачности, окраске, цвету черты, блеску, твердости, наличию (отсутствию) спайности, штриховке, по продуктам вторичных изменений.

Кроме бинокулярного микроскопа (типы МБС-1, МБС-9, МБС-10) для определения минералов необходимы предметное стекло, иглы стальная и медная (для магнитных и мягких минералов), лезвие бритвы, кисточка мягкая, игла с плоским слегка загнутым наконечником («давилка»), паяльная трубка, спиртовка, набор иммерсионных жидкостей (для определения показателей преломления), набор кислот и реактивов (для микрохимической диагностики).

В таблице 3. 2 приводится перечень наиболее часто встречающихся в шлихах минералов и их распределение по фракциям.

Таблица 3.2

Распределение минералов по фракциям

Фракции шлиховых проб, протолочек и концентратов				
Легкая	Тяжелая			
	Ферромагнитная	1 парамаг- нитная	II пара-магнитная-	Тяжелая немагнитная
Кварц Полевые шпаты Мусковит Кальцит Берилл Каолинит Глауконит	Магнетит Титаномагнетит Железо самородное Пирротин Платина железистая	Ильменит Гематит Гетит Хромит Гранаты Амфиболы Пироксены Вольфрамит	Гроссуляр Тремолит Диопсид Эпидот Цоизит Ставролит Титанит Турмалин Монацит	Циркон Рутил Апатит Андалузит Кианит (дистен) Корунд Рубин Топаз Касситерит

			Ксенотим Пирохлор Оливин Хлориты Сфалерит Пирит Шпинель Ортит	Шеелит Барит Флюорит Киноварь Аурипигмент Пирит Галенит Халькопирит Арсенопирит Золото Платина Осмириды Алмаз

Кратко рассмотрим основные физические свойства минералов и некоторые простые приемы их выявления.

2.1. Визуальные методы диагностики минералов

Габитус кристаллов определяется преобладающим развитием тех или иных простых форм. В шлихах целые кристаллы встречаются относительно редко, но они, их обломки, слабо окатанные кристаллы являются важным диагностическим признаком минералов. По габитусу различают кристаллы *призматические* (кварц, турмалин, рутил и т.д.), *столбчатые* (турмалин, берилл и др.), *таблитчатые* (ильменит, гематит, титанит), *дощатые* (), *пластинчатые* (гематит, слюдистые минералы, осмириды), *изометричные* (группа граната, магнетит, шпинель, хромшпинелит, золото, платина). По характеру поверхности граней выделяют кристаллы *гладкие, ямчатые, ступенчатые, штрихованные* [12, 34].

Зерна и сростки минералов в шлихах различаются по форме, размером, степени сохранности и окатанности. Форма зерен зависит от спайности или характера излома. В протолочных пробах этот диагностический признак проявляется плохо и как руководящий при определении минералов «срабатывает» плохо. Об этом следует помнить и следует опираться на другие особенности минералов.

Прозрачность минерала под бинокуляром устанавливают в ненарушенных зернах по их просвечиванию или по характеру порошка – у прозрачных минералов порошок обычно белый или светлоокрашенный, у непрозрачных – темный, совершенно не просвечивающий.

Цвет (окраска) минералов определяется химическим составом минерала или присутствием элементов-примесей. Он бывает самым различным, пород даже у одного минерала (пример, гранаты, минералы группы кварца, самородное золото). Для некоторых минералов цвет является постоянным (устойчивым) признаком (пирит, халькопирит, киноварь и др.). при определении цвета минералов различают окраску, свойственную самому минералу, и окраску, связанную с загрязнением зерен – налеты, пленки гидроокислов Fe, Mn, вторичных минералов.

Блеск для мелких зерен, обычных в шлиховых пробах из токозернистых минеральных образований (пески, алевриты, глины) лучше наблюдать под бинокуляром. Различают минералы с *металлическим* (самородные металлы, окислы, сульфиды), *полуметаллическим* (или *металлоидным*), *алмазным* (алмаз, сфалерит), *жирным* (слюды), *смолянистым* (уранинит), *стеклянным* блеском (кварц, касситерит, шпинель).

Твердость определяют для минеральных зерен размером не менее 0, 5 мм, прочерчивая зернами по стеклянной пластике (предметному стеклу) или по пластинкам минералов набора по шкале Мооса. *Чем тверже минерал, тем тоньше и глубже получается черта*. Твердость определяют также, раздавливая минеральные зерна на

предметном стекле стеклянной палочкой или плоской частью пинцета по силе нажима, звуку растрескивания и характеру нарушения стекла. По этим признакам твердости минералы грубо разделяют на *мягкие*, *средние* и *твердые*. Первые рассыпаются беззвучно при легком нажиме и без следов нарушения на стекле (твердость меньше 3). Вторые раздавливаются с заметным усилием, с глухим звуком, но без следов нарушения стекла (твердость 3-5). Третьи раздавливаются при очень большом усилии, с резким звуком и оставляют на стекле следы разрушения – каверны, царапины, сколы (твердость 6 и больше).

Черта минералов определяется по цвету тонкого порошка, оставленного при раздавливании зерен на фарфоровом бисквите. Наблюдение проводится под бинокуляром, причем одновременно устанавливается характер распределения окраски в минеральных зернах и степень их прозрачности. Для проведения черты зерно минерала вдавливается в тупообразный конец спички, затем проводится черта на форфоровом бисквите.

Спайность, как известно из курса «Минералогия» - это свойство кристаллов раскалываться по плоскостям, параллельным действительным или возможным граням. В зависимости от резкости проявления этого свойства различают спайность *весьма совершенную*, *совершенную*, *среднюю*, *несовершенную* и *весьма несовершенную*. Спайность – важный диагностический признак многих минералов – слюд, амфиболов, пироксенов, карбонатов, полевых шпатов и других.

Излом – форма поверхности, образующаяся при раскалывании минералов, не обладающих спайностью. Излом обусловлен особенностями физических свойств минерального вещества и иногда является характерным диагностическим признаком. В минералах различают излом *раковистый*, *мелкораковистый*, *крючковатый*, *ровный*, *зернистый*, *шероховатый*, *неровный*, *ступенчатый*.

Продукты вторичного изменения затрудняют определение минералов шлиха. Однако о первичном составе пробы позволяют судить характерные формы полных псевдоморфоз вторичных минералов (псевдоморфозы оксидов железа по пириту, каолинита – по полевым шпатам, хлорита – по биотиту и др.), а также реликты исходного минерала в агрегате вторичных изменений (ильменит в лейкоксене, галенит в церрусите и т.п.). В приложении 1 приведены диагностические признаки наиболее частых минералов шлихов [34].

Люминесценция минералов – это способность и светиться под действием ультрафиолетовых, рентгеновских и катодных лучей. Свечение бывает различным по окраске и интенсивности. Оно зависит от характера примесей в минерале (их элементном составе и позиции в кристаллической решетке). К химическим элементам, вызывающим люминесценцию (свечение), относятся редкоземельные металлы, марганец, хром, уран и др. Люминесцентный анализ используется при диагностике алмаза, шеелита, циркона, флюорита, апатита и других минералов.

В качестве источника ультрафиолетовых лучей чаще всего используют осветитель ОИ-18 с фильтром УФС-3 (рис.3.5).



Рис. 3.5. Лабораторный люминоскоп

Применяется также люминесцентный стереоскопический микроскоп ЛЮСАМ-Р1, прибор «Шеелит - 2» и другие. Для катодного и рентгеновского люминесцентного анализов применяют катодные (УКЛ-1) и рентгеновские приборы различных конструкций.

2.2. Определение минералов по оптическим свойствам

Данный вид диагностики выполняется чаще всего с применением иммерсионного метода, позволяющего проводить определение оптических свойств минеральных зерен, помещаемых в оптически изотропную среду (каплю препарата) с определенным показателем преломления – метод также хорош известный в минералогии и петрографии.

Для приготовления иммерсионного препарата небольшое зерно минерала помещают на предметное стекло и, осторожно надавливая другим стеклом, дробят на мелкие кусочки. Затем под покровное стекло впускают каплю жидкости с определенным показателем преломления. Полученный иммерсионный препарат переносят на столик микроскопа и изучают оптические свойства минерала.

При определении показателей преломления пользуются набором иммерсионных жидкостей с определенными показателями преломления и с помощью эффекта Бекке подбирают жидкости с показателем n_1 и n_2 , близким к n изучаемого (определяемого) минерала. Обычно опытный минералог предварительно предполагает, с каким минералом (или группой минералов) он «имеет дело», и подбор иммерсионной жидкости не занимает много времени. Поэтому такая операция не занимает много времени, но в тех случаях, когда речь идет о редких и особенно ценных рудных минералах, приходится работать максимально аккуратно и точно.

Для удобства определения минералов шлихов по их оптическим свойствам составлены таблицы, в которых минералы расположены по величинам показателей преломления. Такие таблицы имеются во всех минералогических и технологических лабораториях предприятий геологического профиля.

2.3. Микрохимические реакции

В случае неоднозначности определения минералов на основании его физических свойств необходимо применять простейшие химические реакции, описание которых имеется в руководствах по шлиховому анализу (Копченова,1979; Кухаренко, 1967). В настоящем пособии мы ограничимся описанием некоторых, так называемых плёночных реакций:

1) Реакция на вольфрам (для шеелита). В фарфоровую чашку насыпается часть исследуемой фракции, заливается 1-1,5 $см^3$ концентрированной соляной кислоты (HCl) и нагревается до кипения над пламенем спиртовки в течение 3-5 минут. Затем кислота удаляется пипеткой и той же пипеткой для обесцвечивания раствора дважды производится промывка шлиха. После того, как промывная вода будет удалена пипеткой, шлих просматривается под бинокуляром. При наличии в нем зерен шеелита последний резко выделяется среди других минералов пробы своим серо-желтым налетом (пленкой) трехокиси вольфрама на поверхности зерен. Контрольная реакция производится путем прикосновения железной (оловянной или цинковой) иглой к зерну шеелита, причем серо-желтый налет в течение 1-2 секунд сменяется индигово-синим или иссиня-черным (образуется соединение W_2O_5). В результате реакции зерна шеелита настолько четко выделяются, что могут быть легко пересчитаны.

2). Реакция на получение «оловянного зеркала» - определение касситерита (SnO_2).

Шлих насыпается тонким (в одно зерно) слоем на цинковую пластику и заливается концентрированной соляной кислотой. По окончании вскипания, сопровождающегося шипением, шлих переносят в фарфоровую чашечку и подвергают его просмотру под бинокуляром. В случае присутствия зерен касситерита, последние покрываются сверху тонкой серой пленкой металлического олова (оловянное зеркало) и становятся ясно различимыми среди массы остальных зерен шлиха.

3). Определение некоторых свинцовых минералов из зоны окисления (церуссит, вульфенит, ванадинит, пироморфит) также производится на цинковой пластинке с соляной кислотой. На пластинку помещают испытуемое зерено и заливают каплей концентрированной HCl. На свинцовых минералах появляется пленка металлического свинца.

4). Свинцовые минералы также определяют путем погружения их в водный раствор иодистого калия (KJ) с получение в итоге окрашенных пленок. Следует иметь в виду, что реакция KJ с англезитом происходит на холоду (т.е. без нагревания) с образованием золотисто-желтой пленки двуиодистого свинца (PbJ_2). Такие минералы, как церусси, вульфенит, ванадинит, пироморфит подвергают предварительной обработке на холоду серной кислотой в соотношении 1:1, чтобы получить на них пленку сульфата свинца. Затем эта пленка в водном растворе иодистого калия образует золотисто-желтую пленку двуиодистого свинца.

5). Определение танталита, колумбита и ильменита производят следующими способами. Шлих, в котором предполагается наличие *тантало-ниобатов*, засыпают фарфоровый тигель, заливают крепкой (разбавленной) серной кислотой и кипятят до появления белых паров, при этом на поверхности зерен определяемых минералов появляется характерная сетчатая пленка белесого или грязновато серовато-)-белого цвета. (Образование сетчатой пленки происходит по двум системам трещин спайности, пересекающихся под прямым углом). *Ильменит* при таких же условиях приобретает тонко-шероховатую поверхность с равномерной серой окраской с характерным фиолетовым оттенком.

Все определенные минералы должны быть описаны, что желательно делать по единому плану. В описании указывается название минерала, размер зерен, форма зерен, твердость, блеск, цвет, прозрачность, черта, окатанность, наличие включений (и их состав), окатанность.

После проведения минералогического анализа необходимо произвести количественную оценку ценных минералов, т.е. определить их содержание в шлихе (протолочке). Это можно сделать для всех минералов, обнаруженных в пробе, или рассчитать содержания только для ценных минералов (например, золото, платина, касситерит, киноварь, циркон,

монацит, вольфрамит и т.п.). Результаты минералогического анализа (без описания характеристик минералов) заносятся в специальный формуляр (табл. 3.3), в котором также фиксируются: номер пробы, сведения о месте отбора пробы, вид анализа, начальный вес пробы, вес анализируемой навески и составляющих её фракций и другая информация.

Таблица 3.3

Формуляр для записи результатов минералогического анализа шлиховых и протолочных проб

Организация Заказчик *УГПП*		№ пробы *Ш-12*		Глубина (интервал) отбора пробы *1,5-1,75 м*			
Карта минералогического анализа							
Название породы *песок среднезернистый с гравием*				Вид анализа *полный полуколичественный*			
Вес пробы	Вес навески пробы	Объем промытой породы	Вес шлиха	Вес навески шлиха	Вес тяжелой фракции	Вес легкой фракции.	

Минералы	Фракции						Класс -0,05 мм	В % к шлиху	Выход минералов (г/м^3)
	Магнитная	I парамагн	II парамагн	немагнитная	+0,5 мм	легкая			
	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г	Вес, г		
	10.59	*8,6*	*14,0*	*00,55*	*20,7*	*30,0*	*0,5*		
Магнетит	1100								39,8
хромит	езн								
Гранат	езн	40	1		8				75,9
Ильменит		23	еез		10				45,0
Хлорит		ез							
пирит			ерз	ез					
Золото				12 зн					После взвешивания 25 мг/м^3

2.4. Определение процентного содержания ценных минералов

Примерная количественная характеристика минералов шлиха определяется при его изучении под бинокуляром. Обычно для количественного определения минералов шлих разделяют на ситах. Из крупных фракций минерал отбирают под бинокуляром и взвешивают, а в мелких классах определяют его процентное содержание путем подсчета числа зерен минерала, встречающихся среди 800 – 1000 зерен фракции. Подробно эта методика описана в специальных руководствах [15, 18].

Для быстрого приближенного количественного определения минералов, особенно в полевых условиях, можно использовать объемно-весовой метод [12]. Из тяжелой (или электромагнитной) фракции выделят 4-5 тонких полосок шлиховых минералов длиной до 10 мм и шириной около 1 мм (в 1-2 зерна), замеряют длину этих полосок. Затеи из каждой полоски выделяют при помощи иглы зерна ценного минерала (например, золота, касситерита), располагают их в виде полоски той же ширины (т.е. около 1 мм) и замерят длину полоски. Отношение полоски ценного минерала к длине исходной полоски, умноженное на 100, дает объемный процент содержания минерала в данной фракции. Подобным же образом подсчитывают объемный процент в остальных 3-4 полосках и берет среднее арифметическое значение из 4-5 подсчетов.

Например, длина исходной полоски 10 мм, длина полоски ценного минерала (касситерита) – 3 мм; объемный процент (V_1) содержания касситерита в тяжелой фракции будет:

$$V_1 = 3/10 * 100 = 30\ \% \qquad (1)$$

Средний объемный процент содержания по нескольким таким полоскам легко рассчитать по формуле

$$Vcp = (V_1 + V_2 + V_3 \ldots + Vn) : N \qquad (2)$$

где V_1 ; V_2 ;V_3… Vn - объемное содержание минерала в полосках шлиха;

N – общее число полосок шлиха, использованных (просмотренных) в ходе анализа.

Для получения весового содержания минерала в пробе (г/м^3 или г/т) расчеты необходимо производить с учетом плотности каждого из минералов и удельного веса всей остальной массы минеральных зерен шлиха. Эти данные берутся из минералогических таблиц. В итоге весовое содержание минерала рассчитывают по следующей формуле:

$$X = \frac{У * d * 100}{У * (d - d_1) + 100 d_1} \qquad (3)$$

где X – весовой процент; У – объемный процент; d- плотность ценного минерала (берется из справочника); d_1 – удельный вес всей остальной массы минеральных зерен шлиха (грубо 4 г/см^3).

Полученные при расчетах значения весового или объемного содержания заносят в формуляр (табл.4).

Зная весовой процент ценного компонента, вес шлиха, вес навески шлиха, вес исследуемой фракции, объем промытой породы, можно подсчитать содержание ценного минерала в россыпи в г/м^3 или г/т по формулам:

-для первого случая (см. формулу 1)

$$\mathbf{C_1 = \frac{P * g * x}{V * P' * 100\ \%}} \qquad (4)$$

-для другого случая (формула 3)

$$\mathbf{\frac{P * g * x}{}}$$

$$C_3 = \frac{g \cdot x \cdot 100\ \%}{d \cdot V \cdot P' \cdot 100\ \%} \qquad (5)$$

где C_1 и C_3 – содержание проанализированного материала (соответственно в г/м^3 и г/т); P – масса шлиха (в граммах); g – масса исследуемой фракции (в граммах); P' – масса навески для анализа (в граммах); x- вычисленное при анализе содержание анализируемого минерала во фракции (вес. %); V – объем шлиховой пробы (м^3); d- объемная масса опробованных рыхлых отложений

Обычно такими расчетами минералогический анализ заканчивается и его результаты передаются заказчику, но минералогические исследования продолжаются более детальным изучением других особенностей ценных минералов, имеющего своей целью выявление у них типоморфных признаков, позволяющих решать вопросы генезиса объекта исследований и его промышленных перспектив как самих россыпей, так и эндогенного оруденения, послужившего для них коренным источником ценных компонентов. Такие исследования занимают важное место в практике геологических работ, особенно на поисковой стадии.

Изучение типоморфизма минералов носит комплексный характер: кроме получения данных о гранулометрических и морфологических характеристиках зерен ценных компонентов, выявляемых уже при минералогическом анализе. Используются и другие аналитические методы – химические, спектральные, рентгеновские, рентгеноспектральные, электронно-микроскопические, В настоящем пособии остановимся только на внешних (физических) характеристиках минералов, наблюдаемых под бинокулярным микроскопом.

2.5. Изучение типоморфизма минералов при минералогическом анализе (на примере золота)

Самородное золото - минерал «пластичный» по отношению к факторам рудо- и россыпеобразования, и по этой причине более сильно изменчиво в плане морфологии, физико-механических свойств, макро- и микрохимического состава. Минералого-геохимические признаки самородного золота позволяют исследовать различные аспекты пространственно-генетической связи эндогенных и экзогенных месторождений и на этой основе:

- получать дополнительные сведения о типах золотого оруденения, возможных глубинах его формирования и стадийности рудного процесса;
- обосновывать формационную природу и тип оруденения; прогнозировать возможный масштаб коренного источника (по соотношению в россыпях и шлиховых ореолах золота разной пробы и морфологического состав);
- определять время поступления в россыпь и доказывать наличие древних россыпей и промежуточных коллекторов;
-обосновывать наличие золота в коренных источниках на уровне современного эрозионного среза и решать вопрос об их пространственной позиции [2].

Изучение типоморфизма выделений самородного золота предусматривает [19-23, 32] исследование морфологии золотин (морфологии кристаллов и кластогенных частиц, особенностей рельефа и микрорельефа поверхности), определение химического состава обособлений золота (пробность, макро- и микропримеси как индикаторов формационной природы и признаков геохимической специализации провинций, зональности месторождений), выявление структур и субстструктур золотин, являющихся индикаторам и условий рудообразования и, в равной степени – эпигенетических процессов [2].

Вопросы типоморфизма решаются путем скрупулезного сбора и анализа информации при изучении монофракций минералов и в условиях кратковременности курса перед обучающимися стоит задача приобрести навыки наблюдения и фиксации размеров и морфологических и других внешних особенностей изучаемых частиц. Алгоритм исследований кратко изложен А.Г. Баранниковым на примере самородного золота [2].

2.5.1. Изучение формы выделений самородного золота

Форма частицы (зерна) – одна из особенностей минерала, которая позволяет судить о среде и условиях его выделения. На важное значение изучения морфологии золотин указывает Н.В. Петровская [22], акцентируя внимание на некоторых морфологических особенностях самородного золота, имеющих типоморфное значение. В их числе:

- многообразие форм выделений;
- наибольшая частота встречаемости видимых обособлений свободного металла свойственна месторождениям золото-кварцевой формации;
- свободное золото состоит из сростков ксеноморфных и идиоморфных очертаний в зависимости от конфигурации пространства для роста золотин;
- в малосульфидных рудах больших глубин кристаллические индивиды: при переходе к малоглубиным месторождениям их роль уменьшается, но возрастает степень совершенства кристаллов;
- удлиненные и уплощенные кристаллы характерны для средне-малоглубинных объектов;
- комковидные разности преобладают там, где предшествовавшие рудоотложению тектонические подвижки привели к локальному растрес- киванию минеральных агрегатов без возникновения протяженных трещин;
- для участков интрарудного рассланцевания характерны трещинные выделения;
- интерстициальные обособления отвечают как комковидным, так и чешуйчатым разновидностям;
- широкое распространение имеют и гемидиоморфные (частично ограненные) золотины;
- проволоковидные, ветвящиеся, дендритовидные агрегаты обычно характерны для средне- и малоглубинных руд.

При работе с монофракциями исследования лучше производить на морфометрической основе, сопровождая первоначальную диагностику формы частиц замером их длины (A), ширины (B) и толщины (D). Для замеров используется объектив с масштабной линейкой. Размеры зерен определяют, руководствуясь таблицей 4.

Таблица 3.4

Шкала для определения размеров зерен
(микроскоп МБС-1,2,9, окуляр 8^x)

Увеличение на барабане	Малое деление (1мм)	Большое деление (1см)
	Истинное значение, мм	
0,6	0,17	1,7
1	0,10	1,0
2	0,05	0,5
4	0,025	0,25
7	0,017	0,17

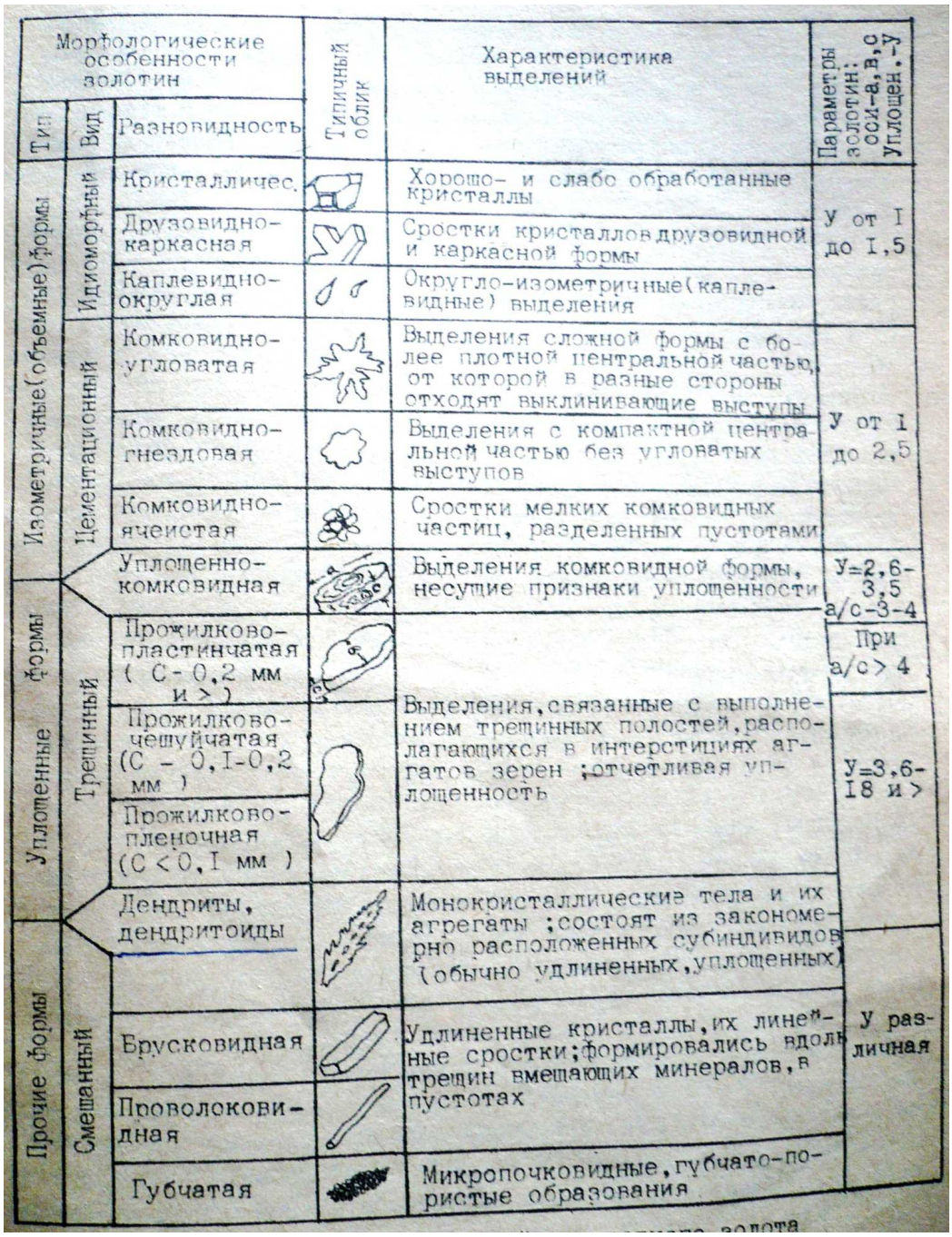
На основе выполненных морфометрических замеров рассчитывают «коэффициенты формы» для каждого зерна: коэффициент удлиненности (Куд = а/с или Куд = а/в) и коэффициент уплощенности (К упл = (а+в)/2с или

$$Купл = \frac{(а+в)}{2с} - 1$$ (по Вассоевич, 1967 [4]).

Такие расчеты коэффициентов формы позволяют однозначно отнести золотину к определенному типу, виду, разновидности, руководствуясь значениями «коэффициентов формы», в соответствии с рекомендуемыми для этого терминами, приведенными также в таблице 3.5.

Таблица 3.5

Систематика выделений самородного золота
(по Петровской, 1973 [18]; Баранникову,1994[2])



Морфологические особенности золотин: Тип	Вид	Разновидность	Типичный облик	Характеристика выделений	Параметры золотин: оси-a,b,c Уплощен.-У
Изометричные (объемные) формы	Идиоморфный	Кристалличес.		Хорошо- и слабо обработанные кристаллы	У от I до I,5
		Друзовидно-каркасная		Сростки кристаллов друзовидной и каркасной формы	
		Каплевидно-округлая		Округло-изометричные (каплевидные) выделения	
	Цементационный	Комковидно-угловатая		Выделения сложной формы с более плотной центральной частью, от которой в разные стороны отходят выклинивающие выступы	У от I до 2,5
		Комковидно-гнездовая		Выделения с компактной центральной частью без угловатых выступов	
		Комковидно-ячеистая		Сростки мелких комковидных частиц, разделенных пустотами	
Уплотненные формы	Трещинный	Уплощенно-комковидная		Выделения комковидной формы, несущие признаки уплощенности	У=2,6-3,5 a/c-3-4
		Прожилково-пластинчатая (C- 0,2 мм и >)		Выделения, связанные с выполнением трещинных полостей, располагающихся в интерстициях агрегатов зерен ; отчетливая уплощенность	При a/c > 4
		Прожилково-чешуйчатая (C - 0,I-0,2 мм)			У=3,6-I8 и >
		Прожилково-пленочная (C < 0,I мм)			
Прочие формы	Смешанный	Дендриты, дендритоиды		Монокристаллические тела и их агрегаты ; состоят из закономерно расположенных субиндивидов (обычно удлиненных, уплощенных)	У различная
		Брусковидная		Удлиненные кристаллы, их линейные сростки; формировались вдоль трещин вмещающих минералов, в пустотах	
		Проволоковидная			
		Губчатая		Микропочковидные, губчато-пористые образования	

Результат морфологических исследований лучше представлять в виде таблицы, в которой одновременно фиксируются результаты замеров частиц минерала (табл. 3.6).

Таблица3. 6

Формуляр для заполнения данными морфометрического анализа монофракций минерала

№ зн	Размеры, мм			Морфологические типы						Коэффициенты формы		
	длина	**ширин**	**толщина**	**кристаллы**	**Комковидные**	**Пластинчатые**	**брусковидны**	**крючковаты**	**ГМ**	**Кудл**	**Купл**	**Ккр**
1												
2												
3												

При изучении и описании золота, платиноидов и других минералов россыпей кроме морфометрических показателей обязательно определение степени окатанности частиц, оцениваемой визуально по 6 - бальной шкале. При этом лучше пользоваться принятым в практике работ трафаретом, предложенным в 1953 году М.С. Пауэрсом, или традиционно руководствуясь следующими указаниями:

1 балл – золото неокатанное (рудного облика);
2 балла – почти неокатанное;
3 балла – слабо окатанное;
4 балла – среднеокатанное;
5 баллов – хорошо окатанное;
6 баллов – идеально (очень хорошо) окатанное.

Наличие в пробах неокатанного и слабокатанного золота обычно рассматривается как индикатор близкого расположения коренного источника (или малой удаленности россыпей от области питания). Чем выше окатанность частиц минерала, тем более длительную транспортировку, как считается, он (минерал) испытал. Обычно в так называемых россыпях «ближнего сноса» (до 1 км от области питания) существенно (до 80-100 %) преобладает «металл» слабой окатанности (до 3 баллов), в россыпях «умеренного сноса» (первые км) – среднеокатанный (3-4 балла), в россыпях «дальнего сноса» - превалируют хорошо окатанные (5-6 баллов) частицы. Но при этом следует иметь в виду, что подобная схема распределения является идеализированной и характеризует простую систему «коренной источник – россыпь» в виде единого линеамента, что в природе бывает достаточно редко.

При изучении морфологических особенностей всегда необходимо помнить о том, что процесс россыпеобразования является длительным, многостадийным и разнообразным по условиям формирования и преобразования продуктивных отложений. При этом каждый этап (стадия) россыпеобразования оставляет свой след в облике зерен россыпных минералов.

Также всегда следует учитывать, что в россыпеобразовании могут участвовать коренные источники различных генетических типов, в которых ценные минералы обладают не только разными мофологическими особенностями, но и различной размерностью частиц. В зависимости от характера и динамики транспортирующей среды (водный, воздушный потоки, твердый сток) частицы разного размера и формы по-разному реагируют и преобразуются в ходе транспортировки: сильнее всего эволюционируют

крупные объемные формы и, наоборот, слабее меняется облик уплощенных и мелких частиц.

Перейдем к другим характеристикам самородного золота, которые также можно наблюдать при минералогическом анализе и использовать в качестве типоморфных признаков его образования и преобразования. К таковым относятся механические деформации, вторичные (гипергенные) налеты и первичные минеральные включения.

Деформации (изгиб отростков, наклёп краёв, абразивная штриховка) возникают при транспортировке частиц (во взвешенном или влекомом состоянии) или их переотложении (в процессе размыва промежуточных коллекторов) в результате соударения с частицами или обломками более твердых пород и минералов. Деформации изгиба выражаются в виде загнутых внутрь (к центру частиц) утонченных плоских краев или тонких отростков иногда вплоть до смыкания с «ядром» частицы (рис.). Чаще всего этот вид деформации указывает и почти всегда трактуется как признак размыва более древних металлоносных осадков (россыпей), независимо от генезиса (пролювиального, аллювиального или морского), но преимущественно грубообломочных- гравийно-галечных, галечных или валунно-галечных.

Наклёп выражается в утолщении краев частиц также в результате соударений с твердыми обломками при транспортировке в виде «волочения по дну» или во взвешенном состоянии, по-видимому, преимущественно при начальном россыпеобразовании в паводковых условия [20-23]. Некоторые исследователи связывают возникновение этих деформаций с волноприбойными процессами в морских условиях, а также в результате эолового перевевания песков на суше. В результате наклепа образуются необычные, так называемые «тороидальные» частицы с характерными утолщениями краев («валиков») плоских золотин, а при интенсивном и длительном наклепе такие тороиды эволюционируют до полного смыкания, образуя шаровидные полые внутри зерна [21]. Генетическая интерпретация таких форм частиц неоднозначна, но механизм образования обоснован и подтвержден экспериментально (Филиппов, Филиппова, 1981).

Абразивная штриховка выражается в виде хорошо видных под бинокуляром одиночных, а чаще некоторого числа царапин на поверхности частиц россыпного золота и платины, которые возникают также при их соударении с твердыми зернами сопутствующих минералов как при транспортировке в водной или воздушной среде, так и при переотложении частиц из более древних осадочных пород.

Признаком переотложения россыпеобразующих минералов являются вторичные (гипергенные) налеты, покрывающие большей частью углубления на поверхности золотин (а также и других минералах россыпей или кор выветривания). Они образуют пленки или корочки окислов железа или марганца, осаждающиеся в результате восстановления из слабоминерализованных подземных вод, инфильтрующихся через продуктивные осадочные отложения или коры выветривания. Нередко аналогичные пленки образуются и в результате окисления сульфидов (пирит, халькопирит, пирротин и др.), окислов (магнетит, гематит, мартит) или карбонатов. При транспортировке или переотложении россыпеобразующих минералов, такие налеты и корки, как, правило, механически разрушаются и иногда полностью исчезают. Считается, что образование вторичных пленок и налетов происходит при длительной консервации минералов в россыпном теле, т.е. как бы «в состоянии покоя» россыпи, когда она не подвергалась водной боковой или глубинной эрозии. Из этих представлений и определяется типоморфное значение этого признака.

Минеральные включения – не простой диагностический признак, но часто один из важнейших при прогнозировании и поисках коренных источников россыпеобразующих минералов. Нередко их определение является прямым указанием на конкретный

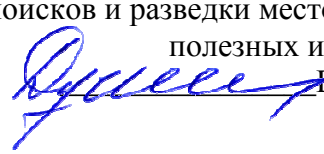
генетический (геолого-промышленный) тип оруденения (например, кварц, фуксит, киноварь, блеклые руды, хромит). Первые наблюдения производятся под бинокулярным микроскопом, используя при диагностике внешние характеристики минералов – морфология зерен, цвет, блеск, показатели преломления, спайность (или характер излома), размерность выделений. Для более точной диагностики рудных минералов следует использовать методы рудной микроскопии (см. главу 2), или электронной (растровой) микроскопии, позволяющей определять минералы включений по химическому составу, что особенно важно при их малой (менее 100 мкм) размерности.

Литература

1. Бадалов С.Т. Минералого-геохимические особенности золоторудных месторождений и рудопроявлений Алмалыка// Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Ташкент: ФАН, 1969. С. 127-134.
2. Баранников А.Г. Изучение самородного золота при проведении поисковых работ. Методические указания
3. Гинзбург А.И., Кузьмин В.И., Сидоренко Г.А. Минералогические исследования в практике геологоразведочных работ. М.: Недра, 1981. – 237 с.
4. Довжикова Е.Г. Петрохимические пересчеты. Метод CIPW. Методические указания к лабораторным работам. Ухта, УГТУ, 2013. - с.
5. Захарова Е.В. Минералогия россыпей. М.: Недра, 1994. – 271 с.
6. Копченова Е.В. минералогический анализ шлихов и рудных концентратов. М.: Недра, 1979. - 247 с.
7. Мурзин В.В., Малюгин А.А. Типоморфизм золота зоны гипергенезам(на примере Урала). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1978. – 76 с.
8.
9. Николаева Л.А., Гаврилов С.Н. Методическое руководство по изучению самородного золота при ГРР. М., ЦНИГРИ, 1985. - 74 с.
10. Петровская Н.В. Самородное золото. М.: Наука, 1973. -345 с.
11. Угрюмов А.Н. Шлиховой метод поисков. Часть 2. Методика минералогического анализа шлихов (Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Прогнозирование и поиски МПИ»). Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 1996. - 26 с.
12. Яблокова С.В. Определение относительного времени поступления золота в россыпи (на примере Яно-Колымского пояса и Чукотки) / Древние и погребенные россыпи СССР. Ч. 2. Киев: Наукова думка, 1977. С. 118-120.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.11 ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Малюгин А.А., к.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ
Цели и задачи интерпретации, оценки и разбраковки геохимических аномалий
1. Законы распределения случайных величин, используемых в практике геохимических работ
1.1.Группирование исходных данных
1.2.Построение гистограмм и вариационных кривых
1.2.1 Типы кривых распределения, наиболее часто встречающиеся в практике геохимических работ
1.2.2. Нормальный закон распределения
1.2.3. Логнормальное (логарифмически-нормальное) распределение
2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний
2.1. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при нормальном распределении
2.2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при логнормальном Распределении
2.3. Использование интегральных графиков
2.4. Определение параметров логнормального распределения
3. Аналитические методы определения закона распределения
3.1. Определение законов распределения с помощью оценок асимметрии (А) и эксцесса (Е)
3.2. Проверка закона распределения с помощью критерия Пирсона
4. Определения корреляционной связи между содержаниями элементов
4.1. Вычисление выборочного коэффициента корреляции
4.2. Вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена
4.3. Интерпретация значений коэффициента корреляции
4.4. Уравнение регрессии
5. Показатели, используемые при изучении геохимических аномалий
5.1. Кларк и коэффициент концентрации
5.1.1. Построение геохимических спектров и их интерпретация
5.2. Показатели количественной оценки геохимических ореолов
5.3. Показатели зональности ореолов и оценки глубины эрозионного среза геохимических ореолов, рудных тел и рудовмещающих структур
Список литературы
Задания для практических работ
Приложения

Введение

Геохимические методы поисков, основанные на закономерностях распределения химических элементов в различных геосферах Земли, прочно вошли в практику геологоразведочных работ и широко применяются во всем мире. Многолетний опыт выявления рудных месторождений по первичным и вторичным ореолам рассеяния доказал высокую эффективность применения (использования) поисковой геохимии, позволяющей при сравнительно небольших затратах, находить промышленно значимые, в том числе трудно открываемые и слабо проявленные на поверхности месторождения.

Предметом исследований поисковой геохимии выступает геохимическое поле и составляющее его локальные аномалии. Фактически, любое рудное месторождение сопровождается первичными и вторичными ореолами рассеяния основных и сопутствующих химических элементов, которые могут быть выявлены геохимическими методами. Обнаружение таких ореолов и потоков рассеяния, установление их природы (генезиса), промышленной значимости и прогнозная оценка геохимических аномалий во многом определяются профессионализмом геолога-геохимика не только в ходе полевых исследований, но в большей мере, при проведении количественной интерпретации геохимических данных.

В практике геохимических поисков важнейшее значение имеет математическая обработка получаемой информации – от изучения распределения химических элементов в природных средах (лито-, гидро, био- и атмосфере) до разбраковки и прогнозной оценки геохимических аномалий. Среди методов и приемов прогнозирования и оценки объектов по геохимическим ореолам наиболее известны и широко применяются геостатистические, использующие статистические соотношения между характеристиками рудных тел и связанных с ними геохимических ореолов.

Настоящее пособие направлено на знакомство студентов с основными принципами этих методов и включает в себя изложение способов количественной интерпретации и графического изображения результатов геохимических данных, а также примеры типовых задач с описанием их решения.

Несколько слов от составителя. *Поисковая геохимия – наука молодая (ведь ей нет еще и ста лет), кардинальных изменений ее теоретические основы не претерпели, а законы поведения химических элементов в различных геологических средах остались прежними, как и правила математической статистики, применяемые при обработке анализов и интерпретации результатов геохимических поисков. Излагаемый в пособии материал ранее публиковался в аналогичном пособии В.И.Чеснокова и О.Н.Грязнова (1982) и на нем «выросло» не одно поколение геологов-поисковиков (выпускников СГИ, УГИ, УГГГА, УГГУ), успешно применявших геохимические исследования в своей работе в разных регионах СССР, России и зарубежных стран. Поэтому, в знак большого уважения в предлагаемом учебном пособии разработки В.И. Чеснокова и О.Н. Грязнова представляются без изменений с пояснениями и добавлениями составителя, ведущего занятия по этой дисциплине в настоящее время.*

1. Цели и задачи интерпретации, оценки и разбраковки геохимических аномалий

Под *интерпретацией* геохимических аномалий понимается последовательность действий, возникающая вслед за их выявлением. Конечным результатом оценки геохимической аномалии продолжающаяся вплоть до принятия обоснованного решения о уровне перспективности объекта и целесообразности его дальнейшего изучения (Геохимический словарь…).

Оценка геохимической аномалии – качественная и количественная характеристика геохимических параметров аномалии, на основании которых определяется ее природа (рудная, безрудная, техногенная), продуктивность, тип прогнозируемого оруденения, уровень вскрытия аномалии (уровень эрозионного среза), промышленная значимость. Конечным результатом оценки геохимической аномалии является подсчет прогнозных ресурсов полезных ископаемых.

Разбраковка аномалий представляется как совокупность методических приемов, позволяющих получить ответы на два основных вопроса: 1) связана ли аномалия с рудным объектом и, если связана, то 2) каковы параметры изучаемого объекта.

В общем случае при интерпретации, оценке и разбраковке геохимической аномалии решаются следующие основные задачи:

- выделение и оконтуривание геохимической аномалии (аномалий);
- определение рудно-формационной природы (генезис) аномалии;
- выяснение особенностей внутреннего строения аномалии – зональность;
- оценка уровня эрозионного среза аномалии;
- разбраковка аномалии;
- определение условий залегания оруденения;
- оценка масштабности оруденения

Перечисленные задачи решаются в той или иной степени в зависимости от масштаба поисковых работ и иерархического ранга изучаемого рудного объекта (рудный район, рудный узел, рудное поле, месторождение).

Полный цикл обработки и интерпретации результатов геохимических поисков включает в себя, по крайней мере, пять самостоятельных этапов:

1. Оценка статистических параметров распределения элементов в геохимическом поле;
2. Выделение в геохимическом поле аномалий путем вычисления нижней аномальной границы;
3. Определение природы и параметров геохимической аномалии – размеров, элементного состава, средних содержаний химических элементов, корреляционных связей, зональности, продуктивности, формационной принадлежности;
4. Оценка прогнозных ресурсов по геохимическим данным;
5. Разбраковка аномалий по степени перспективности и очередности их дальнейшего изучения.

1.1. Законы распределения случайных величин, используемые в практике геохимических работ

Обобщение большого цифрового материала, получаемого в результате геохимических работ (сотни-тысячи проб и до десятков тысяч элементо-определений) невозможно без применения математической обработки. Для получения однозначных геохимических показателей, количественно характеризующих тот или иной природный геологический объект (неизмененные горные породы, околорудные метасоматиты, геохимические ореолы и аномалии, рудные тела и т.д.), а также для объективного сравнения этих показателей с целью использования их сходства или различий для поисков месторождений полезных ископаемых требуется применение единой методики обработки геохимической информации. Такой методикой математической обработки геохимических данных является применение теории вероятностей и математической статистики.

Распределение химических элементов в любых геологических образованиях определяется генезисом этих образований. При этом на распределение элементов оказывает влияние множество причин, учесть которые бывает достаточно трудно. Поэтому даже в однородных неизмененных горных породах, не говоря уже об эндогенных ореолах или рудных телах, наблюдаются колебания (иногда очень значительные) от какой-то средней величины, характеризующей истинное среднее содержание данного химического элемента в изучаемом объекте. Однако с помощью статистической обработки почти всегда можно выявить количественные закономерности в распределении химических элементов в однородных геологических образованиях определить конкретные геохимические величины, характеризующие изучаемый объект.

Совокупность значений содержаний химического элемента, отражающая статистические закономерности его распределения в конкретном природном образовании (минерал, порода, вода, газ, органическое вещество), может быть названа *геохимической совокупностью*, которую можно было бы получить по результатам анализа бесконечно большого количества проб с бесконечно малым шагом опробования, охватывающих полностью всё изучаемое геологическое тело.

При геохимических исследованиях мы всегда имеем дело с результатами анализов ограниченного числа проб по конкретному геологическому объекту. Совокупность результатов этих анализов называется ***геохимической выборкой***.

Очень важно, что геохимическая выборка была однородной, то есть состояла из результатов анализов проб, отобранных из однородного геологического образования. *Например, при определении геохимического фона какого-либо химического элемента в конкретной горной породе на изучаемой площади в выборку отбираются результаты анализов только тех проб, которые принадлежат к неизмененной горной породе конкретного петрографического состава и возраста, отобранных и проанализированных в одинаковых условиях.*

Статистическая обработка данных геохимического опробования возможна только в том случае, когда удовлетворяется следующее выражение*:*

$$0{,}5n_1 + \sum n_i \geq 50\% \qquad (1)$$

где n_1 – количество проб с минимальным содержанием, выраженным конкретным числом (цифрой);

$\sum n_i$ – количество проб с содержанием выше, чем минимальное значение.

Для выяснения характерных геохимических закономерностей в распределении химических элементов в горных породах или других объектах необходимо сгруппировать исходные данные относительно какого-то признака. В противном случае, а часто вообще невозможно, выявить какую-либо статистическую закономерность в распределении исследуемой величины. В качестве такого признака обычно принимаются величины содержаний элементов в определенной горной породе, рассматриваемы в данном случае как случайные величины.

1.2. Группирование исходных данных

Эта операция обычно проводится по интервалам. Величины интервалов вбираются по возможности равными, исходя из условий, что можно без большой ошибки приравнять все содержания, попадающие в определенный интервал, к середине этого интервала и что для удобства статистической обработки величина интервала должна быть возможно большей. Однако при этом приходится руководствоваться первым условием, чтобы не терялись особенности характера распределения.

Желательно по возможности разделить выборку на 10-20 интервалов с числом в интервале не менее 5 единиц.

Для выбора величины интервала группирования можно воспользоваться эмпирической формулой:

$$K = (X_{max} – X_{min})/ 1 - 3{,}2* \lg N \qquad (2)$$

где К – ширина интервала;

X_{max} и X_{min} – соответственно максимальное и минимальное содержание данного химического элемента в пробах изучаемой выборки;

N – количество проб в выборке.

Например, в выборке из 174 проб (таблица 1) максимальное содержание меди (X_{max}) – 0,020%, минимальное (X_{min}) – 0,001%. В этом случае по формуле (2) ширина интервала К = (0,020-0,001)/1+3,2 lg174 = 0,023%. Округляя можно принять ширину интервала равной 0,002 %.

Отсюда вся выборка может быть разбита на интервалы: 0,00-0,002 %; 0,002-0,004 %; 0,004-0,006%; 0,006-0,08 %; 0,008-0,010 %; 0,010-0,012 %; 0,012-0,014 %; 0,014-0,016 %; 0,016-0,018 %; 0,018-0,020 % (таблица 2). Для каждого из полученных интервалов таким образом устанавливаются нижняя и верхняя границы и затем рассчитывается среднее значение, называемое *серединой интервала*. Например, для интервала 0,018-0,020 % серединой интервала будет величина 0,019 %.

После установления границ, в каждый интервал включаются величины содержаний химического элемента большие нижней границы интервала и меньшие или равные верхней его границы. Для упрощения расчетов обычно результаты спектрального анализа переводят в целочисленные значения, кратные 10^{-2}%, 10^{-3} % или 10^{-4} % в зависимости от конкретных величин содержаний элемента. В этом случае приведенный в примере ряд содержаний будет выглядеть следующим образом: 1; 2; 3 … 20^{-3} %.

После разделения выборки на интервалы производится подсчет количества проб (n_i), попавших в тот или иной интервал и вычисление относительной частоты (встречаемости)

проб (Wi) в данном интервале. При подсчете количества проб, попавших в тот или иной интервал удобнее пользоваться так называемым методом «конверта» (десятичном ключе), что особенно важно при значительном объеме выборки.

Таблица 1

Результаты количественного спектрального анализа долерита одного из района на медь

№ пробы	Сод. n*10^{-3}%	№ пробы	Сод. n*10^{-3}%	№ пробы	Сод. n*10^{-3}%	№ пробы	Сод. n*10^{-3}%	№ пробы	Сод. n*10^{-3}%	№ пробы	Сод. n*10^{-3}%
1	**8**	*31*		1	**1**	1	**0**	21	**1**	51	
	1	*2*		2		2		22		52	**3**
	9	*3*		3	**5**	3		23		53	
	6	*4*	**1**	4		4	**1**	24	**4**	54	**2**
	13	*5*		5	**1**	5		25		55	
	5	*6*		6		6		26		56	
	8	*7*		7	**2**	6		27		57	**0**
	10	*8*		8		8	**0**	28	**0**	58	
	2	*9*		9	**3**	9		29		59	
0	**6**	*0*		0		00	**6**	30	**5**	60	**5**
1	**7**	*1*	**1**	1	**2**	01		31		61	
2	**17**	*2*		2		02		32		62	**0**
3	**5**	*3*	**2**	3	**1**	03		33		63	
4	**12**	*4*		4		04		34	**3**	64	**4**
5	**8**	*5*	**3**	5	**4**	05	**0**	35		65	
6	**9**	*6*		6		06		36	**0**	66	
7	**7**	*7*	**2**	7		07	**2**	37		67	
8	**10**	*8*		8		08		38		68	**2**
9	**15**	*9*		9	**7**	09	**2**	39	**3**	69	
0	**9**	*0*	**0**	0		10		40		70	**0**
1	**11**	*1*		1	**2**	11	**0**	41	**6**	71	
2	**8**	*2*	**6**	2		12		42		72	
3	**1**	*3*	**0**	3	**4**	13		43	**1**	73	
4	**7**	*4*		4		14		44		74	
5	**8**	*5*	**5**	5	**0**	15		45			
6	**7**	*6*		6		16		46	**0**		
7	**4**	*7*	**0**	7	**1**	17	**8**	47			
8	**6**	*8*		8		18		48	**7**		

9	**18**	*9*	**2**	9		19	**0**	49			
0	**7**	*0*		0		20		50	**1**		

Затем подсчитывается общее число проб, включенных в каждый интервал (n_i) и определяется относительная частота (W_i), соответствующая каждому интервалу по формуле:

$$W_i = (n_i / N) \times 100\ \% \qquad (3)$$

где W_i – относительная частота в % для i- интервала;

n_i – число проб в i-ом интервале;

N – общее число проб в выборке.

Сумма относительных частот всех интервалов должна быть равна 100 %.

В качестве примера (Табл. 2) можно привести группирование содержаний меди в долеритах из таблицы 1.

Таблица 2

Результаты группирования содержаний меди в долеритах

№№ пп.	Интервалы содержаний в $n*10^{-3}$%	Отметки	Кол-во проб с данным содержанием (n_i) в шт.	Относительная частота (W_i) для интервалов	Накопленные относительные частоты для интервалов, в %
1	0-2		6	3,44	3,44
2	2-4		13	7,50	10.94
3	4-6		25	14,36	25,30
4	6-8		48	27,58	52,86
5	8-10		36	20,70	73,58
6	10-12		22	12,62	86,20
7	12-14		10	5,76	91,96
8	14-16		8	4,60	95,56
9	16-18		5	2,87	99.43
10	18-20		1	0,57	100,00
			N= 174	$\sum$ = 100 %	

После группировки содержаний по интервалам для выяснения закономерностей распределения химических элементов строятся гистограммы или вариационные (дифференциальные) кривые.

1.3. Построение гистограмм и вариационных кривых

Гистограммы используются для представления изучаемой выборки в графическом виде. При их построении частоту каждого интервала делят на его длину и полученное число берут в качестве высоты прямоугольника, основание которого равно величине интервала. Часто за высоту прямоугольника берется количество проб в данном интервале или соответственные относительные частоты. Пример приведен на рис. 1.

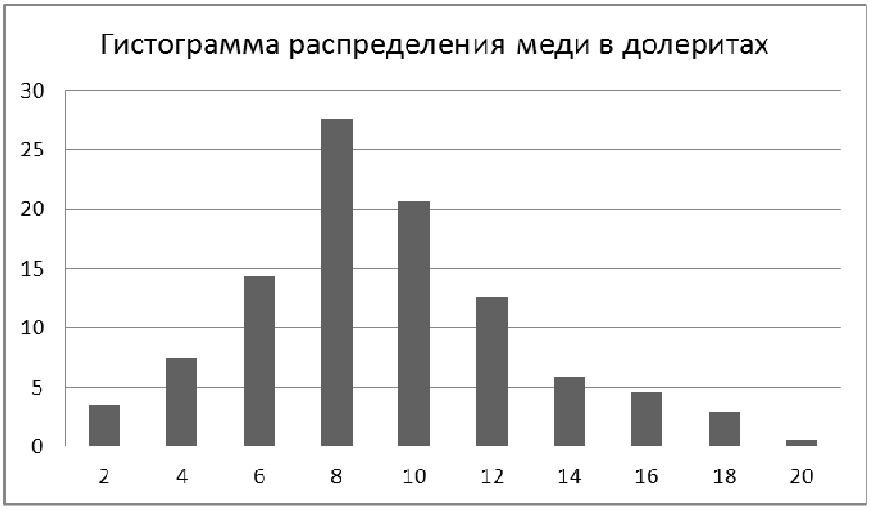


Рис. 1. Гистограмма распределения меди в долеритах. По оси абсцисс – интервалы содержаний меди в %, по оси ординат – относительные частости.

Если соединить серединки вершин каждого прямоугольника представленной гистограммы, то получится кривая линия, которая является функцией или законом распределения исследуемой величины «X» и называемая *вариационной кривой*.

Вариационные (дифференциальные) кривые распределения могут строиться и без составления гистограммы. Делается это аналогичным способом: по оси абсцисс откладываются интервалы содержаний в порядке из возрастания, по оси ординат – частости ($\mathbf{n_i}$) или чаще относительные частости ($\mathbf{W_i}$) в процентах в пропорциональном масштабе. Из середины каждого интервала к оси абсцисс мысленно восстанавливается перпендикуляр, равные по величине (высоте) относительной частости. Вершина перпендикуляра отмечается на графике точкой. Точки

1.3.1. Типы кривых распределения, наиболее часто встречающиеся в практике геохимических работ

Кривые распределения могут иметь бесконечное разнообразие форм, те не менее в практике геохимических поисков наиболее часто встречаются пять основных типов вариационных кривых распределения химических элементов (и минералов) в горных породах (рис. 2).

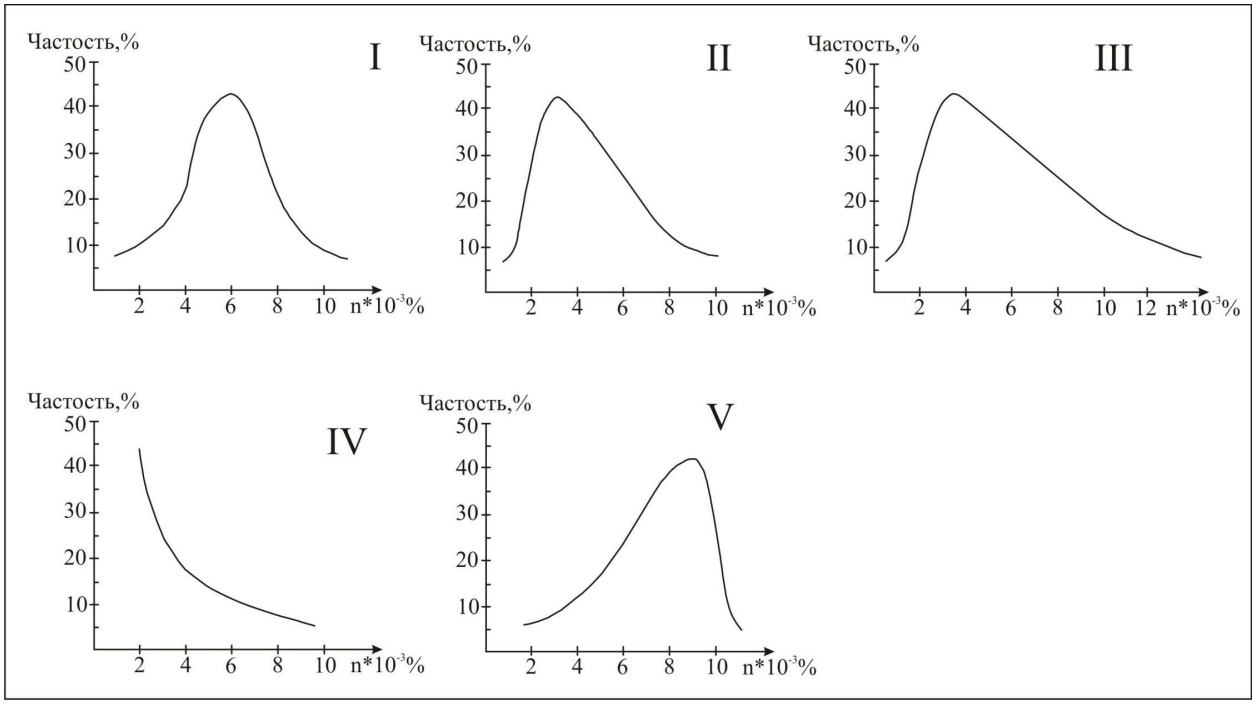


Рис. 2. Основные типы вариационных кривых, встречающихся в практике геохимических работ (по М.И. Толстому, 1964 [11]).

I тип кривых описывается нормальным законом распределения вероятностей и геохимически соответствует равномерному распределению элемента в минералах и горных породах.

Для кривых **II типа**, описываемых логнормальным законом распределения, характерно неравномерное распределение элемента в минералах, распределенных в породе равномерно, или наоборот неравномерное распределение минералов при равномерном распределении в них элемента.

Нормальный и логнормальный законы распределения элементов в минералах и горных породах встречаются наиболее часто и широко используются при статистических методах обработки данных опробования. Однако довольно часто эмпирические вариационные кривые или данные расчетов не укладываются в рамки нормального или логнормального распределения, имея положительную асимметрию, превышающую асимметрию логнормального распределения. В этом случае кривые приобретают вид типа III, чему нередко соответствует неравномерное распределение элементов в минералах, распределение которых также неравномерно, или же имеет место наложение на первичное распределение последующих процессов привноса или перераспределения этого элемента.

IV тип кривых появляется в том случае, когда аналитические возможности из-за низкой чувствительности не позволяют достоверно определять содержания элемента, находящегося в породе в кларковых или близких к ним количествах

Вариационные кривые с отрицательной симметрией (**V тип**) характерны для некоторых породообразующих (литофильных) элементов, а также для распределений элементов в породах, подвергшихся процессам выщелачивания.

Таким образом, породообразующие элементы в основном подчиняются нормальному закону распределения и характеризуются I типом вариационных кривых и редко V типом. Элементы рудные и рассеянные главным образом распределяются согласно логнормальному

закону (II тип вариационных кривых) и реже характеризуются III типом вариационных кривых.

Следует помнить, что возможности определения закона распределения химических элементов в породах путем статистической обработки результатов геохимического опробования или путем соответствующих графических построений в значительной степени зависят от полноты исходных данных, которая в свою очередь находится в прямой зависимости от чувствительности аналитического метода определения элемента в пробе.

Рассмотрим теперь основные особенности законов распределения элементов в породах и правила расчетов основных статистических параметров, используемых при интерпретации геохимических полей и аномалий.

1.3.2. Нормальный закон распределения

Во многих случаях эмпирические распределения, с которыми приходится иметь дело в практике геохимических исследований, выражается кривыми симметричной или слабо асимметричной формы, относящимся к типу так называемых *нормальных кривых*.

Нормальное распределение имеет место тогда, когда действует большое число независимых или слабо зависимых случайных причин, играющих роль при образовании конкретной случайной же величины (в частном случае – содержания химического элемента в определенной точке пространства, занимаемого исследуемым геологическим объектом). Если резко преобладает одна из случайных причин, то распределение обычно соответствует логнормальному (логарифмически-нормальному) или какому-либо другому распределению.

Функция распределения случайной величины, являющаяся аналитическим выражением, описывающим кривую распределения в выбранной системе координат, характеризует вероятность попадания определенной случайной величины (содержания химического элемента в пробе) в тот или иной интервал содержаний. Поэтому дифференциальные кривые могут быть названы *кривыми плотности вероятности.*

Нормальное распределение является непрерывным распределением с плотностью вероятности

$$J(x) = 1/\delta\sqrt{2\pi} * e^{-(x-\mu)^2/2\delta^2} \quad , (4)$$

где x- значение случайной величины;

μ – математическое ожидание случайной величины;

δ^2 – дисперсия случайной величины.

Математическим ожиданием случайной величины называется сумма произведений всех возможных значений случайной величин на вероятность появления этих значений или, другими словами, некоторое среднее, вокруг которого группируются все возможные значения случайной величины на числовой оси (см. Руководство по математическим пересчетам… 1965). Это истинное содержание элемента в исследуемой геохимической совокупности. Его точную величину в большинстве случаев установить невозможно и судить о ней приходится по приближенной характеристике, получаемой из геохимической выборки. Эта приближенная характеристика называется оценкой математического ожидания или ***выборочной средней***.

Выборочная средняя равна среднему арифметическому содержанию (x) и определяется по формуле:

$$X = 1/N * \sum x_i \quad (5)$$

где x_i – содержание элемента в отдельных пробах (середин интервалов содержаний в выборке);

N – общее количество проб в выборке.

В качестве меры вершинности эмпирических кривых распределения, отличающихся от теоретических нормальных кривых, обычно используется показатель, называющийся *эксцессом* (Е). Эксцесс определяется по формуле:

$$E = m_4/S^4 - 3 \quad , \quad (8)$$

где m_4 – выборочный момент четвертого порядка, вычисляемый по формуле:

$$m_4 = [\sum([x_i - x)^4] / N \quad (9)$$

При нормальном законе распределения эксцесс равен нулю, поскольку в этом случае, отношение $m_4/ S^4 = 3$.

Построение интегральных кривых

Графически нормальную функцию распределения случайной величины можео изобразить и в виде **интегральной кривой**, часто называемой *кривой накопления* или ***кумулятивной кривой.***

Построение кумулятивной кривой производится следующим образом. По оси абсцисс откладываются интервалы содержаний, на которые разделена выборка; по оси ординат – накопленные частоты (частности) для каждого интервала. Вычисление накопленных частот для каждого интервала производится суммированием частот предыдущих интервалов плюс частота данного интервала (см. табл. 2).

Исходной точкой интегральной кривой является 0, конечной 100 %. Середина кривой, соответствующая накопленной частоте в 50% называют медианой (Ме). Для теоретического нормального распределения мода (Мо) и медиана (Ме) равны.

Дисперсия является мерой рассеяния содержаний элемента вокруг математического ожидания. Приближенной оценкой истинной дисперсии (δ^2) является выборочная (эмпирическая) дисперсия S^2, которая вычисляется по формуле:

$$S^2 = \sum(x_i - x_{ср})^2/(N-1) \quad (6)$$

Мерой рассеяния содержаний элемента вокруг выборочной средней является также *среднее квадратичное отклонение* S, которое представляет собой корень квадратный из выборочной дисперсии S^2. Иногда среднее квадратичное отклонение называют *стандартным отклонением* или *стандартом*.

В качестве относительной характеристики величины рассеяния часто используют коэффициент вариации (V), определяемый по формуле:

$$V = S/x_{ср} * 100\ \% \quad (7)$$

При нормальном распределении кривая симметрична относительно *моды*, под которой понимается абсцисса максимума этой кривой. Мода показывает наиболее часто встречаемое содержание элемента в исследуемой выборке и ***для нормального закона распределения мода равна среднему содержанию элемента.***

Часто в практике работ бывает нужно сравнить однотипные по степени однородности математические выборки между собой по их внешнему виду (островершинные с крутопадающими крыльями, сглаженные с пологими крыльями и т.д.), в особенности при равных значениях моды (М). Следует помнить, что вид кривой и ее крутизна зависят от величины среднего квадратического отклонения (δ). Чем больше среднее квадратическое отклонение, тем положе кривая и наоборот (рис. 3).

1.2.3. Логнормальное (логарифмически-нормальное) распределение

Как отмечалось выше, в практике геохимических работ очень часто встречаются асимметричные кривые распределения. Если вершина кривой сдвинута влево (рис. 3, типы II и III), то асимметрия считается положительной (+А), если вправо (рис 3, тип V)- отрицательной (-А). Во многих случаях эмпирические кривые с положительной асимметрией хорошо согласуются с так называемым логарифмически нормальным законом распределением. Характерным свойством последнего является изменение формы асимметричной дифференциальной кривой, построенной по интервалам содержаний сгруппированной выборки, на симметричную форму, если в качестве случайной величины использовать не содержания химического элемента, а их логарифмы. Таким образом, *логнормальное распределение есть не что иное, как нормальное распределение логарифмов содержаний элементов.* Отсюда следует вывод, что логнормальное распределение обладает всеми свойствами распределения нормального.

Функция распределения плотности вероятности для логнормального закона распределения равна:

$$Y(y) = 1/(\sigma\sqrt{2\pi})* e \qquad (10)$$

где y- lgX, то есть y – значение логарифма случайной величины X;

μ- математическое ожидание случайной величины y ;

σ^2 – дисперсия случайной величины y.

Для логнормального распределения оценкой математического ожидания является среднее арифметическое логарифмов содержаний

$$\lg X = 1/N * \sum \lg X_i \qquad (11)$$

где $\lg X_i$ – частные значения логарифмов содержаний;

N – общее количество проб в выборке.

Приближенной оценкой дисперсии (σ^2) является выборочная дисперсия S^2_{lg}, определяемая по формуле:

$$S^2_{lg} = 1/(N-1)* \sum(\lg X_i - \lg Xcp) \qquad (12)$$

Среднее квадратическое отклонение равно

$$S_{lg} = \sqrt{S^2_{lg}} \qquad (13)$$

Коэффициент вариации для догнормального распределения определяется выражением

$$V = \sqrt{10^{S2lg}} -1 \qquad (14)$$

Величину интервала группирования при логнормальном распределении можно получить из выражения:

$$K = (\lg x_{max} - \lg x_{min}) / (1 + 3{,}2 \lg N) \qquad (15)$$

Построение вариационных кривых проводится так же, как и для нормального распределения, только по оси абсцисс откладываются равные интервалы в содержаниях, равным их логарифмам.

Теоретическая кривая логнормального распределения должна быть симметричной (т.е. ее асимметрия и эксцесс должны быть равны нулю.)

Интегральная (кумулятивная) кривая логнормального распределения определяется выражением:

$$\Phi_{(y)} = \qquad (16)$$

Построение ее аналогично нормальному закону, только используются относительные накопленные частости для равных интервалов логарифмов или неравных интервалов соответствующих им содержаний. Как и вариационную кривую, кумулятивную лучше отстраивать на специальной вероятностной бумаге.

2.ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ

Перейдем к определению других статистических параметров геохимических полей и аномалий. Сделать это можно как графическим, так и расчетным методами, но в обоих случаях только после составления выборок и решения вопроса о законе распределения данных в объеме этих выборок. Менее затратным по времени обработки данных является графический метод, поэтому в практике геохимических работ определение геохимического фона и аномальных содержаний в большинстве случаев производится графическим способом.

2.1. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при нормальном распределении

Одним из графических методов является построение вариационной кривой, с которой снимаются параметр распределения - мода (Mo) и стандартное отклонение (S). Методика построения описана в главе 1.

Если построенная вариационная кривая симметрична и имеет колоколообразную форму, то можно предположить, что она согласуется с нормальным законом распределения. В этом случае в качестве оценки «математического ожидания» или «выборочного среднего» (x) принимается модальное значения содержаний (Mo).

Среднее квадратическое (стандартное) отклонение (S) определяется следующим образом (рис. 4). Максимальная ордината кривой, соответствующая модальному значению содержаний, делится на 10 (десять) равных частей и через точку 0,6 максимальной ординаты (считая от оси абсцисс) проводится линия параллельная оси абсцисс, до пересечения с левой и правой частью графика вариационной кривой. Величина S равна разнице между абсциссой точки пересечения с правой ветвью кривой и модой или же разнице между модой и абсциссой точки пересечения с левой ветвью вариационной кривой. Таким образом, S равно половине ширины вариационной кривой на уровне 0,6 ее максимальной ординаты.

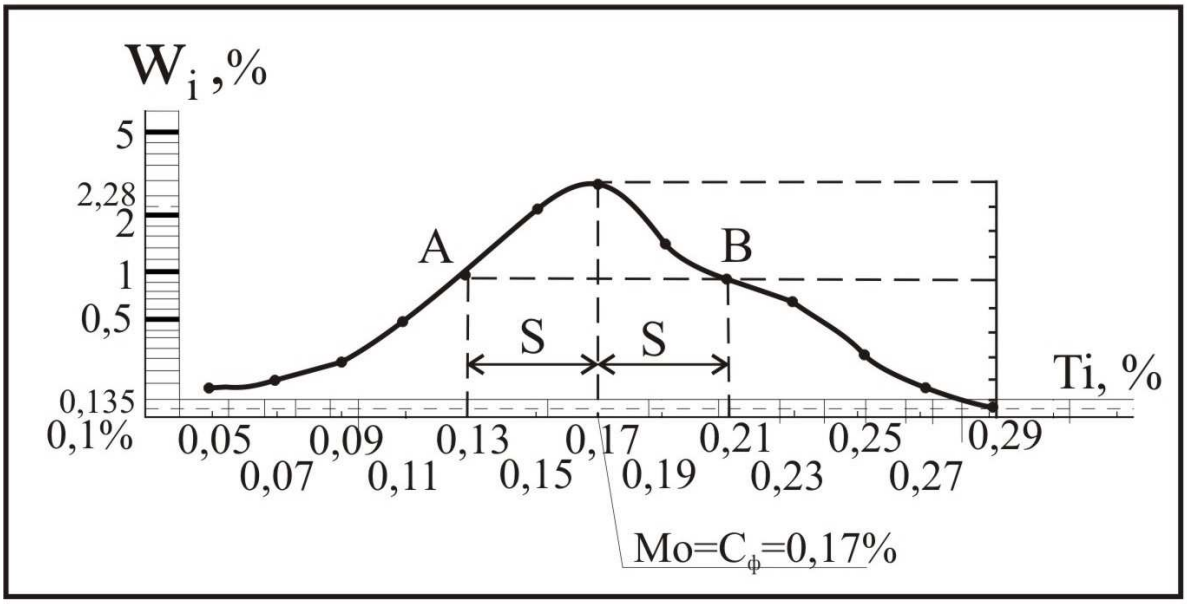


Рис. 3. Определение среднеквадратического отклонения по вариационной кривой распределения при нормальном законе распределения (задание №).

Погрешность определения выборочной средней (x) с вероятностью 0,95 (т.е. с 5%-ным уровнем значности – q) рассчитывается по формуле:

$$\pm\lambda_{5\%} = 1{,}96S/\sqrt{N} \qquad (17)$$

При нормальном законе распределения за значение геохимического фона (Сф) принимается среднее арифметическое (x) из содержаний элемента в данной выборке, определяемое модой по вариационной кривой.

При определении аномальных содержаний используется стандартное отклонение (S), снимаемое с той же с той же вариационной кривой. За нижнее значение аномального содержания для единичных проб принимается величина

$$Ca \geq Cф + 3S \qquad (18)$$

Для выделения слабых геохимических аномалий, которые часто являются проявлением геохимических ореолов скрытых или глубоко залегающих рудных тел, по нескольким коррелирующимся по пространственному положению или структурно-геологической позиции точкам с повышенными относительно геохимического фона содержаниями (но ниже Ca ≥ Сф + 3S) обычно используют более общую формулу минимального аномального содержания:

$$Ca = Cф + 3S/\sqrt{m} \qquad (19)$$

где m – число коррелирующихся точек с повышенным относительно фона содержанием изучаемого элемента, причем m ≤ 9.

При построении литогеохимических карт и геохимических разрезов обычно используются три величины аномальных содержаний, характеризующих различную степень вероятности выделения геохимических аномалий:

$Ca_1 = Cф + S$ (вероятность аномальности - 84,13%), (20)

$Ca_2 = Cф + 2S$ (вероятность – 97,72 %) (21)

$Ca_3 = Сф + 3S$ (вероятность – 99,86 %) (22)

В практике геохимических поисков иногда встречаются так называемые «отрицательные» аномалии, связанные с выносом некоторых химических элементов при гидротермально-метасоматических, сопровождающих оруденение. В ряде случаев эти отрицательные аномалии могут иметь важное поисковое значение. Выделение подобных аномалий проводится аналогично обычным (положительным) аномалиям, только со знаком «минус». Например, $Ca_1 = Сф - S$. Общая формула для выделения «отрицательных аномалий по нескольким пространственно коррелирующимся точкам имеет следующий вид:

$$Ca = Сф - 3S/\sqrt{m} \quad (23)$$

где m – число коррелирующихся точек с пониженным относительно фона содержаний изучаемого элемента, причем $m \leq 9$.

При $m > 9$ в формулах (19) и (23) m принимается равным 9, и тогда они приобретают вид:

$$Ca = Сф + 3S/\sqrt{9} = Сф + S \quad \text{или} \quad Ca = Сф - 3S/\sqrt{9} = Сф - S,$$

с вероятностью выделения аномалий 84,13 %.

Если же в формулы (19) и (23) подставить $m > 9$, то величина Ca, приближаясь к Сф, становится неопределенной, и выделяются аномалии с очень малой вероятностью. Это может привести к выделению и оконтуриванию огромного количества ложных аномалий, связанных с вариациями геохимического фона, на проверку (заверку) которых могут быть безрезультатно затрачены большие средства.

После определения геохимического фона и величин аномальных значений результаты анализа геохимических проб выносятся на карты фактического материала в масштабе съемки ил на геологические разрезы (поэлементно и путем интерполяции производится оконтуривание геохимических ореолов по величинам Ca_1, Ca_2, C_3 …C_n. Аналогично проводится оконтуривание «отрицательных» аномалий.

Следует иметь в виду, что нередки ситуации, когда имеются пробы или пространственно сближенные группы проб с содержанием выше фонового, но ниже аномального (на уровне Ca_3). Выделение всех таких аномалий может привести к большим непроизводительным затратам (каждая аномалия должна быть оценена посредством горных или буровых работ) и, наоборот, игнорирование таких проб может привести к пропуску рудных зон скрытого или погребенного типа с очень слабым по интенсивности и/или небольшими по размерам геохимическими ореолами на поверхности (на уровне «представительного горизонта»). В каждом конкретном случае отнесение таких проб к аномальным или фоновым следует производить по обобщенной формуле:

$$\mathbf{Ca = Сф \pm 3S/\sqrt{m}} \quad (24)$$

2.2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний при логнормальном распределении

В случае, если эмпирическая вариационная кривая, построенная по равным интервалам содержаний, имеет положительную симметрию, то она может быть перестроена в логарифмическом масштабе. Покажем это на конкретном примере.

Например, имеем геохимическую выборку из 120 проб (табл. 3), характеризующую содержание кобальта в неизмененных андезитах одного из районов Урала по данным приближенно количественного спектрального анализа (Чесноков, Грязнов, 1982).

Таблица 3

Выборка содержаний кобальта в неизменных андезитах

№№ пп	Содержание Co в n*10^{-4}% (X_i)	Логарифмы содержаний (lgx_i)	Количество проб (n_i)	Относительные частоты (Wi)
1	1,5	0,176	2	1,67
2	2	0,301	3	2,50
3	3	0,477	4	3,33
4	4	0,602	5	4,16
5	5	0,699	8	6,66
6	6	0,776	11	9,20
7	8	0,903	15	12,50
8	10	1,00	24	20,00
9	15	1,176	23	19,15
10	20	1,301	14	11,67
11	30	1,477	5	4,16
12	40	1,602	3	2,50
13	50	1,699	2	1,67
14	60	1,778	1	0,83
			N = 120	∑ =!00%

Определим величину интервала группирования по формуле:

$K = (x_{max} - x_{min})/(1+3{,}2 \lg N) = (60-1{,}5) / 7{,}6 \approx 8*10^{-4}\%$ (25)

Пользуясь полученной величиной интервала, сгруппируем выборку (табл. 4).

Таблица 4

Сгруппированная выборка содержаний кобальта в неизменных андезитах

№№ пп	Интервалы группирования K_i (n*10^{-4}%)	Середины интервалов K_i	Количество проб N_i	Относительные частоты Wi (%)
1	0-8	4	48	40,02
2	8-16	12	47	39,15
3	16-24	20	14	11,67
4	24-32	28	5	4,16
5	32-40	36	3	2,50
6	40-48	44	0	0,00
7	48-56	52	2	1,67
8	56-64	60	1	0,83
			N= 12	∑ =!00%

По данным таблиц 3 и 4 построены вариационные кривые. В обоих случаях получились асимметричные вариограммы с положительной асимметрией, показывающие, что распределение кобальта в андезитах не согласуется с нормальным законом.

Чтобы проверить не согласуется ли это эмпирическое распределение элемента в андезитах с логнормальным законом распределения, построим вариационные кривые кобальта, заменив по оси абсцисс интервалы содержаний интервалами логарифмов. Затем определяем величину интервала группирования по формуле:

$K = (lgx_{max} - lgx_{min}) / (1+3{,}2 \lg N) = (1{,}778-0{,}176) / (1+3{,}2*\lg 120) = 0{,}21$ (26)

По аналогии с первым примером, по вычисленной величине *к* сгруппируем эту выборку (табл. 5)

Таблица 5

Сгруппированная выборка содержаний кобальта в андезитах для проверки логнормального закона

№№ пп	Интервалы группирования логарифмов (lgx_i)	Середины интервалов ($lg\ x_i$)	Соответствующие интервалы в содержаниях ($n*10^{-4}$ %)	Количество проб в интервале (n_i)	Относительные частоты (Wi) %
1	0,0-0,21	0,105	1,00-1,62	2	1,67
2	0,21-0,42	0,315	1,62-2,60	3	2,50
3	0,42-0,63	0,525	2,60-4,30	9	7,49
4	0,63-0,84	0,735	4,30-6,90	19	15,86
5	0,84-1,05	0,945	6,90-11,2	39	32,50
6	1,05-1,26	1,155	11,2-18,2	23	19,15
7	1,26-1,47	1,365	18,2-29,6	14	11,67
8	1,47-1,68	1,575	29,6-48,0	8	6,66
9	1,68-1,89	1,785	48,0-78,0	3	2,50
				N=120	∑ =!00%

По данным таблиц 5 и 3 построены вариационные кривые по внешнему виду которых (кривые симметричны и имеют колоколообразный вид) можно предположить, что распределение логарифмов содержаний элемента (Co) подчиняется нормальному закону, или, другими словами – содержание кобальта в андезитах согласуется с логнормальным законом.

Поскольку логнормальный закон есть не что иное, как нормальный закон распределения логарифмов содержаний, его параметры находятся (рассчитываются) аналогично параметрам нормального закона распределения (см. раздел 2.1). При этом фоновые и аномальные значения получают, пользуясь таблицей антилогарифмов или с помощью логарифмической линейки и формулам. Для положительных геохимических аномалий это будут:

$lgCa_1 = lgX + lgS$; $lgCa_2 = lgX + 2lgS$; $lgCa_3 = lgX + 3lgS$

а для аномалий отрицательных:

$lgCa_1 = lgX - lgS$; $lgCa_2 = lgX - 2lgS$; $lgCa_3 = lgX - 3lgS$.

Однако построение вариационных кривых логарифмов содержаний довольно громоздко и связано с вычислением логарифмов для каждого конкретного содержания, поэтому проще строить вариационные кривые пользуясь конкретными содержаниями, отложенными в логарифмическом масштабе при выбранной величине основания логарифма Удобно при этом пользоваться специальным бланком, где имеется и обычный масштаб для построения кривых нормального распределения и логарифмический масштаб .

Построение вариационных (дифференциальных) кривых распределения содержаний химических элементов и других величин нашло широкое применение в геологических, геохимических и геофизических исследованиях. Эти кривые позволяют выявлять особенности распределения изучаемых величин и в ряде случаев делать генетические выводы. Однако при этом часто допускается субъективный подход, кривые могут иметь сложный вид и не всегда поддаются однозначной интерпретации. Поэтому в практике геохимических поисковых работ для определения фоновых и аномальных содержание используется графический ***метод построения интегральных (кумулятивных) графиков***,

рекомендуемый «Инструкцией по геохимическим методам поисков рудных месторождений» (1965, 1989 и др. выпуски).

2.3. Использование интегральных графиков

Техника построения интегральных (кумулятивных) кривых (графиков) описана в главе 1. При использовании по оси ординат линейного масштаба интегральная кривая плавно возрастает от 0 до 100 % с перегибом в точке с ординатой 50 %. Абсцисса этой точки называется ***медианой*** (Me).

Если для построения графика интегральной функции распределения воспользоваться специальной вероятностной бумагой (*т.н. «трафарет Н.К. Разумовского»*), то график соответствующей теоретически нормальному распределению, выразится в виде прямой линии, то есть все точки, характеризующие накопленные частоты содержаний, должны лежать на одной линии. Это свойство интегральных графиков широко используется в практике геохимических поисковых работ для графического определения закона распределения и его параметров.

Если все точки графика лежат на одной линии, то можно сделать вывод о соответствии проверяемого эмпирического распределения с теоретическим (нормальным или логнормальным в зависимости от нулевой гипотезы) и по графику – определить параметры распределения.

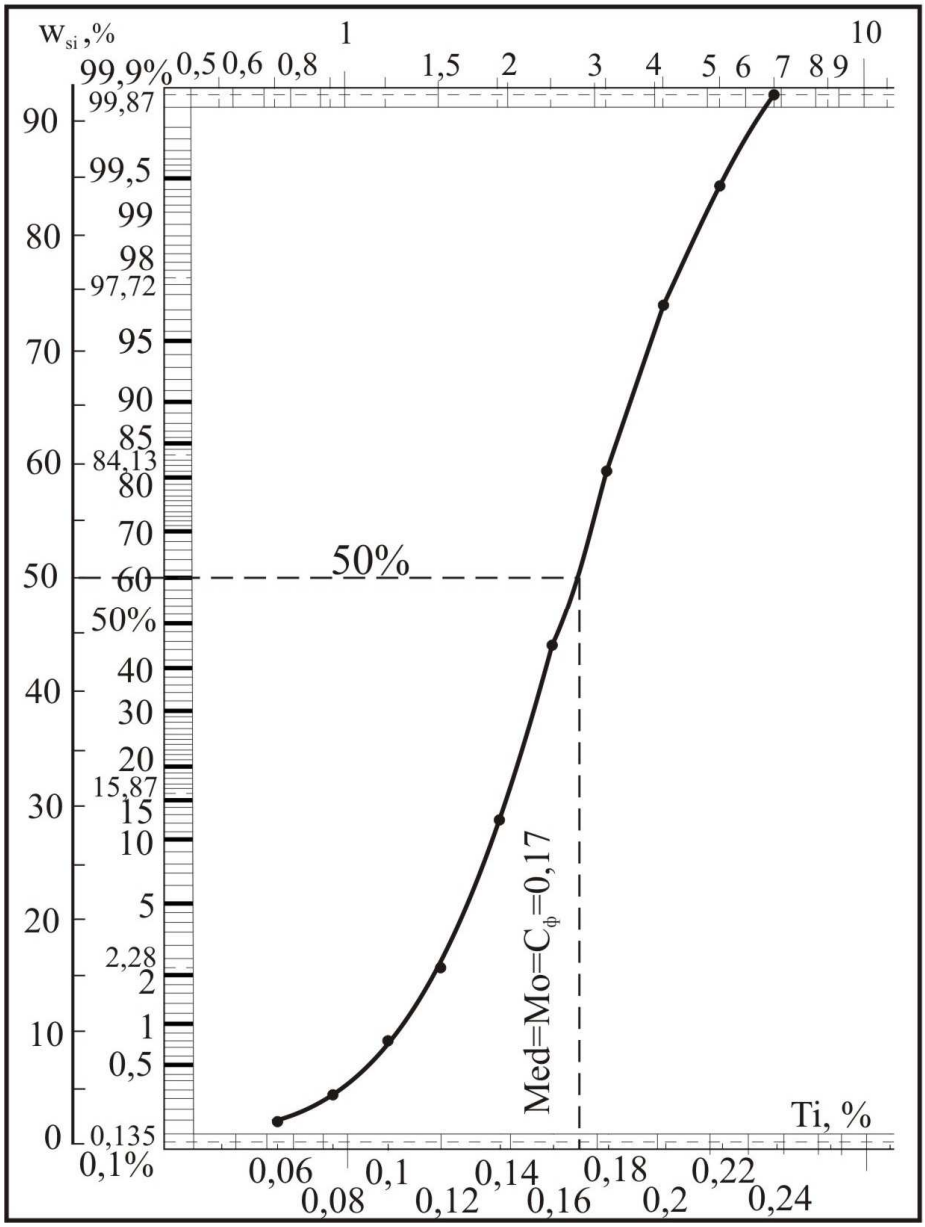


Рис. 7. Интегральный график распределения титана в горнблендитах.

В тех случаях, когда точки накопленных частот не лежат на одной линии, проводится осредняющая линия. *Проверка соответствия* эмпирического распределения предполагаемому теоретическому закону производится с помощью *критерия Колмогорова*

$$\lambda = \Delta Y_{max} * \sqrt{N} / 100 \quad , \qquad (27)$$

где λ – критерий Колмогорова;

ΔY_{max} –наибольшее отклонение (в %) эмпирических точек накопленных частот от осредняющей прямой или разность ординат наиболее отходящей эмпирической точки и соответствующей точки на осредняющей прямой;

N – количество проб в выборке.

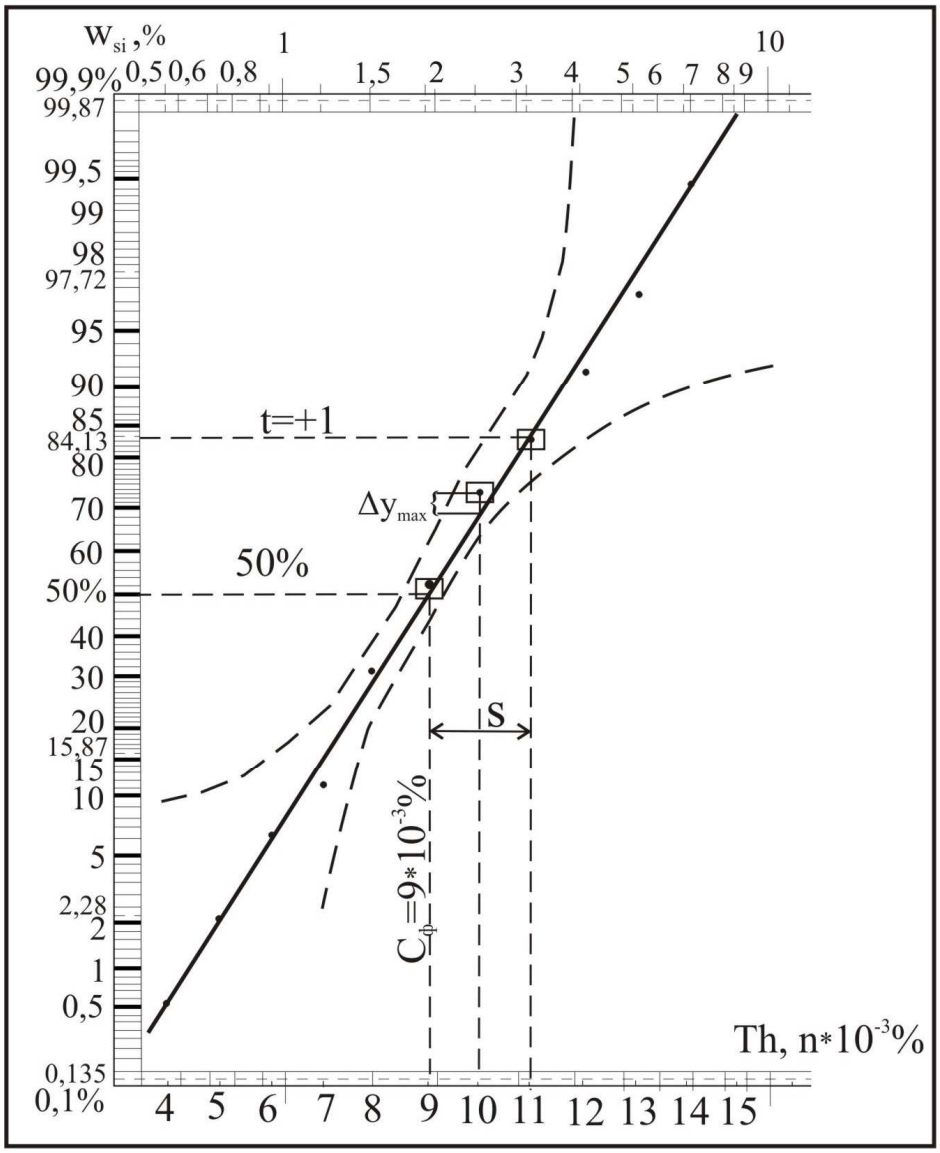


Рис.8. Интегральный график нормального распределения тория в гранитах

Если $\lambda \leq 1{,}35$, то критерий Колмогорова указывает, что отклонение эмпирических точек от осредняющей прямой случайно и рассматриваемая совокупность удовлетворительно описывается проверяемым теоретическим распределением (с вероятностью ≥ 95 %). В том случае, когда рассчитанная величина $\lambda > 1{,}35$, следует сделать вывод о несоответствии эмпирического распределения теоретическому.

После установления соответствия эмпирического распределения принятому теоретическому, определяются его параметры.

При нормальном распределении мода (Мо), медиана (Ме) и среднеарифметическое (Х) равны, поэтому определив медианное значение содержания химического элемента, получаем один из параметров распределения. Напомним, что медиана определяется абсциссой точки пересечения осредняющей прямой с линией 50 % по оси ординат. ***Эта же величина принимается за фоновое содержание (Сф)*** данного химического элемента в изучаемой породе.

Стандартное отклонение (S) также определяется графически по разнице абсцисс точек пересечения осредняющей прямой с линией 50% и линией 84,3 % .

Зная Сф и S и пользуясь ранее приведенными формулами (20, 21, 22, 23), можно рассчитать с различной вероятностью аномальные значения содержания для выделения как положительных, так и отрицательных аномалий.

В тех случаях, когда при построении интегральных графиков эмпирических распределений случается большой разброс точек, затрудняющий проведение осредняющей прямой, для этой цели можно также использовать критерий Колмогорова. Для этого по обе стороны от точек накопленных частостей эмпирического распределения откладывают вертикальные отрезки, вычисляемые по формуле:

$$\Delta y_{max} = 1{,}35/\sqrt{N} \bullet 100\ \%. \qquad (28)$$

Концы этих отрезков соединяют плавными кривыми, ограничивающими область, в середине которой проводится осредняющая прямая. Если такую прямую провести невозможно, то следует сделать вывод, что эмпирическое распределение не согласуется с предполагаемым теоретическим.

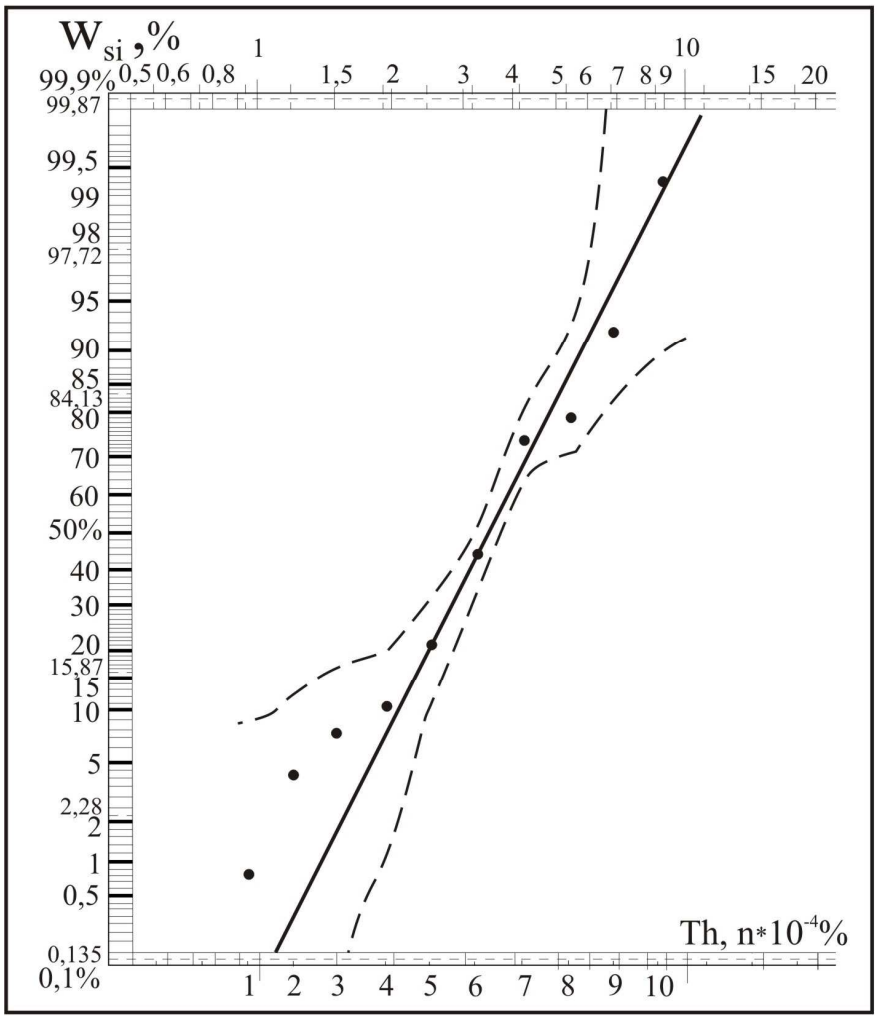


Рис. 9. Интегральный график нормального распределения тория в габбро

Предположим, что при проверке соответствия эмпирического распределения тория в габбро (выборка 225 проб) нормальному закону, разброс точек интегрального графика оказался очень большим (рис. 9). Вычислим величину Δy_{max} для выборки из 225 проб.

$$\Delta y_{max} = 1{,}35/\sqrt{225} \bullet 100\ \% = 9\ \%.$$

Отложив вертикальные отрезки величиной 9 % вверх и вниз от эмпирических точек и соединив их концы плавными линиями, получим поле, в котором удовлетворяется критерий Колмогорова. Примерно посредине этого поля проведем осредняющую прямую (рис. 9). Отклонения эмпирических точек от осредняющей линии находятся в допустимых пределах, поэтому можно сделать вывод, что распределение тория в габбро не противоречит нормальному закону распределения (Med= Сф= $6,2 \bullet 10^{-4}$ % Th, S= $1,8 \bullet 10^{-4}$ %).

1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛОГНОРМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Построение интегральных графиков при проверке соответствия эмпирического распределения логнормальному закону производится аналогичным образом, только по оси абсцисс используется логарифмический масштаб (сплошные линии с вынесенными содержаниями в верхней части вероятностного трафарета).

В качестве примера приведем результаты группирования содержаний Cu в делювиальных отложениях метабазальтов, определенных спектральным приближенно-количественным анализом (табл. 11).

При использовании результатов приближенно-количественного спектрального анализа следует иметь в виду дискретность получаемых содержаний химических элементов, хотя в природе распределение содержаний химических элементов имеет непрерывный характер. К примеру, по данным спектрального анализа мы получаем содержания $1 \bullet 10^{-3}$ %; $2 \bullet 10^{-3}$ %, $3 \bullet 10^{-3}$ % и т.д., каждое из этих значений является центром интервалов, в который попадают с равной вероятностью ближайшие несколько большие или меньшие значения содержаний.

Например:

$1 \bullet 10^{-3}$ % 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5;

$2 \bullet 10^{-3}$ %, 1,6, 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5;

$3 \bullet 10^{-3}$ % 2,6; 2,7; 2,8; 2,9; 3,0; 3,1; 3,2; 3,2; 3,3; 3,4; 3,5 и т.д.

При построении интегральных графиков точки накопленных частостей мы определяем по конкретным данным результатов спектрального анализа, т.е. $1 \bullet 10^{-3}$ %; $2 \bullet 10^{-3}$ %, $3 \bullet 10^{-3}$ % и т.д. таким образом, искажается истинное природное распределение элемента. Так, например, в интервал накопленных частостей ≤ $2 \bullet 10^{-3}$ % попадают содержания > $2 \bullet 10^{-3}$ % (2,1; 2,2; 2,3; 2,4; 2,5). Чтобы избежать подобной ошибки вычисляется так называемая исправленная частость. Для этого полученная обычным способом частость (Wi) делится пополам, половина ее относится к данному содержанию, вторая половина относится к следующему по возрастанию.

Например, в таблице число проб содержанием Cu = $2 \bullet 10^{-3}$ % составляет 15 (относительная частота 4, 69 %), мы имеем право предположить, что половина из этих проб имеет истинное содержание ≤ $2 \bullet 10^{-3}$ %, вторая половина > $2 \bullet 10^{-3}$ %, но <$3 \bullet 10^{-3}$ %, поэтому относим 7 проб (2,34 %) к интервалу ≤ $2 \bullet 10^{-3}$ %, а 8 проб (2,35 %) к интервалу ≤ $3 \bullet 10^{-3}$ %. Таким образом, исправленная частость вычисляется для всех конкретных содержаний элемента, имеющихся в исследуемой выборке.

Второй причиной необходимости вычисления исправленных частостей является наличие «любимых» и «нелюбимых» цифр в результатах спектрального анализа, появление которых связано с системой эталонов в конкретной спектральной лаборатории.

Из таблицы 10 видно, что «нелюбимых» цифр в приведенном примере нет, но содержания 7 $\bullet 10^{-3}$ % и 9 $\bullet 10^{-3}$ % вообще не выделяются спектральной лабораторией. Отсюда следует, что содержания близкие к 7 $\bullet 10^{-3}$ % распределяются между значениями $6 \bullet 10^{-3}$ % и 8 $\bullet 10^{-3}$ % и т.д. в результате этого происходит искажение интегрального графика природного

распределения. Вычисление исправленных частостей позволяет в некоторой степени уменьшить это искажение и сгладить график эмпирического распределения.

После вычисления исправленных частостей по ним обычным способом определяются накопленные исправленные частости (табл. 11), по которым строится интегральный график логнормального распределения (рис. 10).

Таблица 11

Ряд распределения содержаний меди в делювиальных отложениях метабазальтов

п/п	Содержание меди в $n \bullet 10^{-3}$ %	Количество проб с данным содержанием (n_i)	Относительные частоты в % (частости)	Исправленные частости, в %		Накопленные исправленные частости (Wsi), в %
	2	3	4	5		6
	«следы»	2	0,62	0,31	0,31	0,31
				0,31	2,65	2,96
	2	15	4,69	2,34		
				2,35	9,69	12,65
	3	47	14,69	7,34		
				7,35	28,91	41,56
	4	138	43,12	21,56		
				21,56	32,65	74,21
	5	71	22,19	11,09		
				11,1	14,69	88,9
	6	23	7,19	3,59		
				3,6	5,94	94,84
	8	15	4,69	2,34		
				2,35	3,76	98,6
	10	9	2,81	1,41		
				1,40	1,40	100
		N= 320	Σ=100			

В использованном примере точки графика не лежат на одной линии, поэтому для вывода о соответствии распределения логнормальному закону мы используем критерий Колмогорова и рассчитав допустимую величину

Δy_{max} = 1,35/ √320 •100 % = 7,55 %, построим ограничивающую область и в ее середине проводим осредняющую прямую. Следовательно, распределение меди в делювиальных отложениях метабазальтов не противоречит логнормальному закону и можно установить

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов: фоновое содержание (Сф) и стандартный множитель (ε). Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией соответствующей 50 % по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значение содержания, которое принимается за геохимический фон.

В нашем примере Сф= $4 \bullet 10^{-3}$ %.

.

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов: фоновое содержание (Сф) и стандартный множитель (ε).

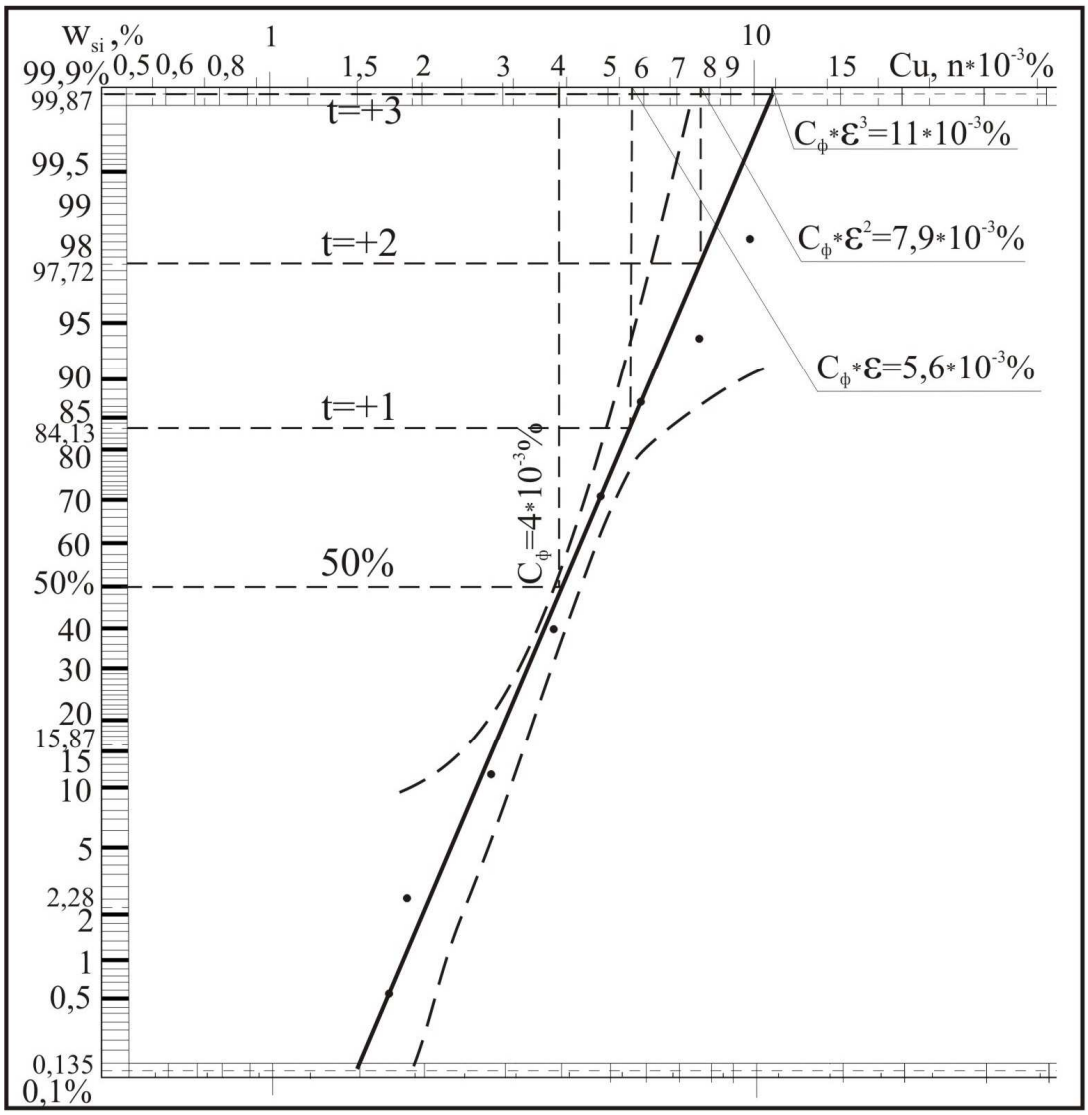


Рис. 10. Интегральный график логарифмически нормального распределения меди в делювии метабазальтов

Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией соответствующей 50 % по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значение содержания, которое принимается за геохимический фон.

В нашем примере Сф= 4 •10^{-3} %.

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией ординаты t= +1 (84,13 %) соответствует значению Сф•ε, из которого мы можем определить ε.

В нашем примере абсцисса точки пересечения Сф•ε= 5,6•10^{-3} %, отсюда

ε_1= 5,6•10^{-3} % / 4•10^{-3} %= 1,40.

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линиями оси ординат t= +2 (97,72 %) и t= +3 (99,87 %) соответственно равны Сф•ε^2 и Сф•ε^3. Из этих величин мы также можем найти ε.

В рассмотренном примере Сф•ε^2 = 7,9•10^{-3} % и Сф•ε^3= 11•10^{-3} %, отсюда

ε_2= $\sqrt{}$7,9/4= 1,41; ε_3= $\sqrt[3]{}$11/4= 1,41.

В случае необходимости можно рассчитать среднюю величину ε по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt[3]{\varepsilon_1 \bullet \varepsilon_2 \bullet \varepsilon_3} \qquad (29)$$

В нашем примере ε= $\sqrt[3]{}$1,40• 1,41• 1,41 = 1,41.

Зная величины Сф и ε и используя ранее приведенные формулы ( ) можно легко определить с заданной вероятностью величины аномальных содержаний для выделения положительных и «отрицательных» аномалий.

В нашем примере для положительных аномалий:

$Ca_1 = Сф \bullet \varepsilon = 4 \bullet 1{,}41 = 5{,}64 \bullet 10^{-3}$ %;

$Ca_2 = Сф \bullet \varepsilon^2 = 4 \bullet 1{,}41^2 = 7{,}95 \bullet 10^{-3}$ %;

$Ca_3 = Сф \bullet \varepsilon^3 = 4 \bullet 1{,}41^3 = 11{,}21 \bullet 10^{-3}$ %;

для «отрицательных» аномалий:

$Ca_1 = Сф \bullet \varepsilon^{-1} = 4 / 1{,}41 = 2{,}84 \bullet 10^{-3}$ %;

$Ca_2 = Сф \bullet \varepsilon^{-2} = 4 / 1{,}41^2 = 2{,}01 \bullet 10^{-3}$ %;

$Ca_3 = Сф \bullet \varepsilon^{-3} = 4 / 1{,}41^3 = 1{,}43 \bullet 10^{-3}$ %.

С помощью интегрального графика можно определить наиболее вероятное содержание, соответствующее градации «следы» по результатам спектрального анализа (табл. 11). Для этого осредняющая прямая продолжается в сторону малых значений накопленных частостей и абсцисса точки пересечения этой прямой с горизонтальной линией соответствующей накопленной частости «следы» даст нам содержание, значения меньше которого классифицируются как «следы».

В нашем примере (рис. 10) относительная частота, соответствующая градации «следы»$\leq 0{,}62 \approx 1{,}7 \bullet 10^{-3}$ %.

2. Аналитические методы определения закона распределения

Графические способы определения параметров распределения просты, наглядны, не требуют трудных вычислений и обладая точностью, достаточной при использовании результатов приближенно-количественных спектральных анализов нашли широкое применение в практике геохимических работ. Однако по существу это качественные способы, так как вопрос о сходстве эмперического и теоретического распределения решается субъективно, а это может привести к ошибкам, в особенности при небольшом объеме выборок. Поэтому при объеме выборки менее 50-60 значений этим способом пользоваться не рекомендуется (Каждан, 1990). При обработке результатов геохимических работ объемы выборок достаточно большие достигающие тысяч проб, поэтому графические методы и рекомендованы в «Инструкции…, 1983».

Для выборок меньшего объема или при использовании результатов точных анализов (химических, количественных спектральных, рентгеноспектральных и др.) целесообразнее применять более точные аналитические методы, в частности способ, основанный на расчете показателей асимметрии и эксцесса.

2.1. Определение законов распределения с помощью оценок асимметрии (А) и эксцесса (Е)

Этот способ основан на том, что показатели асимметрии (А) и эксцесса (Е) при нормальном законе распределения равны 0, а их оценки вычисляются по формулам:

$$A = \left(\sum_{i=1}^{N} (x_i - \bar{x})^3 \bullet n_i\right) / (N \bullet S^3) \qquad (29)$$

x_i- содержания элемента в отдельных пробах (для несгруппированных данных) или середина i –ого интервала (для сгруппированных данных);

$\bar{x}$ – среднее арифметическое содержание;
n_i – количество проб в данном интервале (частота);
N – общее количество проб в выборке;
S – стандартное отклонение.

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^{N}(x_i \bullet n_i)/ N \quad (30)$$

$$S= \sqrt{S^2} \quad (31)$$

$$S^2 = \sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2 \bullet n_i)/ (N-1) \quad (32)$$

$$E= [\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^4 \bullet n_i)/ (N \bullet S^4)]- 3 \quad (33)$$

В качестве критерия соответствия эмпирических распределений нормальному используют отношения показателей асимметрии и эксцесса к их стандартным отклонениям:

$$\sigma_A= \sqrt{6/N} \quad (34)$$

$$\sigma_E= \sqrt{24/N} \quad (35),$$

где N - общее количество проб в выборке.

Для нормального распределения вероятность того, что значение этих отношений будет отличаться от математического ожидания (среднего значения) больше чем на 3 стандартных отклонения, очень мала (=0,001). Если эти отношения по абсолютной величине превышают 3, то гипотеза о нормальном распределении отвергается. Таким образом, эмпирическое распределение согласуется с нормальным законом, если соблюдаются неравенства:

$$|A/ \sigma_A| \leq 3 \quad (36)$$

$$|E/ \sigma_E| \leq 3 \quad (37)$$

Если хотя бы одно из этих неравенств не соблюдается, следует сделать вывод, что эмпирическое распределение не согласуется с нормальным законом.

В этом случае следует проверить гипотезу о логнормальном распределении. Проверка этой гипотезы производится путем вычисления оценок асимметрии и эксцесса кривой распределения логарифмов содержаний и определения их значимости по вышеописанной методике.

2.2. Проверка закона распределения с помощью критерия Пирсона

Другим расчетным методом определения закона распределения является использование X^2- критерия Пирсона. Сущность метода заключается в том, определяются параметры эмпирического распределения (x и S при проверке на нормальный закон и lgx и Slg – при проверке на логнормальный закон распределения), и, исходя из предполагаемой (нулевой) гипотезы, с помощью этих параметров путем нормирования и использования специальных таблиц (см. Приложение) рассчитывается теоретическое количество проб n^o_i в каждом интервале при данных параметрах распределения. Полученные значения n^o_i сравниваются поинтервально с количеством проб n_i эмпирической выборки. Если различия отсутствуют, то следует признать, что эмпирическая выборка согласуется с проверяемым законом распределения. Если же различия существуют, то вычисляется критерий Пирсона по формуле:

$$X^2 = \sum (n_i - n^o_i)^2 / n^o_i \qquad (38)$$

где i – номер интервала;

к – число интервалов, на которое разделена выборка;

n_i – число проб, попавших в i – вый интервал;

n^o_i – теоретическое число проб, которое должно быть в i-интервале при правильности нулевой гипотезы о соответствии проверяемому закону распределения.

Полученная величина X^2 сравнивается с табличными значениями $X^2_{табл}$ при заданном уровне значимости q (обычно q принимается равным 5 %) и данном числе степеней свободы f. Число степеней свободы в случае, если оценка параметров (среднее содержание и стандартное отклонение или их логарифмы, т.е. lgx и Slg) вычисляются по данным исследуемой выборки, определяется по формуле:

$$f = k - 3 \qquad (39)$$

где k – число интервалов, на которое разделена выборка.

Если вычисленное значение X^2 не превышает табличное значение $X^2_{q,f}$, то исследуемое распределение следует признать согласным с проверяемым законом распределения, и наоборот.

В случае отсутствия соответствующих таблиц, величину X^2 можно оценить по методу В.И. Романовского (1947), который предложил считать расхождение между теоретическим и фактическим (т.е. эмпирическим) распределением неслучайным (значимым) если

$$[X^2 - f]/ \sqrt{2f} \geq 3 \qquad (40)$$

где f – число степеней свободы.

Таким образом, если величина, рассчитанная по формуле Романовского < 3, то нулевая гипотеза о соответствии эмпирического распределения с проверяемым теоретическим подтверждается, если же эта величина ≥ 3, то следует противоположный вывод.

Более подробно с проверкой закона распределения с помощью критерия Пирсона рассматривалась в курсе «Математические методы моделирования в геологии».

4.Определение корреляционной связи между содержаниями элементов

4.1. Выборочный коэффициент вариации

При геологических исследованиях, в том числе в практике геохимических поисков, широко используется установление связи между содержаниями химических элементов в различных геологических телах – в почвах, растениях, крах выветривания, коренных породах, в подземных водах, первичных и вторичных ореолах, рудах. С помощью определения этой связи выделяются элементы-индикаторы для поисков различных видов полезных ископаемых, изучаются пути миграции элементов в различных природных средах, исследуется зональность в распределении элементов в пределах геохимических ореолов, определяется уровень эрозионного среза объектов поисков, выявляется стадийность рудообразованияя, решаются многие другие вопросы.

Мерой зависимости между случайными величинами x и y (в нашем случае содержаниями каких-либо химических элементов в одних и тех же пробах) является **коэффициент корреляции ρ**, который может колебаться от +1 до -1. В случае ρ = +1 имеется прямая положительная связь, т.е. с увеличением содержания одного элемента увеличивается содержание другого элемента. При ρ = -1 существует отрицательная связь, при которой с увеличением содержания одного элемента содержание другого непрерывно убывает. Если ρ = 0, связь между исследуемой парой элементов отсутствует.

Корреляция может быть прямолинейной, когда изменениям содержаний одного элемента соответствуют равные (пропорциональные) изменения содержаний другого элемента, и криволинейной, когда равным изменениям содержаний одного элемента могут соответствовать любые (равные и неравные, увеличивающиеся и уменьшающиеся) содержания другого элемента.

В связи с ограниченностью количества проб, имеющегося в нашем распоряжении, при вычислении коэффициента корреляции исследователь получает не истинную величину ρ, а его оценку r – так называемый *выборочный коэффициент* корреляции.у же закону распределения

При вычислении коэффициента корреляции между содержаниями двух элементов *необходимо, чтобы распределение этих содержаний соответствовало одному и тому же закону распределения* (нормальному или логнормальному). Коэффициент корреляции определяется только по взаимно связанным парам содержаний элементов, взятым из одних и тех же проб. Следует иметь в виду, что коэффициент корреляции определяет только величину связи между элементами, не объясняя причину этой связи, которую следует искать в геохимических свойствах исследуемых элементов и в особенностях конкретной геологической обстановки.

4.1. Вычисление выборочного коэффициента корреляции

При вычислении выборочного коэффициента корреляции r могут быть использованы следующие две формулы:

$$r = \sum (x_i - x)*(y_i - y)/ (N-1)*Sx *Sy , \qquad (41)$$

где x_i и y_i – эмпирические содержания первого и второго элементов в пробах;

x и y 0 средние арифметические значения содержания указанных элементов;

Sx и Sy – статистические оценки стандартных отклонений;

N – число проб в выборке.

Первая формула применяется для определения коэффицинта корреляции в том случае, когда предварительно определяется закон распределения обоих элементов, т.е. для каждой конкретной пары известны величины $x_i - x$ и $y_i - y$.

В качестве примера рассчитаем выборочный коэффициент корреляции между содержаниями молибдена и урана, полученных при опробовании эндогенного (первичного) ореола одного из месторождений (табл.12). Предварительно с помощью оценок асимметрии и эксцесса было установлено, что распределение этих элементов согласуется с нормальным законом распределения с параметрами: $x = 7{,}9*10^{-3}\%$ и $Sx=4{,}9*10^{-3}\%$ для молибдена и $y = 7{,}2*10^{-3}\%$ при $Sy = 3{,}24*10^{-3}\%$ для урана. При расчете величин $(x_i - x)$ и $(y_i - y)$ и их суммы обязательно должен быть учтен знак.

Таблица 12

Расчет выборочного коэффициента корреляции между молибденом и ураном ($n*10^{-3}$%) по формуле

№№ пп	Содержание молибдена	Содержание урана	x_i-x	y_i -y	(x_i-x)*(y_i -y)
1	10	8	+2,1	+0,8	+1,59
2	3	5	-4,9	-2,2	+10,80
3	15	6	+7,1	-1,2	-8,62
4	20	15	+12,1	+7,8	+94,70
5	8	10	_0,1	+2,8	+0,28
6	5	6	-2,9	-1,2	+3,48
7	2	3	-5,9	-4,2	+24,70
8	5	8	-2,9	+0,8	-2,32
9	7	10	-0,9	+2,8	-2,52
10	1	2	-6,9	-5,2	+35,80
11	10	6	+2,1	-1,2	-2,52
12	8	5	+0,1	-2,2	-0,22
13	6	6	-1,9	-1,2	+2,28
14	10	10	+2,1	+2,8	+5,88
15	8	8	+0,1	+0,8	+0,08
N=15					+163,39

Подставив в формулу ( ) все полученные значения получаем

$$R = 163,39 /(14*4,9*3,24) = +0,735$$

Вторая формула используется для расчета выборочного коэффициента корреляции в тех случаях, когда законы распределения величин x и y известны заранее или предполагаются. Формула имеет следующий вид:

$$r = (xy – x*y)/Sx*Sy \qquad (42)$$

где $xy = \sum(x*y)/N$; $x = \sum x_i / N$; $y = \sum y_i /N$; $Sx = \sqrt{x^2-(x)^2}$; $Sy = \sqrt{y^2-(y)^2}$;

$$x^2 = \sum x_i^2/N; \quad y^2 = \sum y_i^2 /N$$

Порядок вычислений r по формуле (42) приведен в таблице 13, где использованы вышеприведенные данные по содержаниям молибдена и урана.

Таблица 13

Расчет выборочного коэффициента корреляции между молибденом и ураном ($n*10^{-3}$%) по формуле

№№ пп	Содержание молибдена	Содержание урана	X_i^2	Y_i^2	$X_i*y_i^2$
1	10	8	100	64	80
2	3	5	9	25	15
3	15	6	225	36	90
4	20	15	400	225	300
5	8	10	64	100	80
6	5	6	25	36	30
7	2	3	4	9	6
8	5	8	25	64	40
9	7	10	49	100	70
10	1	2	1	4	2
11	10	6	100	36	60
12	8	5	64	25	40
13	6	6	36	36	36
14	10	10	100	100	100
15	8	8	64	64	64

N=15	∑= 118	∑= 108	∑= 1266	∑= 924	∑= 1013

x = 118:15=7,9; y= 108:15=7,2; x^2 = 1266:15 = 84,41; y^2= 924:15 = 61,66:

x*y = 1013:15 = 61,7

Sx=√(84,4-7,9^2) =√22 = 4,7; Sy = √(61,6-7,2^2) = √9,8 = 3,13

R = (67,7-7,9*7,2): (4,7*3,13) ≈ 0,735

При логнормальном распределении содержаний элементов для вычисления коэффициента корреляции используют те же формулы, только вместо величин x_i, y_i, x, y, Sx и Sy подставляют значения lgx_i, lgy_i, lgx, lgy, Sxlg, Slgy. Способ вычисленияостается прежним.

После вычисления выборочного коэффициента корреляции необходимо оценить его значимость, то есть решить вопрос о том, значимо ли его отличие от нуля. Если это отличие значимо, то связь между элементами считается установленной независимо от того, положительная она или отрицательная. Если же отличие от нуля не значимо, то делается вывод об отсутствии связи между элементами исследуемой пары.

Для определения значимости r можно воспользоваться специальными таблицами критических значений коэффициента корреляции

4.2. Частная корреляция

Выборочный коэффициент корреляции не всегда отражает истинную силу связи между двумя компонентами ((X и У). В отдельных случаях на его величину значительное влияние может оказать третий компонент (Z), тесно связанный с двумя исследуемыми в отдельности, в силу чего между ними появляется корреляционная связь.

Чтобы уточнить коэффициент корреляции между исследуемыми компонентами, необходимо исключить влияние третьего или других компонентов. Для этого может быть вычислен коэффициент частной корреляции по формуле:

$$R_{xy,z} = (R_{xy} - R_{xz}*R_{yz}): \sqrt{(1-R^2_{xz})*(1-R^2_{yz})}$$

Допустим, по пробам , приведенным в таблице (в разделе 4.1), кроме $t_{Mo,U}$=0,735 были рассчитаны коэффициенты корреляции $r_{Mo,Pb}$=0,530 и $r_{U,Pb}$=0,820. Определим коэффициент корреляции между молибденом т ураном за вычетом влияния свинца на эти элементы по вышеприведенной формуле:

$$R_{Mo,U;Pb} = (0,735 - 0,530*0,820): \sqrt{(1-0,530^2)*(1-0,820^2)} = 0,622$$

Как видим, величина коэффициента корреляции между Mo и U существенно изменилась за счет учета влияния на эти элемента свинца.

Определение значимости частных коэффициентов корреляции производится обычными методами. Особенность заключасется в том, что число степеней свободы вычисляется по формуле:

$$f = N-2-K \qquad (43)$$

где К – число исключенных факторов.

4.3. Вычисление коэффициента ранговой корреляции Спирмена

Описанный выше способ расчета парного линейного коэффициента корреляции применяется, когда в расчетах используются данные количественных анализов. В случае полуколичественных, а иногда и качественных анализов может быть рассчитан коэффициента ранговой корреляции или порядковый коэффициент корреляции (ρ).

Если не удается проверить гипотезу о соответствии эмпирического закона распределения определенному теоретическому закону из-за малого количества данных (или распределение существенно отличается от нормального закона и не поддается нормализации), то для проверки гипотезы о наличии корреляционной связи можно использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

Если пронумеровать объекты, упорядоченные по какому либо признаку, то такая совокупность называется ранжированной. Для этого содержаниям исследуемых компонентов присваивают предварительные порядковые номера от 1 до N по возрастанию содержаний. Затем пробам, имеющим одинаковые содержания, дается исправленный номер, равный среднему арифметическому из их предварительных номеров. Для проб, содержание в которых не повторяется, номер остается прежним. После присвоения исправленных номеров по каждой пробе вычисляется разность (Δ) между исправленными номерами обоих компонентов, которая затем возводится в квадрат (Δ^2). Сумма квадратов разностей исправленных номеров ($\Sigma\Delta^2$) используется для определения коэффициент ранговой корреляции (ρ) по формуле:

$$\rho = 1- [6\bullet(\Sigma\Delta^2 + Tx+ Ty) / N\bullet (N^2-1)] \qquad (44)$$

где Δ^2 – квадрат разности исправленных номеров;
N – количество проб в выборке;
Tx – поправка на повторяемость содержаний первого компонента;
Ty - поправка на повторяемость содержаний второго компонента.

Поправки для каждого элемента определяются по формуле:

$$T = \Sigma[(t_i^3-t_i) / 12] \qquad (45)$$

где t_i – количество проб с тем или иным содержанием.

В тех случаях, когда содержания ни одного из компонентов не повторяются в выборке, поправки равны 0 и формула ( ) приобретает вид

$$\rho = 1- [6\Sigma\Delta^2 / N\bullet (N^2-1)] \qquad (46)$$

В качестве примера приведем расчет коэффициента ранговой корреляции между содержаниями хрома и никеля в метаморфизованных базальтах Полярного Урала (табл. 14).

Таблица 14

Расчет коэффициента ранговой корреляции
между содержаниями хрома и никеля

№№ проб	Содержание хрома, в $n\bullet10^{-3}$ %	Порядковый номер		Содержание никеля, в $n\bullet10^{-3}$ %	Порядковый номер		Разность порядковых исправленных номеров (Δ)	Квадрат разности исправленных номеров (Δ^2)
		Предварительный	исправленный		предварительный	исправленный		
1	10	5	6,5	5	8	8,5	2	4
2	20	10	11,5	18	11	12	0,5	0,25
3	2	1	1	2	2	2	1	1
4	20	11	11,5	18	12	12	0,5	0,25
5	40	14	14	20	14	14	0	0
6	10	6	6,5	3	3	4,5	2	4
7	5	2	2	1	1	1	1	1
8	20	12	11,5	10	10	10	1,5	2,25
9	10	7	6,5	3	4	4,5	2	4
10	9	4	4	3	5	4,5	0,5	0,25
11	15	9	9	5	9	8,5	0,5	0,25
12	20	13	11,5	18	13	12	0,5	0,25

13	7	3	3	4	7	7	4	16
14	10	8	6,5	3	6	4,5	2	4

$\Sigma\Delta^2 = 37,5$

Для вычисления поправок на повторяемость содержаний составляются таблицы (2,3) на основании которых рассчитываются поправки T_{Cr} T_{Ni} по формуле ( )

Таблица 15

Определение поправок на повторяемость содержаний хрома

Номер по порядку (i)	1	2
Содержание хрома, в $n\bullet10^{-3}$ %	10	20
Количество проб с повторяющимся содержанием (t_i)	4	4

Таблица 16

Определение поправок на повторяемость содержаний цинка

Номер по порядку (i)	1	2	3
Содержание никеля, в $n\bullet10^{-3}$ %	3	5	18
Количество проб с повторяющимся содержанием (t_i)	4	2	3

$T_{Cr} = [(4^3-4)+(4^3-4)]/ 12 = (60+60)/ 12= 10$
$T_{Ni} = [(4^3-4)+ (2^3-2)+ (3^3-3)] /12= (60+6+24)/ 12= 7,5$

С учетом поправок определяем коэффициент ранговой корреляции по формуле
$\rho_{Cr- Ni} = 1- [6\bullet (37,5 + 10+ 7,5) / 14\bullet (14^2-1)] = 1-(6\bullet55/ 14\bullet195) = 0,88$

Величина ρ должна быть оценена с точки зрения ее значимости. Для этого воспользуемся формулой

$$|\rho| \geq 1,96/ \sqrt{N-1} \qquad (47)$$

Если ρ независимо от знака по абсолютной величине больше или равен $1,96/ \sqrt{N-1}$, то связь считается значимой, если меньше – корреляционная связь между исследуемыми компонентами отсутствует.

Для приведенного примера величина $1,96/ \sqrt{N-1}= 1,96/\sqrt{13} = 0,54$;
то есть $|\rho| = 0,88 > 0,54$ и можно сделать вывод, что коэффициент ранговой корреляции между хромом и никелем в метаморфизованных базальтах Полярного Урала значим.

4.4. Интерпретация значений коэффициента корреляции

По модулю r выделяют группы по силе связи:

$0 < |r| \leq 0,25$ отсутствие связи;
$0,25 < |r| \leq 0,5$ слабая связь;
$0,5 < |r| \leq 0,75$ средняя связь;
$0,75 < |r| \leq 0,9$ сильная связь;
$0,9 < |r| \leq 1,0$ очень сильная связь, близкая к функциональной.

Если два минерала-носителя двух коррелируемых компонентов образуются одновременно или сингенетичным путем эвтектики, то коэффициент корреляции компонентов всегда имеет положительный знак при сильной или очень сильной связи (генетическая связь).

Если два минерала носителя двух коррелируемых компонентов метасоматически замещают друг друга, то корреляция всегда отрицательная при сильной или очень сильной связи (генетическая связь).

Если корреляционная зависимость между элементами слабая или отсутствует, то связь между элементами, как и между их минералами-носителями парагенетическая.

Средняя по силе связь не имеет однозначной интерпретации.

Если установлена сильная положительная связь между геохимическими спектрами, то они принадлежат одному объекту или близким по генезису геологическим образованиям.

Если между геохимическими спектрами корреляционная зависимость слабая или отсутствует, то они принадлежат разным по генезису объектам.

Если связь между геохимическими спектрами средняя, то интерпретация неоднозначна, возможны разные варианты.

4.5. Уравнение регрессии

При тесной корреляционной связи между двумя компонентами, близкой к линейной, можно по содержанию одного компонента приближенное определять содержание другого. Для этого рассчитывается так называемое *уравнение регрессии*, которое в случае двух переменных (X и У) имеет форму $y = a + b * x$. Величины a и b можно получить по формулам (У. Крамбейн и др., 1973):

$$b = [N(\sum(x_i * y_i) - (\sum x_i) * (\sum y_i)] : [N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2] \quad ; \qquad (47)$$

$$a = [(\sum y_i - b*((\sum x_i)] : N \qquad (48)$$

В качестве примера используем распределение молибдена и урана. Подставив соответствующие значения получаем:

$$b = [15* (1013) - (118*8)] : [15*(1266) - 118^2] = 0{,}485$$

и

$$a = (108 - 0{,}485*118) : 15 = 3{,}38$$

Уравнение регрессии в данном случае имеет вид: $y = 3{,}38 + 0{,}485x$, где y – содержание урана, x- содержание молибдена в одной и той же пробе. Таким образом, с помощью уравнения регрессии можно приближенно рассчитать возможное содержание урана, зная конкретное содержание молибдена. Однако при этом в реальности отклонения могут быть значительными, поскольку *уравнение регрессии отражает только тенденцию изменения изучаемых величин* и наиболее хорошие результаты получаются при величине коэффициента корреляции близкой к 1.

5. Показатели, используемые при изучении геохимических аномалий

Геохимические аномалии, выявляемые в процессе поисковых работ являются поисковыми признаками месторождений**.** Однако лишь часть аномалий принадлежит к разряду «рудных», непосредственно связанных с рудными объектами. Большее число выявленных аномалий, как правило, безрудные (так называемые «породные»), или возникшие на геохимических барьерах, либо техногенные. Многочисленны причины образования аномалий. Знание условий их формирования, а также приемов надежного их

выявления, разбраковки и последующей оценки позволяет наиболее объективно выполнить весьма ответственный завершающий этап геохимических поисков.

При выделении, изучении и оценке геохимических аномалий решающее значение имеет анализ геохимических данных. Вместе с тем эти исследования невозможны без математической обработки полученной информации. Такой подход позволяет применить к оценке геохимических аномалий (ореолов) ряд числовых характеристик (показателей). Среди них:

- нижнее аномальное значение (содержание);
- показатели относительной концентрации химических элементов;
- градиент концентрации;
- вариационный размах;
- коэффициент вариации;
- коэффициент корреляции;
- показатели количественной оценки ореолов (продуктивность, прогнозные ресурсы);
- показатели зональности и оценки глубины эрозионного среза ореолов, рудных тел:
- пространственные характеристики геохимических ореолов.

Рассмотрим некоторые из них, не рассмотренные ранее в разделах 1и 2 настоящего методического пособия.

Показатели относительной концентрации химических элементов включают *кларк концентрации, коэффициент концентрации, коэффициент аномальности, показатель концентрации, показатель контрастности.*

5.1. Кларк и коэффициент концентрации

Кларк концентрации (КК) введен В.И. Вернадским и выражается через отношение содержания химического элемента в природном объекте (Сэ, или Сi) к его кларковому содержанию (Ск или просто К), то есть

$$КК = Сэ/К \qquad (49)$$

В качестве кларков обычно используют таблицы средних содержаний (кларков) химических элементов в горных породах различного состава по А. П.Виноградову [ ], в последние десятилетия чаще используются кларки ИМГРЭ (прил.), или региональные (т.н. «местные») кларки (для Урала – это таблица кларков Г. А. Востроknутова. См. Прил).

Кларки концентрации позволяют определять геохимическую и металлогеническую специализацию пород, магматических комплексов, осадочных, магматических и метаморфических формаций; выявлять элементы-индикаторы оруденения, устанавливать геохимические спектры проявлений и месторождений. Знание кларков концентрации элементов помогает более эффективно решать геохимические проблемы миграции (рассеяния, концентрирования) элементов в почвах и породах различного состава; при выяснении роли геохимических барьеров в формировании месторождений полезных ископаемых.

Недостатком этого геохимического показателя является его независимость от провинциальных и региональных геохимических особенностей. Поэтому в практике геохимических работ целесообразнее использовать не кларковый, а фоновый уровень содержаний элементов, рассчитывая в этом случае коэффициент концентрации.

Коэффициент концентрации (Кк) отражает во сколько раз содержание химического элемента в объекте исследований больше или меньше фонового

Кк= Сi/ Сф.

Этот показатель учитывает региональное распределение элементов и ошибки аналитических определений. Коэффициент концентрации позволяет выявлять геохимические спектры рудных объектов (месторождений, рудопроявлений, пунктов минерализации) и геохимических аномалий, выделять элементы-индикаторы.

ПОСТРОЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ И ИХ КОРРЕЛЯЦИЯ

В большинстве случаев рудные месторождения имеют многоэлементный состав и должны оцениваться по комплексу элементов. Особенно важно изучение концентрированного состояния, отображаемого в геохимических спектрах месторождений полезных ископаемых.

Геохимический спектр объекта– «графическое изображение его химического состава, определенным образом упорядоченное и представленное в форме, удобной для сравнения с другими объектами». Такое упорядочение может быть представлено и табличной формой выражения ассоциаций химических элементов.

Геохимический спектр какого-либо геологического объекта представляют ассоциации типоморфных химических элементов. Для геохимических спектров горных пород такими являются ассоциации акцессорных элементов. Для рудных объектов и аномалий – ассоциации рудных и сопутствующих им элементов. К типоморфным относятся элементы, у которых КК (для горных пород) и Кк (для руд и аномалий) в «n» раз превышают 1. При количественной основе анализа n≥ 1,3-1,5; при приближенно-количественном - n≥ 3-5.

Наглядной формой выражения геохимического спектра является круговая диаграмма (рис.). Центр диаграммы соответствует 0, круг – 1. Отложение КК или Кк по лучу для каждого элемента осуществляется в логарифмическом масштабе (десятичных логарифмов). Для удобства визуального сопоставления диаграмм различных типов объектов расположение элементов на диаграммах одного типа (неизмененные горные породы, метаморфически преобразованные породы, рудные объекты и аномалии) следует осуществлять в одной последовательности. Размеры диаграмм зависят от выбранного модуля построения (отрезка изображения одного десятичного порядка) и величин КК или Кк.

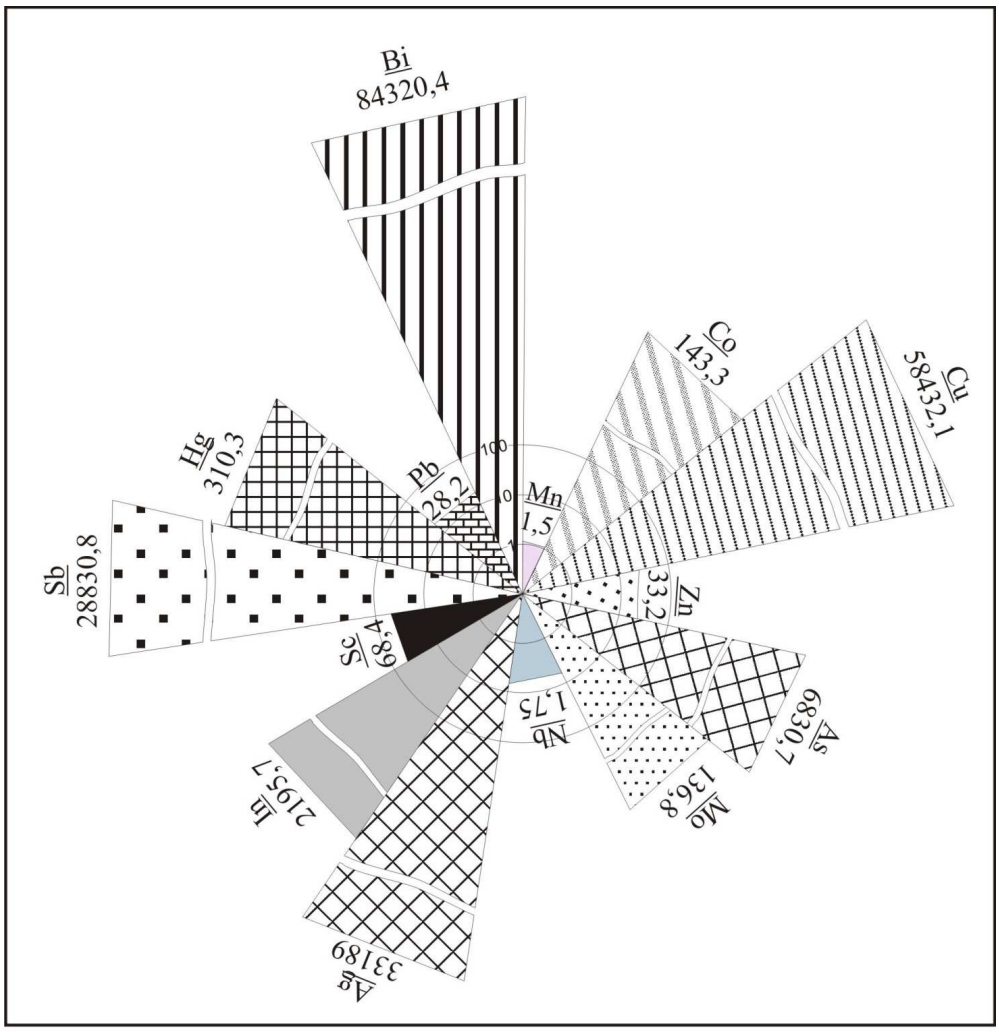


Рис.1. Геохимический спектр густовкрапленных сульфидных руд

Частным случаем коэффициента концентрации служит ***коэффициент аномальности*** ($К_А$) применительно к содержаниям химических элементов, он отражает степень концентрации химического элемента в аномалии (Са) по отношению с геохимическим фоном (Беус, Григорян, 1975):

$$К_А = Са / Сф \qquad (50)$$

Показатель концентрации (Пк) отражает отношение содержания элемента в породах или рудах (Сi), а также в аномалиях и ореолах к нижнему аномальному содержанию:

$$Пк = Сi / Са \qquad (51)$$

Пк фиксирует степень концентрации элементов в природных объектах при их сравнительном изучении.

Показатель контрастности ореола К предложен А. П. Солововым:

$$К = (Cmax – Сф): (Сф+3S)$$

где Сф+3S – нижнее аномальное содержание ($Са_1$)

Сф – медианное значение фона;

S – стандартное отклонение.

Показатель контрастности по зволяет выбирать наиболее контрастные (относительно более богатые) ореолы при их сравнительной оценке.

Градиент концентрации (Kr) характеризует изменение концентрации элемента (группы элементов) в определенном направлении, приходящееся на единицу длины. Максимальная величина градиента устанавливается вкрест изолиний, напрмер, изоконцентрат (в первом приближении перпендикулярно поверхности контакта рудного тела с вмещающими породами).

Падение концентраций в ореолах обычно идет по экспоненте, поэтому графики концентрации, построенные в полулогарифмической системе координат, имеют линейный вид. В зависимости от величины Kr эти графики образуют различные углы наклона (α). Численно градиент концентрации измеряется тангенсом острого угла α, образованного графиком распределения концентраций элементов в ореоле с осью абсцисс:

$$Kr = tg\ \alpha \qquad (52)$$

Градиент концентрации является функцией многих переменных, влияние которых практически невозможно учесть. В то же время сравнительное изучение градиентов концентрации различных элементов – индикаторов позволило в свое время С.В. Григоряну и Е.М. Янишевскому [4] выявить интересную закономерность: как бы ни менялись абсолютные величины градиентов, соотношение их остается более или менее постоянным. Величина относительного градиента концентрации количественно характеризует подвижность данного элемента при формировании эндогенного (первичного) ореола.

Градиент концентрации используется при изучении зональности ореолов и их размеров в горизонтальном сечении. Он может служить отражением контрастности ореолов, а в отдельных случаях является показателем близости скрытого оруденения.

5.2. Показатели количественной оценки геохимических ореолов

Имеют важнейшее значение на стадии оценочных работ при выборке наиболее представительных объектов для вскрытия, количественной характеристики ореолов, выявления и изучения их зональности, используются при подсчетах прогнозных ресурсов месторождений по геохимическим аномалиям. К их числу относятся: линейная продуктивность, площадная продуктивность ореолов; продуктивность потоков рассеяния, запасы металла в ореоле для слоя 1 м, прогнозные ресурсы металла в ореоле и эквивалентном рудном теле, местный коэффициент пропорциональности между количеством металла в остаточном ореоле рассеяния и рудном теле и ряд других.

Линейная продуктивность ореола отражает количество элемента-индикатора, приходящееся на линейную характеристику ореола (профиль, скважина). Этот показатель введен А.П. Солововым (1959 г.). Он дает ориентировочное представление о количестве ореолообразующего элемента, привнесенного в рудовмещающие породы при рудообразовании или оставшегося в коре выветривания, рыхлых отложениях и почвах при развитии остаточного вторичного ореола рассеяния по линии опробования. Он может быть полезен при оценке перспективности ореолов и для выяснения зональности их строения. Выражается в метропроцентах.

В зависимости от характера опробования (отбор проб по равномерной или неравномерной сети, сплошное опробование, метод пунктирной борозды) расчет линейной продуктивности осуществляется по следующим формулам:

1. ***Равномерная сеть точечного опробования***

$$M = \Delta x \left(\sum_{i=1}^{N} Ci - n \bullet Cф\right) \qquad (53)$$

где М –линейная продуктивность, т.е. привнесенное количество металла в данном пересечении, м %;

Δх – расстояние между точками отбора проб по линии (профилю, скважине), м;

$\sum_{i=1}^{N} Ci$ – арифметическая сумма всех содержаний металла в точках по профилю внутри ореола Са;

n – число точек (проб) внутри ореола Са;

Сф – фоновое содержание.

2). ***Неравномерная сеть точечного опробования***

$$M = \sum_{i=1}^{N} Ci \bullet li - a \bullet Cф \qquad (54)$$

где $\sum_{i=1}^{N} Ci \bullet li$ – арифметическая сумма произведений содержаний металла в точке опробования(%) на длину (интервал) влияния пробы (м), которая измеряется от середины до середины расстояний между соседними точками по профилю;

а – ширина ореола ($a = \sum_{i=1}^{N} li$), м.

3). ***Расчет линейной продуктивности по данным замеров радиоактивности при радиометрических поисках месторождений урана производится по формулам***:

А) для равномерной сети замеров радиоактивности по профилю:

$$M = (10^{-2}/K) \bullet \Delta x \left(\sum_{i=1}^{N} Ji - n \bullet Jф\right) \qquad (55)$$

Б) для неравномерной сети замеров радиоактивности по профилю:

$$M = (10^{-2}/K) \bullet \left(\sum_{i=1}^{N} Ji \bullet li - a \bullet Jф\right) \qquad (56)$$

где Ji- радиоактивность в точке замера внутри ореола Ja;

К – коэффициент пропорциональности между радиоактивностью (мкр/час) и содержанием урана (в %) при определенном коэффициенте радиоактивного равновесия (Крр).

К= 115 мкр/час на 0,01 % урана при Крр= 1.

К= 115 • Крр (подставляется в формулу).

4). ***Расчет линейной продуктивности при опробовании коренных горных пород в обнажениях, горных выработках и скважинах методом секционной (сплошной) пунктирной сколковой борозды:***

$$M = \sum_{i=1}^{n} m_i \bullet (Ci - Cф) \qquad (57)$$

где m_i – длина интервала опробования (пунктирной борозды-секции), м;

Ci- содержание элемента в пробе соответствующего интервала, %;

Сф – фоновое содержание элемента, %;
n – количество проб, вошедших в подсчет.

Линейная продуктивность используется для количественной оценки ореолов, выбора наиболее представительных аномалий для дальнейшего изучения, выявления и изучения зональности ореолов.

Площадная продуктивность ***отражает количество элемента-индикатора, приходящееся на всю площадь ореола. Она дает ориентировочное представление о количестве металла, привнесенного в ореол (или оставшегося в ореоле при разрушении рудного объекта) в плоскости опробования. Выражается в площадных метропроцентах (м²%). В зависимости от характера сети опробования подсчет площадной продуктивности вторичного ореола рассеяния ведется по формулам:***

1)***. Правильная сеть опробования***

$$P = \Delta l \bullet \Delta x \bullet \sum_{i=1}^{N} (Ci - n \bullet Сф) \qquad (58)$$

где Δl – расстояние между профилями, м.
Это выражение может быть трансформировано следующим образом:

$$P = \Delta l \bullet \sum_{i=1}^{N} Mi \qquad (59)$$

2). ***Неправильная сеть опробования***

$$P = \sum_{i=1}^{N} Mi \bullet li \qquad (60)$$

где $\sum_{i=1}^{N} Mi \bullet li$ – арифметическая сумма произведений линейных продуктивностей на ширину их влияния (измеряется от середины до середины расстояний между соседними профилями), м².

3). ***Площадная продуктивность первичного ореола по данным опробования скважин, поверхностных или подземных горных выработок методом пунктирной борозды***

$$P = \sum_{i=1}^{n} (li \bullet mi) \bullet (Ci - Сф) \qquad (61)$$

где li – ширина влияния профиля опробования – выработки (измеряется от середины до середины расстояний между соседними выработками).

Площадная продуктивность используется для количественной оценки ореолов, выбора наиболее представительного ореола для дальнейшего изучения, выявления и изучения зональности ореолов.

Запасы металла в ореоле для слоя мощностью 1 м

Рассчитываются по формуле:

$$q = P \bullet d \bullet 10^{-2} \qquad (62)$$

где q - запасы металла в ореоле для слоя мощностью 1 м, т;
P – площадная продуктивность ореола, м²%;
d – объемный вес горных пород, т/м³.

Ориентировочные запасы металла (прогнозные ресурсы) **в остаточном ореоле рассеяния** рассчитывают исходя из запасов металла в ореоле для слоя мощностью 1 м (q, т) и предполагаемой глубины развития (h, м) ореола в коре выветривания, элювиально-делювиальных отложениях и почвах:

$$Q_{op.} = q \bullet h, \text{ т/м} \qquad (63)$$

Ориентировочные запасы металла в эквивалентном рудном теле (прогнозные ресурсы месторождения)

Запасы металла в ореоле пропорциональны запасам металла эквивалентного рудного тела, за счет которого формируется ореол. При литогеохимических поисках объективную характеристику выхода месторождения дают продуктивность его вторичного ореола, выраженная в тоннах металла для слоя 1 м и коэффициент пропорциональности (К). Для рудных тел создающих подобный себе вторичный ореол рассеяния, подсчет ресурсов металла (в тоннах) можно произвести по формуле:

$$Q_н = K \bullet q \bullet H \qquad (64)$$

где Н – глубина прогнозирования, м.

Целесообразную глубину подсчета (Н) выбирают при этом в соответствии с конкретными геологическими условиями (глубина вероятного распространения руд, половина длины рудного тела, 100, 200 м), т.е. такую глубину подсчета, чтобы q было устойчиво на глубину. При относительно достоверных сведениях о величине коэффициента пропорциональности (К) результаты подсчета ресурсов следует округлять до первой значимой цифры. При недостаточно надежных данных указывают только порядок чисел.

Несмотря на приближенный характер этих подсчетов, рассчитанные прогнозные ресурсы металла по вновь найденным месторождениям имеют важное ориентирующее значение при выборе объектов для первоочередной оценки.

Местный коэффициент пропорциональности между количеством металла в остаточном ореоле рассеяния и рудном теле (ореольный коэффициент). Его следует определять путем подсчета линейных или площадных продуктивностей рудообразующих элементов в ореолах и рудных телах в одних и тех же плоскостях и профилях. Для расчета используют формулы:

$$K = M / M_{р.т.} \qquad (65)$$

где К – местный коэффициент пропорциональности;

М – линейная продуктивность, м%;

Мр.т. – количество металла в том же сечении рудного тела (линейная продуктивность рудного тела), м%.

$$M_{р.т.} = D \bullet Cp \qquad (66)$$

где D – видимая мощность рудного тела на уровне денудационной поверхности, м;

Ср – среднее содержание металла в рудной зоне по данным опробования, %.

По большому числу сечений рудных тел путем сопоставления показателей М и Мр.т. следует найти среднегеометрическое значение К и оценить пределы его колебаний.

Необходимо учитывать, что величина «М» соответствует не истинной, а видимой мощности рудного тела на поверхности коренных пород. Если профили литогеохимических поисков пересекают ореол не строго вкрест его простирания, образуя с ним некоторый угол $\omega < 90°$, найденные по графикам значения М следует исправить, умножив их на $\sin \omega$.

$$K = q / Q_{р.т.} \qquad (67)$$

где q - запасы металла, заключенные в метровом слое рудного тела на его эрозионном срезе, т;

$Q_{р.т.}$ – ориентировочные запасы металла в остаточном ореоле рассеяния, т.

5.3. Показатели зональности ореолов и оценки глубины эрозионного среза геохимических ореолов, рудных тел и рудовмещающих структур

Это большая и очень важная группа показателей, используемых на стадии оценочных работ, а также при выявлении и изучении эталонных месторождений

Зональность первичных ореолов – закономерное изменение состава и концентрации элементов-индикаторов по мере удаления от рудных тел и месторождений.

Выделяется горизонтальная и вертикальная зональность геохимических ореолов. *Горизонтальная зональность* наблюдается в горизонтальном сечении ореоловиЮ по существу, является следствием различной протяженности ореолов отдельных элементов-индикаторов. *Вертикальная зональность* обусловлена закономерным изменением по вертикали величин отдельных параметров ореолов, таких, как размеры, концентрация элементов в ореоле и др. наибольшее значение в практике поисковых работ имеет вертикальная зональность ореолов. В этой связи рассмотрим показатели, позволяющие выявить, изучить и использовать вертикальную зональность ореолов при оценке литохимических аномалий. К их числу принадлежат: средние содержания, продуктивности, индикаторные отношения, коэффициент зональности, показатель зональности.

Средние содержания, продуктивности элементов-индикаторов по разному ведут себя на различных уровнях вертикального сечения (разреза) ореолов. При четко выраженной зональности надрудные, околорудные и подрудные элементы-индикаторы характеризуются наибольшими значениями этих показателей на соответствующих уровнях ореолов. Однако, как показала практика геохимических работ, *большей индикационной способностью по части выражения вертикальной зональности обладают не сами содержания и продуктивности, а их отношение.*

Индикаторные отношения представляют достаточно широкую группу показателей вертикальной зональности. Они охватывают как отношения показателей пар элементов-индикаторов (парные отношения при изучении зональности по моноэлементным ореолам), *отношения сумм показателей* (для аддитивных ореолов), так и *отношения произведений показателей* (в случае мультипликативных ореолов).

В качестве показателей, в зависимости от количества имеющейся числовой информации (степени изученности объекта, аномалии), могут использоваться содержания в абсолютных значениях – Сэ или в фонах –КК, средние содержания, линейные или площадные продуктивности элементов-индикаторов. Наиболее часто применяются парные отношения: $\frac{Cx}{Cy}$ $\frac{KKx}{KKy}$ $\frac{Cx}{Cy}$ $\frac{Mx}{My}$; $\frac{Px}{Py}$

Рассмотренные числовые показатели (с, КК, С, М, Р) могут относиться к надрудным, рудным и подрудным элементам-индикаторам. Парные отношения этих категорий элементов отличаются по индикационной способности в отношении зональности. Используются такие категории отношений:

1) Показатели надрудных элементов ($C_н$, $КК_н$, $C_н$, $M_н$, $P_н$)
   Показатели рудных элементов ($C_р$, $КК_р$, $C_р$, $M_р$, $P_р$)

2) Показатели рудных элементов ($C_р$, $КК_р$, $C_р$, $M_р$, $P_р$)
   Показатели подрудных элементов ($C_п$, $КК_п$, $C_п$, $M_п$, $P_п$)

3) Показатели надрудных элементов ($C_н$, $КК_н$, $C_н$, $M_н$, $P_н$)
   Показатели подрудных элементов ($C_п$, $КК_п$, $C_п$, $M_п$, $P_п$)

Наибольшей контрастностью поведения по вертикали на различных уровнях ореолов отличается последнее отношение, которое получило название коэффициента

зональности ($К_з$). запишем его частную формулу на примере парного отношения линейных продуктивностей, как наиболее часто применяемого в поисковой геохимии показателя:

$$К_з = М_{надр.} / М_{подр.} \quad (68)$$

Коэффициент зональности аддитивных ореолов будет иметь вид:

$$К_з = \sum М_{надр.} / \sum М_{подр.} \quad (69)$$

Аналогично для мультипликативных ореолов этот же коэффициент следует рассчитывать по формуле

$$К_з = (М_{н\,1} * М_{н\,2} *\ldots М_{н}\,х) / (М_{п1} * М_{п\,2} *\ldots М_{п}у) \quad (70)$$

Первичные эндогенные ореолы и развивающиеся по ним вторичные остаточные ореолы рассеяния являются многокомпонентными, поэтому всегда возникает необходимость сравнительной оценки зональности ореолов различных элементов с целью выбора наиболее эффективных элементов-индикаторов зональности.

В подобных случаях можно пользоваться *методом составления рядов вертикальной зональности* с помощью ***коэффициента контрастности зональности***. Последний представляет собой отношение значения числового показателя элемента (например М- линейная продуктивность) на верхнем (надрудном – в числителе) к значению этого показателя того же элемента на нижнем (подрудном – в знаменателе) сечении исследуемого геохимического разреза. В качестве примера предложим таблицу 17, приведенную в работе А.А. Беуса и С.В. Григоряна [2]. В ней приведены величины линейной продуктивности ореолов и коэффициенты контрастности зональности, раасчитанные по одному из разрезов уранового месторождения в гранитах.

Таблица 17

Величины линейной продуктивности (М,%) и коэффициента контрастности зональности ореолов

Показатель	U	Cu	Zn	Pb
Линейная продуктивность:				
Поверхность (надрудный)	0,3	1,2	3,0	12,0
IV горизонт (рудный)	0,45	1,3	1,6	5,0
VII горизонт (подрудный)	0,5	0,7	0,2	0,26
Коэффициент контрастности - зональности	0,6	1,7	15,0	46,0

Если элементы расположить по порядку убывания величины коэффициента контрастности, получим ряд элементов-индикаторов зональности, где слева направо происходит смена элементов в соответствии с зональностью их ореолов. Для рассматриваемого примера будем иметь:

свинец (46,0) – цинк (15,0) – медь (1,7) –уран (0,6).

Практическое значение подобных рядов заключается в том, что с их помощью удается определить наиболее контрастные, а, следовательно, наиболее надежные для оценки уровня эрозионного среза индикаторные отношения, какими будут пары элементов, максимально удаленных в рядах зональности. В приведенном примере такой является пара свинец-уран.

Использование коэффициента контрастности зональности дает однозначные результаты только при условии монотонного характера изменения по вертикали продуктивностей ореолов. Однако, это условие часто нарушается, в связи с чем более надежно использовать *показатель зональности элемента-индикатора.* Он представляет собой отношение продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов-индикаторов исследуемого типа оруденения, то есть:

$$П_з = Mx/ \sum M_i \qquad (71)$$

При таких подсчетах следует нормировать продуктивности ореолов. Эта операция и выявление ряда вертикальной зональности элементов-индикаторов на конкретных примерах подробно рассмотрены в монографии А.А. Беуса и С.В. Григоряна (1975, стр. 95-97 [2]).

Показатель зональности количественно отражает относительное накопление элемента на каждом из исследованных горизонтов и может служить индикатором вертикальной зональности ореолов. В таблице 18 отражены величины показателя зональности, рассчитанные по нормированным значениям линейных продуктивностей ореолов в одном из разрезов скарново-полиметаллического месторождения Акташ в Таджикистане [2].

Таблица 18

Величины показателя зональности элементов

Элемент	Поверхность	Скв. 407	скв. 410	скв. 411
Pb	0,13	0,746*	0,171	0,03
As	0,148	0,0056	0,036	0,04
Sb	0,574	0,056	0,184	0,139
Cu	0,084	0,071	0,158	0,156
Bi	0,061	0,028	0,211	0,177
Mo	0,0061	0,7	0,237	0,465

- подчеркнуты максимальные для каждого элемента значения $П_з$

Из таблицы следует, сто максимальное относительное накопление мышьяка и сурьмы наблюдается на верхнем уровне ореолов, синца – на втором, меди и висмута – на третьем, а молибдена – на самом нижнем уровне. Таким образом, по результатам расчета $П_З$ можно составить следующий ряд элементов (сверху вниз):

(As, Sb) – Pb – (Cu, Bi) - Mo .

В скобки заключены элементы, взаимоотношения между которыми не ясны. Порядок значений $П_З$ при достаточной статистике на эталонных месторождениях может, очевидно, служить индикатором соответствующего сечения ореола. И это может быть использовано при оценке аномалий.

Пространственные характеристики ореолов

К ним относятся такие показатели, которые характеризуют пространственное положение геохимических ореолов:

- длина ореола (А) – размер ореолов по простиранию;
  ($А^1$) – протяженность по падению;
- ширина ореолов (В) – размер ореолов вкрест простирания;
- коэффициент сжатия ореолов (в) –отношение ширины ореола к его длине;
- азимут простирания ореола (Аз пр.);
- угол падения ореола (< пад.);
- коэффициент сплошности ореола (Кс), представляющий отношение аномальных площадей, заключенных в контуре ореола к общей площади ореола.

С м е щ е н и е э п и ц е н т р а о р е о л а н а с к л о н е.

Эпицентр вторичного ореола рассеяния в рыхлых отложениях совпадает в плане с выходом рудного тела на поверхность коренных пород только в случае горизонтальной дневной поверхности и вертикального падения рудного тела. Во всех остальных случаях центральная точка ореола смещена в сторону понижения рельефа и восстания рудного тела.

Очень ответственной операцией, завершающей оценку аномалий (ореолов), является вскрытие коренного оруденения канавой, шурфом или скважиной. При

заложении выработки необходимо учитывать смещение эпицентра ореола на склоне. это смещение пропорционально квадрату мощности рыхлых отложений и синусу угла наклона местности и рассчитывается по формуле:

$$\Delta S = A*h^2*\sin\alpha \qquad (72)$$

где ΔS – смещение эпицентра ореола на склоне по отношению выхода рудного тела на поверхность коренных пород;

A – местный коэффициент, зависящий от ландшафтно-геохимических условий миграции элемента;

h – мощность рыхлых отложений на склоне, в которых развит вторичный ореол рассеяния;

α – угол склона.

Подводя итоги рассмотрения вопросов качественной и количественной оценки геохимических полей, составляющих их аномалий и ореолов, вслед за А.П. Солововым напомним, что рассмотренные ореольные показатели имеют различное значение и целевое назначение и в этом плане в методической и учебной литературе подразделены на две группы показателей – параметрические и непараметрические.

Параметрические показатели уточняются по мере увеличения детальности и точности поисковых геохимических исследований. Они имеют важное значение для обоснования методики геохимических поисков и научных выводов. К ним относятся:

- среднее арифметическое (c) или геометрическое (c) содержание химических элементов в однородном геологическом объекте, в удалении от аномалии;
- природное стандартное отклонение (S), дисперсия (S^2), или стандартный множитель (δ) при данном весе пробы;
- максимальное содержание металла (элемента в аномалии (C_{max}) при данном способе опробования;
- количество металлов в аномалии (M в м%, P в м^2%, q в тоннах или кг);
- подвижность химических элементов в ореолах ($1/\lambda$ и σ);
- отношение между количеством металла во вторичном ореоле (M, P, q) и в коренном оруденении – «местный коэффициент пропорциональности (*K*);
- отношение между содержаниями (лучше количествами) пар или групп химических элементов в аномалии;
- коэффициенты корреляции между содержаниями химических элементов в аномалиях и т.д.

Непараметрические показатели с увеличением точности исследований произвольно изменяются или заранее известны. Некоторые имеют важное техническое значение. К этой группе относятся:

- «встречаемость» химических элементов в аномалии (в %);
- средние содержания химических элементов в аномалии и в рудах (в %);
- выявленные (эффективные) размеры аномалии (ширина, протяженность, площадь);
- ряды подвижности химических элементов в зависимости от размеров ореолов;
- отношения между содержаниями (Cx) металлов во вторичном ореоле и в коренном оруденении.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Алексеенко В.А. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М.: «Высшая школа», 1989. -304 с.
2. Беус А.А., Григорян С.В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.; Недра, 1975. С.
3. Вершинин А.С., Грязнов О.Н., Чесноков В.И. Теоретические основы геохимических методов поисков месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие.- Екатеринбург: Изд-во УГГГА 2000.-201 с.
4. Григорян С.В., Янишевский Е.М. Экзогенные геохимические ореолы рудных месторождений и их использование при поисках скрытого оруденения. М.: Недра, 1968.
5. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 1965.
6. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М.: Недра, 19 .
7. Крамбейн У., Кауфман М., Мак-Кеммон Р. Модели геологических процессов. М.: «Мир», 1973.
8. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. Москва: Изд-во «Мир», 1976. – 499 с.
9. Питулько В.М., Крицук И.Н. Основы интерпретации данных поисковой геохимии. Л.: Недра, 1990. -336 с.
10. Соловов А.П. Основы теории и практики металлометрической съемки. Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959.
11. Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. М.: Недра, 1990.
12. Толстой М.И. некоторые вопросы методики оценки металлоносности геологических образований и обнаружения эндогенных геохимических ореолов. Киев. Изд-во Киевского ун-та, 1964.
13. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000000. М.: ИМГРЭ, 1999
14. Чесноков В.И., Грязнов О.Н. «Основы математической обработки геохимической информации» в 3-х частях. *Методические разработки к практическим занятиям* по курсу «Геохимические методы поисков рудных месторождений». Свердловск: Изд-во СГИ. 1982. 125 с.
15. Шарапов И.П. Применение математической статистики в геологии. М.: Недра, 1971.

Практические задания по дисциплине

Лабораторная работа № 1
Построение геохимических спектров и их корреляция (4 часа)

1. Выдается задание на построение геохимических спектров (прил.), каждому по 2 варианта.

2. Рассчитываются кларки концентрации (КК) для всех элементов заданных в вариантах по формуле КК= Сэ/К. в качестве Кларков используются средние содержания химических элементов в горных породах соответствующего состава (прил….).

3. По результатам расчетов заполняются 1-3 и 6 столбцы таблицы 4.

Таблица 4

Расчет кларков концентрации и их коэффициента ранговой корреляции

Элемент	Кларк	$КК_1$	Порядковый номер		$КК_2$	Порядковый номер		Разность порядковых исправленных номеров (Δ)	Квадрат разности исправленных номеров (Δ^2)
			предварительный	Исправленный		предварительный	Исправленный		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4. Составляется геохимический спектр объекта (две круговые диаграммы).

Составляется два геохимических спектра (по двум пробам). Отложение КК по лучу для каждого элемента осуществляется в логарифмическом масштабе (рис. 1).

5. Сопоставить визуально эти два геохимических спектра:

а) похожи они или нет по повышенным КК;

б) качественно оценить эти спектры (геохимический спектр какого геологического объекта представляют ассоциации данных элементов; его металлогеническая специализация).

К типоморфным элементам будем относить элементы с КК≥ 2.

в) Определение геохимических типов ассоциаций химических элементов по рис. 2.

Вывод: к какому генетическому типу может принадлежать изучаемый рудный объект (прил.).

6. Вычислить коэффициент ранговой корреляции между геохимическими спектрами (формулы), внести данные в таблицу 4, составляя все необходимые дополнительные таблицы (табл. 2,3).

7. Проверить значимость коэффициента ранговой корреляции и интерпретировать его значение.

8. Сделать вывод о генетическом классе геологического объекта с данными геохимическими спектрами и вывод по рассчитанному коэффициенту ранговой корреляции.

Лабораторная работа № 2

Определение геохимического фона и аномальных значений по данным литохимического опробования (4 часа)

Дана карта с данными литохимического опробования на участке рудопроявления меди «Д».

I. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И АНОМАЛЬНЫХ СОДЕРЖАНИЙ ПО ВАРИАЦИОННЫМ КРИВЫМ И ИНТЕГРАЛЬНЫМ ПРЯМЫМ

1. Производится группировка величин содержаний химических элементов по содержаниям (отдельно для гранитов и эффузивно-осадочных пород).

Составляем две таблицы «Результаты группирования содержаний меди» –1-по гранитам; 2- по эффузивно-осадочным породам (табл. 12).

Вместо интервалов возьмем конкретные встречающиеся данные содержаний меди (по гранитам и по эффузивам) в неизмененных породах (т.е. исключая зоны рассланцевания и рыхлые четвертичные отложения). Для гранитов характерны содержания - 1, 2, 3, 4, 5, 6; для эффузивно-осадочных пород – 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9.

Произведем подсчет общего количества проб, входящих в каждый интервал (n_i) и рассчитаем *относительную частоту*, соответствующую данному интервалу, по формуле ( ).

Таблица 12

Результаты группирования содержаний меди

п/п	Содержания меди, $n \bullet 10^{-3}$ %	Отметки	Частоты (n_i)	Частости (Wi)	Исправленные частости		Накопленные исправленные частости (Wsi)

При использовании результатов приближенно-количественного спектрального анализа следует иметь в виду дискретность получаемых содержаний химических элементов, хотя в природе распределение содержаний имеет непрерывный характер

Поэтому вычисляется так называемая исправленная относительная частота, при этом вычисленная частость (Wi) делится пополам, половина ее относится к данному содержанию, вторая половина относится к следующему по возрастанию (см. табл. 11).

Второй причиной необходимости вычисления исправленных частот является наличие «любимых» и «нелюбимых» цифр в результатах спектрального анализа.

Подсчитать накопленные исправленные частости, по которым строится интегральный график логнормального распределения.

2. Построение вариационных (дифференциальных) кривых для выявления закономерностей распределения химических элементов

Для каждого типа пород строится две вариационных кривых (см. рис. 3, 5):

а) Для нормального закона распределения - по оси абсцисс откладываем содержания меди в пропорциональном масштабе (нижняя шкала вероятностного трафарета), а по оси ординат - относительные частоты (частости) также в пропорциональном масштабе (левая шкала);

б) ***Для логнормального закона*** распределения – содержания откладываем по верхней шкале в логарифмическом масштабе, по оси ординат – частости, также по левой шкале.

По полученным дифференциальным кривым определяем, какой закон наиболее приемлем для данной выборки (более симметричная кривая). Из двух построенных вариационных кривых выбираем наиболее симметричную и делаем вывод о модели распределения меди в гранитах и в эффузивно-осадочных породах.

Определения необходимых параметров выполняем по выбранной вариационной кривой распределения.

3. Определение геохимического фона и аномальных значений, используя вариационные кривые

а) Для логнормального распределения

Пользуясь логарифмическим масштабом можно сразу определить фоновое содержание (см. рис. 6). Для определения аномальных содержаний в этом случае используется стандартный множитель ε. Для определения графическим способом абцисса правой ветви кривой в точке ее пересечения с линией, проведенной параллельно оси абсцисс на уровне 0,6 максимальной ординаты вариационной кривой, делится на Сф (см. рис. 6).

ε = абсц. В/ Сф (снято со шкалы)

Вычисляем только положительные аномалии, связанные с оруденением. Формулы для определения аномальных содержаний с помощью ε имеют следующий вид:

$Ca_1 = Сф \bullet \varepsilon$ (вероятность аномальности - 84,13%);

$Ca_2 = Сф \bullet \varepsilon^2$ (вероятность аномальности - 97,72%);

$Ca_3 = Сф \bullet \varepsilon^3$ (вероятность аномальности - 99,86%).

б) Для нормального закона распределения:

Значение фонового содержания соответствует модальному значению содержаний (см. рис. 3). Среднее квадратическое отклонение (S) также определяется графически и равно половине ширины вариационной кривой на уровне 0,6 ее максимальной ординаты (см. рис. 3).

Положительные аномальные содержания вычисляют по следующим формулам:

$Ca_1 = Сф + S$

$Ca_2 = Сф + 2S$;

$Ca_3 = Сф + 3S$.

4. Использование интегральных графиков для определения фоновых и аномальных содержаний:

Интегральные прямые распределения меди в гранитах и эффузивно-осадочных породах строятся только для тех законов, с которыми согласовано эмпирическое распределение (определили по вариационным кривым).

При построении интегральных графиков по оси ординат (правый вертикальный масштаб от 0,1 % до 99,9 %) откладываются накопленные исправленные частости (Wsi), а по оси абсцисс, в зависимости от предполагаемого закона распределения, используется либо линейный, либо логарифмический масштаб.

Обычно, точки накопленных частот не лежат на одной линии, поэтому проводится осредняющая прямая линия (см. рис. 8, 9).

Производится проверка соответствия эмпирического распределения предполагаемому теоретическому закону с помощью критерия Колмогорова:

$\lambda = (\Delta y_{max} \cdot \sqrt{N})/ 100$, где

Δy_{max} – наибольшее отклонение (в %) эмпирических точек накопленных частот от осредняющей прямой или разность ординат наиболее отходящей эмпирической точки и соответствующей точки на осредняющей прямой;

N – количество проб в выборке.

Если $\lambda \leq 1{,}35$, то критерий Колмогорова указывает, что рассматриваемая совокупность удовлетворительно описывается проверяемым теоретическим распределением (т.е. данный закон распределения принимается).

Если $\lambda > 1{,}35$, то – налицо несоответствие эмпирического распределения теоретическому (т.е. данный закон не принимается) – распределение не подчиняется нормальному закону.

После установления закона распределения, определяются его параметры

Определение параметров логнормального распределения

Построение интегральных графиков при проверке соответствия эмпирического распределения логнормальному закону проводится аналогичным образом, только по оси абсцисс используется логарифмический масштаб (сплошные линии с вынесенными содержаниями в верхней части вероятностного трафарета).

Для целей геохимических поисков важно знать две величины при логнормальном распределении элементов (см. рис. 10):

- фоновое содержание (Сф),
- стандартный множитель (ε).

Поскольку на вероятностном трафарете по оси абсцисс отложены не логарифмы, а содержания в логарифмическом масштабе, то абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией, соответствующей 50% по оси ординат, дает нам среднее геометрическое значения содержания, которое принимается за геохимический фон (Сф).

Абсцисса точки пересечения осредняющей прямой с линией ординаты t= +1 (84,13 %) соответствует значению Сф • ε (абсц. А), из которого мы можем определить ε,

отсюда: ε_1= абсц. А/ Сф

Абсциссы точек пересечения осредняющей прямой с линиями оси ординат: t= +2 (97,72 %) и t= +3 (99,87 %) соответственно равны Сф• ε^2 (Абс. В) и Сф • ε^3 (Абс. С).

Из этих величин мы также можем найти ε_2, ε_3:

$\varepsilon_2 = \sqrt{}$Абс. В/ Сф; $\varepsilon_3 = \sqrt[3]{}$Абс. С)/ Сф

Далее, рассчитывается средняя величина ε:

$\varepsilon = \sqrt[3]{\varepsilon_1 \bullet \varepsilon_2 \bullet \varepsilon_3}$

Зная величины Сф и ε, легко определить величины аномальных содержаний:

Ca_1 = Сф • ε;

Ca_2 = Сф • ε^2;

Ca_3 = Сф • ε^3.

Определение параметров нормального распределения

При нормальном распределении мода, медиана и среднеарифметическое равны, т.е. M_0 = Me = $\bar{x}$, поэтому, определив медианное значение (Me) – получаем один из параметров распределения (медиана определяется абсциссой точки пересечения осредняющей прямой с линией 50 % по оси ординат –«жирная» линия). Эта же величина принимается за фоновое значение: Me = Сф (см. рис. 8).

Стандартное отклонение (S) также определяется графически (см. рис. 8) по разнице абсцисс точек пересечения осредняющей прямой с линией 50 % и линией 84,13% (пунктирная линия t= +1 на вероятностном трафарете).

Зная Сф и S рассчитывают аномальные содержания:

$Ca_1 = Cф \pm S$

$Ca_2 = Cф \pm 2S$

$Ca_3 = Cф \pm 3S$

Величины аномальных содержаний Ca_1, Ca_2, Ca_3 можно снимать непосредственно с интегральных графиков (при пересечении с t = ±1, t = ±2, t = ±3).

II. ВЫДЕЛЕНИЕ АНОМАЛИЙ НА КАРТЕ

По рассчитанным аномальным значениям Ca_1, Ca_2, Ca_3 производится выделение геохимических аномалий на карте отдельно по гранитам и по эффузивно-осадочным породам (см. рис. 11).

При выделении и оконтуривании геохимических аномалий нередко встречаются пробы или пространственно сближенные группы проб с содержаниями выше фоновых, но ниже аномальных (на уровне Ca_3). В каждом конкретном случае отнесение этих проб к аномальным или фоновым, при нормальном распределении, производится по формуле:

$Ca = Cф + (3S/\sqrt{m})$, при $m \leq 9$ (см. раздел 2, «*Проверка аномалий с определенным (малым) количеством точек*)

m –количество точек в аномалии.

Для логарифмического закона $Ca \geq Cф \cdot \varepsilon^{\pm 3/\sqrt{m}}$.

III. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

1. Расчет площадной продуктивности ореола:

По оконтуренным геохимическим аномалиям (в контуре Ca_1) производится расчет площадной продуктивности по формуле ( ).

$$P_{Cu} = \Delta x \cdot l \cdot (\sum_{1}^{N} Ci - N \cdot Cф) \cdot 10^{-3}, \text{ м}^2 \cdot \%$$

Δx – расстояние между точками опробования, в м;

l – расстояние между профилями, в м;

Ci – значения проб, попадающих в контур аномалии Ca_1;

Cф – фоновое значение.

2. Расчет ориентировочных запасов меди до глубины 100 м (прогнозные ресурсы)

$Q_{Cu}(P_1) = 1/K \cdot 1/40 \cdot P_{Cu} \cdot H$

K – коэффициент пропорциональности (K_{Cu}=0,3);

H – глубина (100 м).

Дать заключение о масштабах изучаемого объекта по рассчитанным прогнозным ресурсам.

Масштабы месторождений меди:

запасы <10000 т – рудопроявление,

10000-100 000 т – мелкое месторождение,

100 тыс. т.-1 млн. т. – среднее месторождение,

1-5 млн. т. – крупное месторождение,

> 5 млн. т. уникальное месторождение.

IV. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ЗАЛОЖЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ДЛЯ ВСКРЫТИЯ АНОМАЛИИ

По выделенным геохимическим аномалиям запроектировать места заложения горных выработок для вскрытия аномалии и предполагаемого рудного тела с учетом масштаба работ; вынести их на карту.

Лабораторная работа № 3
Выявление вертикальной геохимической зональности эндогенных ореолов месторождения уран-молибденовой формации (6 часов)

1. Группирование содержаний химических элементов, определение закона распределения для каждого элемента, расчет фоновых и аномальных содержаний;

2. Расчет линейных продуктивностей и показателей зональности в пределах построенных в разрезе аномалий;

3. Расчет ранговых коэффициентов корреляции, построение графиков изменения всех рассчитанных показателей вертикальной зональности, определение количественных отличий надрудного и подрудного уровней геохимических ореолов.

Лабораторная работа № 4
Определение геохимического фона, аномальных значений и расчет прогнозных ресурсов в коре выветривания по данным глубинного литохимического опробования (4 часа)

Глубинные литогеохимические поиски *месторождений представляют собой проведение исследований на некоторой глубине от поверхности с помощью технических средств. Объектами глубинных поисков являются погребенные и скрыто-погребенные месторождения. Первые наиболее доступны для обнаружения, их рудные тела прежде выходили на поверхность денудации, а затем были перекрыты более молодыми отложениями. Последние – это месторождения, не выходившие на дневную поверхность и перекрытые более молодыми рыхлыми образованиями. Они представляют несравненно большие трудности для обнаружения и потому могут считаться резервом для поисков второй очереди. Поиски погребенного оруденения проводятся на закрытых площадях в определившихся рудных районах и направлены в первую очередь на выявление аналогов известных промышленных месторождений.*

В практику глубинных поисков А.Н. Еремеевым (1963) введено понятие «представительного горизонта поисков», под которым понимается наиболее приближенный к дневной поверхности горизонт максимального площадного и достаточно надежного развития вторичных ореолов рассеяния. Главным фактором, определяющим методику работ, выбор технических средств и экономическую целесообразность проведения глубинных поисков, является мощность и состав рыхлых отложений, перекрывающих представительный горизонт.

Даны результаты глубинного литохимического опробования по скважинам, пробуренным на нескольких профилях, как по равномерной, так и неравномерной сети, геологическая карта и разрез по буровому профилю Х.

1. Определить геохимический фон Cu или Zn в коре выветривания.

Использовать для группирования содержания по профилю 10 (см. лаб. раб. № 2).
Проверку закона распределения произвести по критерию Колмогорова.

$\lambda = (\Delta y_{max} \bullet \sqrt{N})/100 \qquad \lambda \leq 1{,}35$

При $\lambda_1 > \lambda_2$, выбираем закон распределения соответствующий прямой с λ_2.

2. Рассчитать аномальные содержания Ca_1, Ca_2, Ca_3 (см. лаб. раб. № 2).

3. Построить металлометрическую карту для заданного уровня среза по Cu или Zn.

4. Рассчитать линейную продуктивность (М) по профилям.

Линейная продуктивность при *равномерной сети* опробования:

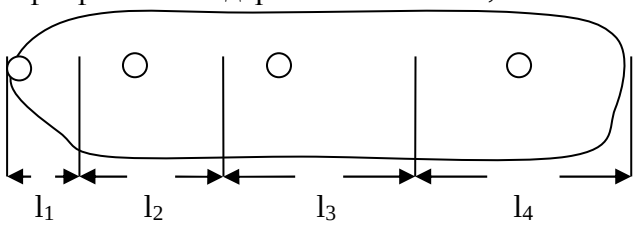
$$M = \Delta x \bullet \left(\sum_{1}^{N} Cx - N \bullet C\phi\right) \bullet 10^{-3} \text{ м} \bullet \%$$

Δx – расстояние между точками опробования, м;
Cx – содержание элемента в пробе, в $n \bullet 10^{-3}$ %;
N – количество проб на профиле, попадающих в ореол Ca_1;
$C\phi$ – фоновое содержание элемента, в $n \bullet 10^{-3}$ %.

При *неравномерной сети* опробования линейная продуктивность рассчитывается по следующей формуле:

$$M = \left(\sum_{1}^{N} Ci \bullet li - a \bullet C\phi\right) \bullet 10^{-3} \text{ м} \bullet \%$$

Ci- содержание элемента в пробе, в $n \bullet 10^{-3}$ %;
li – интервал влияния пробы, м;
a – сумма интервалов влияния проб, м;
$C\phi$ - фоновое содержание элемента, в $n \bullet 10^{-3}$ %.



$$\sum_{1}^{N} Ci \bullet li = C_1 \bullet l_1 + C_2 \bullet l_2 + C_3 \bullet l_3 + \ldots + C_n \bullet l_n$$

$$a = \sum li = l_1 + l_2 + l_3 + \ldots + ln$$

5. Вычислить площадную продуктивность ореола (Р).

$$P = L \bullet \sum_{1}^{N} Mi \ \text{м}^2 \bullet \%$$

$$\sum_{1}^{N} Mi = M_1 + M_2 + M_3 + \ldots + Mn$$

L – расстояние между профилями, м.

6. Определить количество металла в ореоле на глубину 1 м (q).

$q= 1м\bullet d\bullet P\bullet 10^{-2}$ (т/м^3)
d – объемная масса руды, для колчеданных руд 2,5 т/м^3;

6. Определить прогнозные ресурсы металла в коре выветривания коренных пород (Qк.в.).

Кора выветривания прослеживается до глубины 30-40 м.

$Qк.в.= q\bullet h_{к.в.}$ (т)
$h_{к.в.}$ – мощность коры выветривания, взять среднее значение.

8. Рассчитать прогнозные ресурсы металла в коренном оруденении (Qр.т.).

$Qр.т.= 1/K \bullet q\bullet H$ (т)
K_{Cu} =0,5; K_{Zn}= 0,3;
H – глубина прогнозирования, H = 200 м.

9. Построить геохимический ореол в разрезе по линии X.

10. Рассчитать линейную продуктивность ореола по скв. 115.

11. По результатам работы дать краткие выводы в виде отчетной геологической записки: вывод о масштабах оруденения и уровне представительного горизонта.

Представительный горизонт – горизонт, на уровне которого ореолы обладают достаточной (максимальной) интенсивностью для их выявления.

Масштабы оруденения по запасам металла для меди и цинка:
запасы <10000 т – рудопроявление,
10000-100 000 т – мелкое месторождение,
100 тыс. т.-1 млн. т. – среднее месторождение,
1-5 млн. т. – крупное месторождение,
> 5 млн. т. уникальное месторождение.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Критические значения распределения X^2

f	q								
	95,0	**90,0**	**10,0**	**5,0**	**2,5**	**1,0**	**0,5**	**0,1**	**0,05**
1	0,00	0,02	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88	10,8	12,1
2	0,10	0,21	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6	13,8	15,2
3	0,35	0,58	6,25	7,81	9,35	11,3	12,8	16,3	17,7
4	0,71	1,06	7,78	9,49	11,1	13,3	14,9	18,5	20,0
5	1,15	1,61	9,24	11,1	12,8	15,1	16,7	20,5	22,1
6	1,64	2,20	10,6	12,6	14,4	16,8	18,5	22,5	24,1
7	2,17	2,83	12,0	14,1	16,0	18,5	20,3	24,3	26,0
8	2,73	3,49	13,4	15,5	17,5	20,1	22,0	26,1	27,9
9	3,33	4,17	14,7	16,9	19,0	21,7	23,6	27,9	29,7
10	3.94	4,87	16,0	18,3	20,5	23,2	25,2	29,6	31,4
11	4,57	5,58	17,3	19,7	21,9	24,7	26,8	31,3	33,1
12	5,23	6,30	13,5	21,0	23,3	26,2	28,3	32,9	34,8
13	5,89	7,04	19,8	22,4	24,7	27,7	29,8	34,5	36,5
14	6,57	7,79	21,1	23,7	26,1	29,1	31,3	36,1	38,1
15	7,26	8,55	22,3	25,0	27,5	30,6	32,8	37,7	39,7
16	7,96	9,31	23,5	26,3	28,8	32,0	34,3	39,3	41,3
17	8,67	10,1	24,8	27,6	30,2	33,4	35,7	40,8	42,9
18	9,39	10.9	26,0	28,9	31,5	34,8	37,2	42,3	44,4
19	10,1	11,7	27,2	30,1	32,9	36,2	38,6	43,8	46,0
20	10,9	12,4	28,4	31,4	34,2	37,6	40,0	45,0	47,5
21	11,6	13,2	29,6	32,7	35,5	38,9	41,4	46,8	49,0
22	12,3	14,0	30,8	33,9	35,8	40,3	42,8	48,0	50,5
23	13,1	14.8	32,0	35,2	38,1	41.6	44,2	49,7	52,0
24	13,8	15,7	33,2	36,4	39,4	43,0	45,6	51,2	53,5
25	14,6	16,5	34,4	37,7	40,6	44,2	46,9	52,6	54,9
26	15,4	17,3	35,6	38,9	41,9	45,6	48,3	54,1	56,4
27	16,2	18,1	36,7	40,1	43,2	47,0	49,6	55,5	57,9
28	16,9	18,9	37,9	41,3	44,5	48,3	51,0	56,9	59,3
29	17,7	19,8	39,1	42,6	45,7	49,6	52,3	58,3	60,7
30	18,5	20,6	40,3	43,8	47,0	50,0	53,7	59,7	62,2
31	19,3	21,4	41,4	45,0	48,2	52,2	55,0	61,1	63,6
32	20,1	22,3	42,6	46,2	49,5	53,5	56,3	62,5	65,0
33	20,9	23,1	43,7	47,4	50,7	54,8	57,6	63,9	66,4
34	21,7	24,0	44,9	48,6	52,0	56,1	59,0	65,2	67,8
35	22,5	24,8	46,1	49,8	53,2	57,3	60,3	66,6	69,2
36	23,3	25,6	47,2	51,0	54,4	58,6	61,6	68,0	70,6
37	24,1	26,5	48,4	52,2	55,7	59,9	62,9	69,3	72,0
38	24,9	27,3	49,5	53,4	56,9	61,2	64,2	70,7	73,4
39	25,7	28,2	50,7	54,6	58,1	62,4	65,5	72,1	74,7
40	26,5	29,1	51,8	55,8	59,3	63,7	66,8	73,4	76,1
41	27,3	29,9	52,9	56,9	60,5	65,0	68,1	74,7	77,5
42	28,1	30,8	54,1	58,1	61,8	66,2	69,3	76,1	78,8
43	29,0	31,6	55,3	59,3	63,0	67,5	70,6	77,4	80,2
44	29,8	32,5	56,4	60,5	64,2	68,7	71,9	78,7	81,5
45	30,6	33,4	57,5	61,7	65,4	70,0	73,2	80,1	82,9
46	31,4	34,2	58,6	62,8	66,6	71,2	74,4	81,4	84,8
47	32,3	35,1	59,8	64,0	67,8	72,4	75,7	82,7	85,6
48	33,1	35,9	60,9	65,2	69,0	73,7	77,0	84,0	86,9
49	33,9	36,8	62,0	66,2	70,2	74,9	78,2	85,4	88,2
50	34,8	37,7	63,2	67,5	71,4	76,2	79,5	86,7	89,6

Приложение 2

Значения q% пределов для t-распределения Стьюдента в зависимости от числа f степеней свободы

q / f	10,0	5,0	1,0	0,5	0,1
1	6,314	12,706	63,657	127,30	636,6
2	2,920	4,303	9,925	14,089	31,600
3	2,353	3,182	5,841	7,453	12,922
4	2,132	2,776	4,604	5,597	6,610
5	2,013	2,571	4,032	4,773	6,869
6	1,943	2,447	3,707	4,317	5,959
7	1,895	2,365	3,499	4,029	5,408
8	1,860	2,306	3,355	3,833	5,041
9	1,833	2,262	3,250	3,690	4,781
10	1,812	2,228	3,169	3,581	4,578
12	1,782	2,179	3,055	3,425	4,318
14	1,761	2,145	2,977	3,326	4,140
16	1,746	2,120	2,921	3,252	4,015
18	1,734	2,101	2,878	3,193	3,922
20	1,725	2,086	2,845	3,153	3,849
22	1,717	2,074	2,819	3,119	3,792
24	1,711	2,064	2,797	3,092	3,745
26	1,706	2,056	2,779	3,067	3,704
28	1,701	2,048	2,763	3,047	3,674
30	1,697	2,042	2,750	3,030	3,646
	1,645	1,960	2,576	2,807	3,291

Приложение 3

Критические значения распределения F q=0,05

f_2	f_1						
	1	2	3	4	5	6	7
1	161,45	199,50	215,71	224,58	230,16	233,99	236,77
2	18,513	19,000	19,164	19,247	19,296	19,330	19,353
3	10,128	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887
4	7,709	6,944	6,591	6,988	6,256	6,169	6,094
5	6,606	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207
7	5,591	4,737	4,347	4,125	3,972	3,866	3,787
8	5,318	4,459	4,066	3,830	3,688	3,581	3,501
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577
`19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2.572	2,459	2,373
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2.175	2,087
∞	3,042	2,996	2,605	2,372	2.214	2,099	2,010

Продолжение приложения 3

f_2	f_1					
	8	9	10	12	15	20
1	238,88	240,54	241,88	243,91	245,95	248,01
2	19,371	19,385	19,396	19,413	19,429	19,446
3	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660
4	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803
5	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558
6	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874
7	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445
8	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150
9	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937
10	3,072	3,020	2,976	2,913	2,845	2,774
11	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646
12	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544
13	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459
14	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388
15	2,641	2,588	2,544	2,475	2,404	2,328
16	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276
17	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230
18	2.510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191
`19	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156
20	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124
21	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096
22	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071
23	2,375	2,420	2,275	2,204	2,128	2,048
24	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027
25	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008
26	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990
27	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974
28	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959
29	2,278	2,221	2,177	2,105	2,028	1,945
30	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932
40	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839
60	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748
120	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659
∞	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571

Продолжение приложения3

f_2	f_1					
	24	30	40	60	120	∞
1	249,05	250,09	251,14	252,20	253,25	254,32
2	19,454	19,462	19,471	19,479	19,487	19,496
3	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,527
4	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	4,527	4,496	4,464	4,431	4,398	4,365
6	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669
7	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538
11	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	2,190	2,146	2,104	2,058	2,011	1,960
18	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
`19	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	2,028	1,984	1,936	1,890	1,838	1,783
23	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,775
24	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,621
27	1,930	1,824	1,836	1,785	1,731	1,672
28	1,913	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638
30	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,382
120	1,686	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
∞	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,00

Приложение 4

Критические значения коэффициента корреляции

f	q				
	0,10	**0,05**	**0,02**	**0,01**	**0,001**
1	0,98769	0,99692	0,999507	0,999877	0,999988
2	0,90000	0,95000	0,98000	0,99000	0,99900
3	0,8054	0,8783	0,93433	0,95873	0,99116
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,91720	097406
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745	0,95074
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343	0,92493
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977	0,8982
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646	0,8721
9	0,5214	0,6021	0,6851	0,7348	0,8471
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079	0,8233
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835	0,8010
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614	0,7800
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411	0,7603
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226	0,7420
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055	0,7246
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897	0,7084
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751	0,6932
18	0,3783	0,4438	0,5155	0,5614	0,6787
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487	0,6652
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368	0,6524
25	0,3223	0,3809	0,4451	0,4869	0,5974
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487	0,5541
35	0,2746	0,3246	0,38,10	0,4182	0.5189
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932	0,4896
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721	0,4648
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541	0,4423
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248	0,4078
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017	0,3799
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830	0,3568
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673	0,3375
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540	0,3211

Приложение 5

Критические значения Δ^2 в зависимости от числа проб N

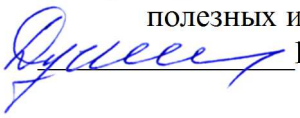
N	q = 0,05	q = 0,01	N	q = 0,05	q = 0,01
			21	873-2207	595-2387
			22	1022-2520	820-2722
			23	1187-2861	960-3068
			24	1370-3230	1115-3485
5	0-40		25	1570-3630	1267-3913
6	4-66	0-70	26	1789-4061	1475-4375
7	12-100	4-106	27	2028-4524	1681-4871
8	22-146	10-158	28	2287-5021	1906-5402
9	40-200	24-216	29	2569-5551	2140-5971
10	61-269	39-291	30	2873-6117	2414-6576
11	88-352	58-382	31	3199-6721	2700-7220
12	121-451	84-488	32	3550-7362	3008-7904
13	163-565	115-613	33	3926-8042	3338-8630
14	213-697	154-756	34	4328-8762	3693-9397
15	272-848	201-919	35	4757-9523	4073-10207
16	342-1018	257-1103	36	5213-10327	4476-11064
17	423-1209	322-1310	37	5698-11174	4908-11964
18	515-1423	398-1540	38	6213-12065	5366-12912
19	621-1659	484-1796	39	6758-13002	5853-13907
20	740-1920	583-2077	40	7334-13986	6367-14953

Приложение 6

Средние содержания элементов в главных типах горных пород, почвах и земной коре (г/т или n*10^{-4}%) [по]

Атомный номер	Элемент	ультраосновные	основные	средние	кислые	Глины и глинистые сланцы	Кристаллические сланцы и	песчаники	Карбонатные породы	Почвы	Кларк земной коры
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	H	-	-	-	-	5080	2450	-	-	-	1100
2	He	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
3	Li	4,3	20	20	80	55	-	30	17	25	25
4	Be	0,2	0,4	1,8	3,5	3	-	2	0,6	0,3	2
5	B	5	5	15	15	50	-	35	20	20	12
6	C	100	200	300	300	19000	2360	13000	110000	20000	200
7	N	10	20	20	20	600	-	135	7	1000	20
8	O	439000	440000	462000	480000	491000	480000	510000	492000	490000	465000
9	F	100	400	500	800	600	700	300	300	200	640
11	Na	2200	19800	26800	27500	7860	15100	9200	2500	5000	23800
12	Mg	273000	40800	19600	6630	15400	19600	7300	46000	500	22600
13	Al	5000	81200	91200	78100	86600	90100	2900	9600	71000	80700
14	Si	205000	237000	280000	328000	261000	286000	347000	24000	330000	279900
15	P	100	1270	1050	870	610	790	400	500	800	1000
16	S	200	250	200	300	4200	1020	200	1200	700	330
17	Cl	100	60	100	200	800	200	11	150	100	180
18	Ar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22
19	K	300	7730	15200	32300	25100	22800	13200	2800	1400	21300
20	Ca	56900	71000	46900	16400	29400	21200	26700	325000	15000	38100
21	Sc	30	30	15	7	12	18	7	1	7	17
22	Ti	1600	10900	5500	2000	1000	3600	5000	600	5000	4900
23	V	87	300	150	70	150	150	30	19	90	190
24	Cr	2500	230	100	14	90	162	35	11	70	93
25	Mn	1000	1440	1160	540	700	930	400	400	1000	900
26	Fe	65600	87700	50400	26100	46600	51900	50000	8600	40000	53300
27	Co	80	30	20	10	19	24	9	1	8	23
28	Ni	1230	80	61	8	70	70	35	20	50	56
29	Cu	80	90	60	25	55	43	25	7	30	53
30	Zn	50	84	73	58	95	136	40	20	90	68
31	Ga	2,5	18	18	19	80	-	10	3,6	20	18
32	Ge	1,3	1,5	1,5	1,5	2,2	-	1,4	0?2	1,0	1,8
33	As	2	2	1,9	1,6	5	-	1,2	2	6	1,8
34	Se	0,1	0,13	0,07	0,04	1,0	-	1,0	0,08	0,4	0,073
35	Br	0,35	0,7	1,4	1,1	14	-	5,9	10	10	2,4
36	Kr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00004
37	Rb	2	50	95	210	130	130	68	24	35	110
38	Sr	17	460	440	270	260	285	250	370	250	370
39	Y	3,8	27	28	40	26	31	18	7,9	30	32
40	Zr	25	150	117	200	200	210	200	20	400	160
41	Nb	0,4	7	9	20	13,6	36	18	0,6	10	16
42	Mo	0,8	1,3	1	1,5	1,5	1	1,3	0,4	1,2	1,2
44	Ru	0,006	-	-	-	-	-	-	-	-	0,004
45	Rh	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005
46	Pd	0,02	0,02	0.006	0,003	0.0005	-	0,0005	0,0005		0,009

47	Ag	0,06	0,1	0,017	0,04	0.-7	-	0,1	0,01	0,05	0,073
48	Cd	0,06	0,18	0,13	0,17	0,3	-	0,1	0,03	0,35	0,16
49	In	0,02	0,062	0,092	0,05	0,065	-	0,01	0,05	1	0.07
50	Sn	0,3	2	2,5	5	6	-	2,3	0,5		2,3
Атомный номер	Элемент	ультраосновные	основные	средние	кислые	Глины и глинистые сланцы	Кристаллические сланцы и парагнейсы	песчаники	Карбонатные породы	Почвы	Кларк земной коры
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51	Sb	0,1	0,35	0,2	0,3	1,35	-	0,2	0.15	1	0,3
52	Te	0,01	0,007	0,002	0,001	0,01	-	0,001	-	-	0,001
53	J	0,1	0,5	0,3	0,5	1	-	1	1,2	5	0,5
54	Xe	-	_	-	-	-	-	-	-	-	
55	Cs	0,1	1	1,4	5	14	3	9	0,2	4	4
56	Ba	45	290	400	700	550	670	300	50	500	470
57	La	0,92	17	25	35	35	30	15	8	40	30
58	Ce	1,5	31	40	72	73	81	35	12,5	50	70
59	Pr	0,3	3,7	3,2	9	8,6	10,6	4,7	2	7	7
60	Nd	1	16	23	31	30	42	18	7	35	30
62	Sm	0,3	4	4,2	9	7,3	6,5	4,2	1,7	4,5	7
63	Eu	0,3	1,5	1,2	1,3	1,3	1,7	0,8	0,5	1	1,2
64	Gd	0,45	4,7	5,6	7,5	6,2	8	3,4	1,9	4	7
65	Tb	0,1	0,71	0,8	1,1	0,7	0,8	1,3	1,3	0,7	1
66	Dy	0,53	5	3,5	4,1	4,4	4,5	3,2	3,2	5	4,6
67	Ho	0,15	1,2	1	1,4	1,1	1	1,2	0,17	0,6	1,3
68	Er	0,3	3	2,1	3,4	2,4	2,7	2,9	0,7	2	3,1
69	Tm	0,03	0,25	0,4	0,7	0,4	0,4	1,7	0,1	0,6	0,48
70	Yb	0,33	2	2,4	4	2,5	2,3	3,1	0,6	3	3
71	Lu	0,13	0,5	0,8	1,1	0,65	0,39	2	0,1	0,4	0,8
72	Hf	0,55	2,5	3	7	5,9	4,2	5,6	0,8	6	4
73	Ta	0,2	1	1	2,5	2	8	2	0,16	2	2,2
74	W	0,3	1	1,2	2	3,5	-	2,5	0,6	1,5	1,4
75	Re	0,0004	0,001	0,0002	-	0,0025	0,0025	0,0025	0,0025	-	0,0006
76	Os	0,006	0,0002	-	0,00007	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	-	0,0002
77	Ir	0,002	0,00008	-	0,00006	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	-	0,00065
78	Pt	0,08	0,02	0,008	0,003	9,03	0,03	0,03	0,03	-	0,005
79	Au	0,005	0,004	0,005	0,002	0,001	-	0,003	0,001	0,001	0,003
80	Hg	0,02	0,03	-	0,07	0,03	-	0.030	0,050	0,060	0,040
81	Tl	0,18	0,25	0,5	1,9	1,3	1	1,5	0,1	0,2	0,9
82	Pb	O,4	6	16	20	15	-	13	9	12	12
83	Bi	0,014	0,05	0,18	0,66	0,36	0,1	0,17	0,05	0,2	0,2
91	Th	0,08	1,8	8	21	11,5	12,5	10,4	2,3	9	12
92	U	0,025	0,6	2	4,5	4	2,5	2,9	2,5	2	3

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.12 РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1.	ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2.	СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ	6
3.	СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	7
	3.1. Введение	7
	3.2. Общие сведения о районе работ	8
	3.2.1. Географо-экономическая характеристика	8
	3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ	8
	3.3. Геологическое строение района	9
	3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)	9
	3.5. Методика и объемы проектируемых работ	10
	3.5.1. Целевое геологическое задание	10
	3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ	11
	3.5.3. Прочие виды работ	12
	3.5.4. Опробование и аналитические работы	12
	3.5.5. Подсчет прогнозных ресурсов и запасов и их геолого-экономическая оценка	13
	3.6. Заключение	15
	СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Пример оформления титульного листа	18
	ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Образец оформления штампа на листах графики	19

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта по дисциплине «Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых» является формирование у будущих специалистов системы знаний, раскрывающих методологию решения геологоразведочных задач и принципы геолого-экономической оценки месторождений.

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От качества проекта на производство геологоразведочных работ во многом зависит их конечный результат. Во время обучения в вузе основное внимание уделяется ознакомлению с новой информацией, большей частью теоретического характера. Молодой специалист, оказавшись на производстве, остро ощущает недостаток практического опыта. В первую очередь это касается необходимости принимать самостоятельные инженерные решения, направленные на выполнение геологического (технического) задания. Составляя курсовую работу, студенты приобретают определенные навыки в проектировании геологоразведочных работ, необходимые в дальнейшем для разработки выпускной квалификационной работы (дипломного проекта) и будущей профессиональной деятельности.

Курсовая работа выполняется студентами 5-го курса на базе материалов, собранных при прохождении преддипломной производственной практики. При отсутствии необходимых данных, требуемых для составления работы, сведения предоставляет кафедра. В том случае, если студент располагает достаточно представительным материалом, позволяющим произвести его углубленную обработку с использованием современных компьютерных технологий и на этой основе рассмотреть те или иные вопросы, составление проекта может быть заменено решением той или иной методической задачи геологоразведочной направленности.

Для подготовки курсовой работы студенты во время прохождения производственной практики должны собрать необходимые графические и текстовые материалы. Графические материалы включают: 1) геологическую

карту района работ в масштабе 1:50 000, 1:100 000 или 1:200 000 с разрезами, стратиграфической колонкой и условными обозначениями (легендой); 2) геологическую карту (план) месторождения (рудного поля) масштаба 1:25 000, 1:10 000 или крупнее; 3) геологические разрезы по месторождению или его части; 4) план подсчета запасов (продольная проекция). Графика сопровождается описанием геологии района и месторождения (участка), методики геологоразведочных работ, данными по подсчету запасов с результатами геолого-экономической оценки.

Для курсового проекта допускается отсутствие геологической карты района, однако для дипломного проекта она необходима. Исключение составляют проекты по нефтяным и газовым объектам, для которых вместо геологической карты района представляется, как правило, мелко-среднемасштабная тектоническая схема с указанием важнейших нефте-газоносных структур.

Главной задачей курсового проекта является обоснование методики геологоразведочных работ, отвечающих определенной стадии. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (1999) темой курсового проекта оценочные работы, разведка, или эксплуатационная разведка, например:

- оценочные работы на проявлении Ныpдвоменшорское на медноколчеданное оруденение (Полярный Урал);

- разведка Главной рудной зоны Сусанского месторождения золота (Свердловская область);

- разведка глубоких горизонтов Астафьевского месторождения бокситов (Южный Урал);

- разведка северного фланга Мансуровского месторождения гранитов (Южный Урал);

- эксплуатационная разведка южной части нижнего рудного уровня Узельгинского месторождения (Челябинская область).

Независимо от выбранной стадии при выполнении курсового проекта студент должен решить следующие инженерные задачи:

- осветить степень геологической изученности рассматриваемой площади;

- определить главные задачи проектируемых работ;

- сформулировать целевое геологическое задание;

- выбрать и обосновать комплекс методов для выполнения целевого задания, определить виды и объемы запроектированных работ;

- произвести проектный подсчет запасов по объекту изучения с их геолого-экономической оценкой.

Задание на составление курсового проекта оформляется на специальном бланке, которое выдается преподавателем. На бланке указывается тема (название) проекта и сроки его выполнения. Преподаватель помогает студенту составить план проекта, рекомендует необходимую литературу, оказывает индивидуальные консультации.

На выполненный проект преподавателем пишется рецензия. Окончательная оценка выставляется после публичной защиты.

При подготовке методических рекомендаций использованы учебно-методические разработки кафедры ГПР МПИ к составлению курсовых проектов по дисциплинам «Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых» (А. Г. Баранников, 2013) и «Разведка и геолого-экономическая оценка МПИ» (Балахонов В. С., 2005), с которыми студенты могут подробнее ознакомиться на кафедре.

2. СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА, ТРЕБОВАНИЯ К ЕГО ОФОРМЛЕНИЮ

Курсовой проект состоит из текстовой части и графических приложений. Текст работы не должен превышать по объему 25-35 страниц машинописного текста и включает следующие разделы (в скобках указан ориентировочный объем):

- титульный лист;

- оглавление;

- введение (1 стр.);
- общие сведения о районе работ (1-2 стр.);
- геологическое строение района (2-5 стр.);
- геологическая характеристика объекта (4-6 стр.);
- методика и объемы проектируемых работ (12-14 стр.);
- подсчет запасов, их геолого-экономическая оценка (2-3 стр.);
- заключение (1 стр.);
- список использованной литературы.

Текст работы представляется в распечатанном виде. Допускается также рукописный вариант. Страницы текста должны соответствовать формату А4 (297х210 мм). Поля по всему периметру – 20 мм. Перед текстовой частью помещается титульный лист (приложение 1), индивидуальное задание и оглавление.

Текст иллюстрируется схемами, фотографиями, зарисовками. Они должны иметь наименования, условные обозначения, масштаб и обозначаются как рисунок под соответствующим номером.

Графические приложения представляются на двух или трех листах. В правом нижнем углу помещается штамп установленного образца (приложение 2). Первым листом является геологическая карта района со стратиграфической колонкой, легендой, разрезом. Как отмечалось выше, в курсовой проект карта района может не включаться, но для дипломного проекта она необходима. На втором листе помещается геологическая карта месторождения или участка работ. Этот лист является основным и имеет методическое значение. На него наносятся известные месторождения, проявления и пункты минерализации, геохимические и геофизические аномалии, шлиховые ореолы. Здесь же указываются направления геологических маршрутов, проектные геофизические и геохимические профиля, пройденные и проектные геологоразведочные выработки. Второй лист может представлять собой план подсчета запасов по месторождению, участку месторождения, эксплуатируемому этажу или уступу. Карта участка (месторождения) сопровождается одним или двумя типичными

разрезами, в том числе проектным, которые могут быть помещены на отдельном листе. При необходимости в графические приложения включается вертикальная продольная проекция рудного тела с блокировкой запасов и указанием пройденных и проектных выработок.

3. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Введение

Во введении обосновывается актуальность проекта и характеризуются исходные материалы, положенные в его основу. Оценивается потребность промышленности в данном виде минерального сырья, его конъюнктура на мировом и российском рынках. Рассматривается необходимость развития минерально-сырьевой базы региона в целом и данного вида полезных ископаемых в частности.

Указывается место и сроки прохождения производственной практики, организация, должность, выполнявшиеся работы. Приводятся основные фондовые и литературные источники, использованные при написании работы.

3.2. Общие сведения о районе работ

3.2.1. Географо-экономическая характеристика района

Указывается административное положение района работ, ближайшие населенные пункты, пути сообщения, возможности использования разных видов транспорта, ведущие промышленные объекты, источники энергообеспечения, наличие стройматериалов, возможности найма рабочих на месте. Описывается орогидрография: характер рельефа, абсолютные и относительные превышения, климат, гидрографическая сеть, режимы рек, источники питьевого и технического водоснабжения, наличие карстовых явлений, многолетней мерзлоты. Характеризуется растительный и животный мир, распространение покровных образований, кор выветривания, их мощности. Особо отмечается обнаженность пород, дешифрируемость аэро-космоснимков.

Перечисленные данные позволяют произвести анализ природных условий ведения геологоразведочных работ, учитываются при геолого-экономической оценке рудных объектов.

Для иллюстрации раздела приводится мелкомасштабная обзорная карта (схема) района с указанием местоположения участка работ.

3.2.2. Анализ результатов ранее выполненных работ

Кратко освещаются основные результаты ранее выполненных на площади геологических, геофизических, геохимических и других видов работ. Обзор проводится в хронологическом порядке. Текст может сопровождаться схемами изученности.

Оценивается достоверность ранее выполненных исследований и обосновывается выбор участка проектируемых работ, обсуждается степень его разведанности, изученность вещественного состава с точки зрения комплексного использования полезных ископаемых, а также возможные перспективы продолжения оруденения на глубину или фланги месторождения, обнаружения слепых рудных тел.

3.3. Геологическое строение района

Приводятся данные о геолого-структурной позиции участка работ. Последовательно излагаются сведения по стратиграфии и литологии, магматизму, тектонике, гидрогеологии и полезным ископаемым. Для районов, перспективных на россыпное оруденение, дается геоморфологическая характеристика.

При описании полезных ископаемых кратко описываются все известные месторождения и рудопроявления, включая сведения о размерах залежей, их форме, минеральном составе, принадлежности к определенному рудно-формационному промышленному типу.

В дипломном проекте текст сопровождается геологической картой района со стратиграфической колонкой, условными обозначениями (легендой) и

разрезами. При подготовке раздела следует обратить внимание на совпадение текстовых и графических материалов. В тексте должны быть охарактеризованы свиты и комплексы, представленные на графике. Соответственно, геологическая карта, колонка, легенда и разрезы должны содержать одни и те же стратиграфические и интрузивные образования.

3.4. Геологическая характеристика объекта проектируемых работ (перспективного участка, месторождения)

В зависимости от проектируемой стадии ГРР объектом работ является перспективный район, участок, рудопроявление или месторождение.

В данной главе уточняются и детализируются сведения, представленные в предшествующем разделе. Рассматриваются структурно-вещественные комплексы, образующие геолого-структурную позицию участка или месторождения. К ним относятся вмещающие горные породы, магматические тела, разломы, складки, вулканические структуры, геологические контакты.

В целом, описание участка или месторождения обычно включает следующие позиции:

- горные породы, участвующие в его строении;

- структурный контроль в размещении оруденения или структура рудного поля;

- характеристика выявленной минерализации. Для поздних стадий ГРР обязательно описывается форма, размеры, условия залегания рудных тел, вещественный состав руд, их текстурно-структурные особенности, первичная и вторичная зональность, генезис месторождения, а также характеризуются горно-геологические, инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождения.

Раздел иллюстрируется крупномасштабной геологической картой месторождения, детальными геологическими разрезами, в том числе обязательно проектным. При необходимости представляется продольная проекция, построенная в плоскости падения, или вертикальная, на которой показано размещение запасов разных категорий.

3.5. Методика и объемы проектируемых работ

3.5.1. Целевое геологическое задание

С учетом представленного выше обоснования формулируется геологическое задание, которое должно отвечать определенной стадии геологоразведочного процесса:

- оценочные работы;
- разведка участка месторождения, флангов, глубоких горизонтов;
- эксплуатационная разведка.

При формулировке задания важно отметить, какой промышленный тип оруденения ожидается, оговорить границы участка проектируемых работ и их масштаб.

3.5.2. Методы и объемы проектируемых работ

При проектировании оценочных и разведочных работ методические вопросы решаются на основе анализа особенностей структуры участка, формы, размеров и условий залегания тел полезных ископаемых, изменчивости выявленных параметров оруденения (мощности, содержания полезных компонентов).

В соответствии с инструктивными материалами ГКЗ МПР РФ, определяется группа сложности месторождения, перечень основных видов работ, необходимых для решения задач данной стадии, плотность сети наблюдения для разных категорий запасов. Обосновывается система разведки и технические средства, расположение и порядок проходки технических средств.

Описание каждого вида работ завершается расчетом проектных объемов.

3.5.3. Прочие виды работ

Обязательным элементом геологоразведочных работ являются топо-геодезические или маркшейдерские исследования. Рассмотрение этого вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Предусматривается инструментальная привязка опорной сети геофизических наблюдений, буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ.

На стадии разведки обязательно должна быть описана методика гидрогеологических и инженерно-геологических наблюдений с определением объемов этих работ.

Обязательным элементом разрабатываемого проекта является рассмотрение экологических вопросов. Необходима оценка влияния геологоразведочных работ на окружающую среду. Это влияние может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, исключении из хозяйственного оборота плодородных земель и т.д. В проекте должны быть предусмотрены мероприятия, предотвращающие или уменьшающие вредное воздействие ГРР на экологию.

3.5.4. Опробование и аналитические работы

С учетом типа оруденения, особенностей вещественного состава, формы, предполагаемой мощности рудных залежей, а также планируемых объемов горноразведочных и буровых работ, предусматриваются необходимые виды опробования – химическое, минералогическое, техническое, технологическое. Обосновываются способы отбора проб, необходимые для решения поставленных задач (штуфное, бороздовое, точечное, керновое и т.д.). Обсуждаются возможности использования геофизических методов опробования. Дается схема обработки проб на отдельно вычерченном листе в текстовой части проекта.

Перечисляются планируемые виды лабораторных работ, определяются их объемы с учетом внутреннего и внешнего контроля (3-5% от общего объема проб). Аналитические исследования в зависимости от типа полезного ископаемого и целевого назначения проекта могут включать следующие виды испытаний проб: химический, минералогический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный, рентгено-спектральный, рентгено-структурный и др. Для каждого вида аналитических исследований определяются цели и решаемые задачи.

3.5.5. Подсчет проектных запасов и их геолого-экономическая оценка

На стадиях оценочных и разведочных работ одним из завершающих этапов проектирования является оконтуривание тел полезных ископаемых на месторождении, его флангах, глубоких горизонтах с переводом прогнозных ресурсов и запасов в более высокие категории. Для этого необходимо дать характеристику как уже оцененных, так и ожидаемых ресурсов и запасов.

Указываются кондиции, принятые для оконтуривания залежей и выделения подсчетных блоков. Излагается методика подсчета запасов по результатам проектируемых работ. Выбирается и обосновывается способ подсчета запасов в зависимости от особенностей геологического строения месторождения (формы, состава, условий залегания). Излагаются принципы выделения категорий запасов по степени разведанности (плотности разведочной сети) и изученности (выхода керна, вещественного состава руд, технологических, горнотехнических и гидрогеологических условий) для месторождений разных групп по сложности геологического строения. Раскрываются принципы выделения подсчетных блоков и проведение их границ на выходах, флангах и по падению. Характеризуются параметры подсчета запасов, методика их обоснования (площади подсчетных блоков, мощности, среднее содержание, объемная масса). Приводится сводный формуляр подсчета общих ожидаемых запасов по категориям. Контуры категорий запасов, выделенных на основании проектируемых работ, рекомендуется закрасить следующими цветами: категория А – розовый, В – зеленый, C_1 – голубой, C_2 – желтый.

Методика геолого-экономической оценки на разных стадиях геологоразведочного процесса не одинакова.

Основной инструмент геолого-экономической оценки – обоснование кондиций. По материалам завершенных геологоразведочных работ (разведка, доразведка) для определения целесообразности и экономической эффективности освоения месторождения составляют постоянные кондиции.

ГЭО осуществляется поэтапно. На стадии оценочных работ – по укрупненным показателям, без учета налогов, отчислений и платежей, а позднее по результатам разведки – с их учетом.

В условиях рыночных отношений оценку эффективности освоения месторождений, а также сравнение различных инвестиционных проектов и выбор лучшего из них, производят с использованием следующих показателей.

1. Чистый дисконтированный доход, или чистая дисконтированная стоимость, интегральный стоимостной эффект (ЧДД) – это превышение интегральных денежных результатов над соответствующими интегральными затратами или сумму всех доходов от эксплуатации месторождения за весь расчетный период. Освоение месторождения считается эффективным при положительном значении величины чистого дисконтированного дохода. При отрицательном значении ЧДД рассматриваемый вариант инвестиционного проекта должен быть признан убыточным.

2. Индекс доходности (ИД) представляет собой отношение суммы приведенных доходов к величине приведенных инвестиций. В экономически эффективных проектах величина индекса доходности должна быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД), или внутренняя норма прибыли, рентабельность возврата инвестиций. ВНД означает норму дисконта, при которой величина приведенных доходов равна приведенным инвестициям, а чистый дисконтированный доход становится равным нулю. Освоение месторождения считается эффективным и приемлемым, если ВНД>Е, где Е – принятая в расчете норма дисконтирования прибыли.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ($T_о$) с учетом дисконтирования стоимостных показателей определяет временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы равны приведенным инвестициям. Приемлемым считается срок окупаемости инвестиций, равный 5-7 годам. Предельное значение $T_о$ составляет 10 лет.

Процесс геолого-экономической оценки месторождения завершают выбором оптимального варианта освоения объекта, для которого определены кондиции и показатели экономической эффективности его освоения.

При геолого-экономических расчетах необходимо использовать рекомендуемые учебные пособия кафедры.

3.6. Заключение

В заключение работы приводятся краткие выводы по каждой главе и проекту в целом.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Баранников А. Г., Никулина И. А., Хасанова Г. Г. Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учебное пособие / А. Г. Баранников, И. А. Никулина, Г. Г. Хасанова; Урал. Гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Тзд-во УГГУ, 2018ю – 184 с.

Баранников А. Г., Макарова С. В. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. – 95 с.

Дворник Г. П., Угрюмов А. Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 220 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. – 285 с.

Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Производство геологоразведочных работ). М.: Недра, 1985. – 288 с.

Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом МПР РФ от 07.03.1997. – 9 с.

Петруха Л. М. Разведка месторождений полезных ископаемых: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 247 с.

Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС, 1999. – 28 с.

Рудничная геология / В. Ф. Мягков, А. М. Быбочкин, И. И. Бугаев и др. М.: Недра, 1986. – 199 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Образец выполнения титульного листа

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
Уральский государственный горный университет
Факультет геологии и геофизики

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

на тему:

РАЗВЕДКА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТОВ ОГАНЧИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА (КАМЧАТКА)

Руководитель
доц. Никулина И. А.

Студент
Попов С. М.

Группа
РМ-15

Екатеринбург – 2018

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Образец заполнения штампа к чертежам

<table>
<tr><td></td><td colspan="4">Министерство образования и науки РФ
Уральский государственный
горный университет</td><td>20</td></tr>
<tr><td rowspan="2">30</td><td rowspan="2">Исполнитель:
студент
гр. РМ-15
С. М. Попов</td><td colspan="3">Геологический план
Оганчинского месторождения</td><td>20</td></tr>
<tr><td rowspan="3">30</td><td rowspan="3">Руководитель:
доцент
И. А. Никулина</td><td colspan="3">К курсовому проекту на тему:
«Разведка глубоких горизонтов
Оганчинского месторождения золота
(Камчатка)»</td><td>20</td></tr>
<tr><td>Масштаб
1:1000</td><td>Дата</td><td>Приложение
№ 2</td><td>20</td></tr>
<tr><td>50</td><td>30</td><td>35</td><td>35</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">150</td><td></td></tr>
</table>

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.12 РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название	Стр.
	Введение	3
1	Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения	5
2	Геологические основы разведки	15
3	Методические основы разведки	40
4	Подсчет запасов полезных ископаемых	69
5	Геолого-экономическая оценка месторождений	88
	Заключение	104

Введение

Геологоразведочные работы являются важнейшим фактором устойчивого развития экономики страны. Сырьевую базу в настоящее время составляют *более ста видов твердых полезных ископаемых*. Усилиями многих поколений российских геологов найдены и введены в промышленное освоение тысячи месторождений полезных ископаемых. На этой основе создана уникальная минерально-сырьевая база страны.

Россия занимает места в *первой пятерке стран мира* по запасам и добыче железных и медных руд, золота, серебра, платиноидов, вольфрама, молибдена, кобальта, никеля. За счет этих руд государство обеспечивает внутренний рынок, эксплуатирует значительные объемы сырья и продукции его переработки. Бюджет государства во многом формируется за счет освоения минерально-сырьевых ресурсов. Экспорт продукции (по данным Федерального агентства по недропользованию РФ) составляет 50-70 % от объема добычи (по вольфраму, кобальту, никелю, меди, золоту, платиноидам. Существенна роль России как мирового производителя и экспортера алмазов, апатита, калийных солей, хризотил-асбеста, бора.

В то же время далеко не благополучным является состояние минерально-сырьевой базы по таким полезным ископаемым, как цинк, свинец, олово, сурьма, барий, графит и др. Внутреннее потребление этих видов сырья определяет необходимость их ввоза из-за рубежа. Многие районы с горнопромышленной направленностью испытывают в настоящее время острый недостаток в добываемом сырье (по железу, меди, свинцу, цинку, золоту). К остродефицитным полезным ископаемым также относятся бокситы, титан, цирконий, бентониты, каолины и др.

Итак, минерально-сырьевой комплекс был и остается *гарантом дальнейшего развития страны* на длительную перспективу, источником получения средств на реконструкцию и техническое перевооружение промышленности. Поэтому подготовка высококвалифицированных кадров в области «разведочного дела» в рамках специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых» (направления 25.05.02 «Прикладная геология») остается актуальной и востребованной задачей.

Содержание Учебного пособия во многом базируется на обобщении научного и учебно-методического материала, содержащего в учебниках, учебных пособиях, методических рекомендациях, подготовленных в разные годы. В первую очередь, необходимо упомянуть работу В. М. Крейтера (1940) по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых, а также труды тех, кто продолжал развивать и углублять сформулированные В. М. Крейтером научные проблемы и направления (работы А. Б. Каждана, Е. О. Погребицкого, В. И. Тернового, Г. С. Поротова, Л. И. Четверикова, П. П. Ясковского, В. В. Шелелева, в том числе сотрудников кафедры поисков и разведки МПИ – В. Ф. Мягкова, А. С. Вершинина, И. И. Бугаева, Л. М. Петрухи, Ю. К. Панова и др.). Из публикаций этих авторов в Учебном пособии заимствована большая часть приведенных в пособии таблиц и иллюстраций.

Современная геологическая наука не может ограничиваться изучением лишь качественных сторон явлений и процессов. Она «должна выявлять их количественные

характеристики, обеспечив тем самым более высокий научный уровень исследования земных недр» (Каждан, Гуськов, 1990). Необходимость внедрения математических методов при решении геологоразведочных задач признается в настоящее время всеми геологами. Их применение обеспечивает возможность перехода от словесных, часто субъективных определений изучаемых объектов, к их более объективным количественным оценкам. Накопленный на кафедре опыт математической обработки собранной геологической информации отражен в 11, 13 и 15 главах пособия. Более подробно вопросы количественной обработки накопленной геологической информации рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

В результате изучения дисциплины «Разведка и ГЭО месторождений полезных ископаемых» студент приобретаем ряд компетенций, знаний и умений (Рабочая программа Б1.В.ОД.5).

Студент должен:

А. знать:

- задачи, принципы, технические средства и системы разведки; классификацию запасов полезных ископаемых; требования промышленности к качеству минерального сырья на стадии разведки;
- методики комплексной оценки минерального сырья;
- подходы к сбору и обработке количественной геологической информации с использованием компьютерных технологий.

Б. уметь:

- составлять проекты на геологоразведочные работы, обосновывать рациональную разведочную сеть;
- оконтуривать запасы разных категорий, выполнять подсчет запасов разными методами;
- выполнять оценку географо-экономических, горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств минерального сырья.

В. владеть:

- методикой обоснования видов и объемов проектируемых работ;
- приемами определения параметров при подсчете запасов полезных ископаемых;
- методикой определения величины инвестиций, показателей эффективности освоения месторождения в базовом и коммерческом вариантах.

Тема 1
Общие вопросы дисциплины. Основные понятия и определения

РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ЕЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Разведка месторождений – это комплекс работ и связанных с ними исследований, направленных на выявление, оконтуривание и геолого-экономическую оценку запасов минерального сырья в недрах. Разведочные работы вносят определяющий вклад в геологическое изучение минерализованных участков недр на предпроектной стадии промышленного освоения объекта. По завершению разведки и получению положительных результатов геолого-экономической оценки изучаемое проявление полезного ископаемого приобретает *статус месторождения.*

Разведка начинается с момента составления проекта на производство геологоразведочных работ. Обычно эти работы включают: геологическое картирование площади рудного поля и месторождения; выявление и оценку выходов рудных тел; проходку горных выработок и скважин, их документацию и опробование; проведение комплекса геофизических, геохимических, гидрогеологических, инженерно-геологических исследований; геодезическую съёмку. По результатам геологоразведочных работ составляют геологические разрезы, планы, проекции. Они отражают размеры, условия залегания и строение тел полезных ископаемых. Дается характеристика полезного ископаемого, подсчитываются его запасы. На основе полученных данных проводится геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождения, обосновываются выводы о его промышленном значении. Все сказанное позволяет отметить, что разведка как прикладная геологическая наука находится на стыке областей знаний, включающих: накопленные сведения о геологическом строении месторождения, его сопоставление с определенным геолого-промышленным типом; вопросы горного дела (в связи с обоснованием способа разработки месторождения); определение потенциальной ценности объекта, рентабельности его разработки; обоснованность задействованных технических средств разведки, влияющих на надежность получаемых результатов; обработку полученных результатов с использованных современных компьютерных технологий (рис. 1).

Основной *целью* выполняемых геологоразведочных работ является *получение информации*, необходимой и достаточной для: проектирования предприятия по добыче полезного ископаемого и переработке минерального сырья, реконструкции действующего рудника, определения путей его дальнейшего развития, оценки перспектив выявления новых тел полезных ископаемых на площади рудного поля. Собранная и качественно обработанная информация должна обеспечить *решение основной задачи* разведочных работ – подготовку месторождения к промышленному освоению.

Успешному решению сформированных задач должно способствовать: построение цифровых моделей месторождений с использований IT технологий; реализация разведочных систем, соответствующих природным особенностям объекта и обеспечивающим надежное локальное прогнозирование геолого-промышленных параметров.

Сущность разведки сводится к оконтуриванию, прослеживанию промышленно ценных участков природных скоплений полезного ископаемого путем выборочного пересечения минерализованного объема недр разведочными выработками (скважинами, горными выработками) с последующим геологическим и геофизическим их изучением (документацией) и опробованием. Таким образом, информацию, необходимую для принятия проектных решений по разработке и переработке добываемого минерального сырья, получают на весьма скудном материале. Разведка обычно не позволяет раскрыть все детали строения минерализованных пород. Отчасти эти задачи решаются при использовании геофизических методов (в том числе, зондирования межскважинного пространства), а также на стадии эксплуатационной разведки. Материалы разведки позволяют сконструировать *модель месторождения*, которая по своим параметрам должна быть максимально приближена к истинному объекту (рис. 2). Возможность разработки технических проектов на основе обобщения ограниченной разведочной информации подтверждена практикой разведки и освоения месторождений. Здесь работает известный в математической статистике выборочный метод исследования оцениваемых свойств (в разведке – геолого-промышленных параметров) на основе обобщения данных лишь части свойств, вошедших в изучаемую выборку (Петруха, 2003). На каждой последующей стадии геологоразведочных работ формируемая выборка свойств становится более представительной. На современном этапе изучения недр все недропользователи обязаны выполнить необходимые расчеты по геолого-экономической оценке (ГЭО) обосновываемых запасов и прогнозных ресурсов. Оценка является исследовательским процессом, связанным с выявлением возможных конкурентоспособных вариантов оконтуривания и промышленного освоения запасов месторождения и выбором среди них рационального с позиций максимальной доходности предприятия. Наиболее полная ГЭО осуществляется по результатам разведки месторождения. Оценка по результатам поисков базируется на тех же единых методологических принципах, но из-за ограниченности имеющихся материалов является малодостоверной (Шевелев, 2004).

При проведения ГЭО учитываются следующие положения:

1. Обоснование рационального и комплексного использования недр, включающее основные и попутные компоненты, отходы добычи и переработки сырья.
2. Определение показателей эффективности освоения месторождения (ЧДД – чистый дисконтированный доход, ИД – индекс доходности, ВНД – внутренняя норма доходности, Р – рентабельность разработки, Т – срок окупаемости капвложений).
3. Учет обязательных платежей и налогов, плата за кредит (необходимый для организации работ по разработке месторождения).
4. Учет фактора времени и риска при оценке месторождения.
5. Оценка экологических и социальных последствий разработки месторождения.
6. Выбор оптимального варианта освоения месторождения.
7. Обоснование кондиций на минеральное сырье.

Важнейшие результирующие показатели ГЭО, установленные параметры кондиций, подсчитанные с их использованием балансовые и забалансовые запасы вносятся в Государственный кадастр месторождений полезных ископаемых. При этом

необходимо отражать в кадастре два подхода к оценке объекта – базовый и коммерческий, чтобы при необходимости оперативно осуществлять переоценку месторождения.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ УЧЕНИЯ О РАЗВЕДКЕ НЕДР

Учение о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых пришло из потребностей горного дела. Долгие годы работы по поиску и добыче руд велись на основе опыта многих поколений рудознатцев. Разработки в этой области знаний методического и организационного характера появились значительно позже. Первые труды принадлежат Г. Агриколе (1530), И. А. Шлаттеру (1760), М. В. Ломоносову (1763). Целая эпоха в развитии горного промысла и геологии связана с именем Петра I. Им был организован «Приказ рудокопных дел», реорганизованный в 1719 г. в Берг-коллегию. Коллегия взяла на себя руководство горнозаводской промышленностью Российской империи.

В XIX веке разведка месторождений не проводилась. Открытые месторождения сразу же вовлекались в разработку. Разведочные методы начинают развиваться и совершенствоваться в конце XIX века и позднее. Первыми в этом направлении были работы проф. Войслова (1899), проф. Корзухина (1908), В. С. Реутовского, Б. И. Бокия (1914).

Методологические основы разведки складывались и совершенствовались по мере расширения сырьевой базы страны, развития горнорудной промышленности. Однако в начале XX века разведочное дело ещё не имело самостоятельного развития и рассматривалось как один из разделов учения о полезных ископаемых. Первая работа по экспертизе и оценке рудных месторождений была опубликована Н. И. Трушковым в 1922 г. В 1924 г. в Петроградском горном институте К. П. Марковым прочитан курс разведочного дела. Начиная с 1927 г. этот курс читал И. С. Васильев, впервые изложивший важнейшие методические положения разведки.

Основоположником учения о поисках и разведке полезных ископаемых по праву считается В. М. Крейтер. Им были организованы кафедры поисков и разведки МПИ в Московском геологоразведочном институте и Институте цветных металлов и золота. Его фундаментальный труд «Поиски и разведка полезных ископаемых», изданный в 1940 г., несколько раз переиздавался и стал настольной книгой геологов-разведчиков нескольких поколений.

В 1922 г. кафедра поисков и разведки МПИ была организована в Уральском (Свердловском) горном институте. Её первым заведующим был назначен руководитель геологической службы Урала Б. В. Дидковский. В последующие годы кафедру возглавляли А. П. Смолин, В. П. Любимов, П. И. Кутюхин, М. Н. Альбов, И. И. Бугаев, В. Ф. Мягков, А. Г. Баранников. В 1999 г. произошло объединение ряда кафедр геологического факультета. Объединенную кафедру геологии, поисков и разведки МПИ возглавил проф. В. А. Душин.

Большой вклад в развитие теории и практики разведочного дела, опробования и подсчета запасов полезных ископаемых внесли исследования М. Н. Альбова, Н. В. Барышева, И. Д. Когана, А. П. Прокофьева, В. И. Смирнова, Е. О. Погребицкого, Г. С. Поротова и др. Научные основы геометризации недр заложены исследованиями П. К. Соболевского (1926-1932). Он рассматривал тела полезных ископаемых как совокупность

взаимно связанных геохимических полей и на этой основе сформулировал принципы геометрического моделирования.

В середине XX века во все отрасли геологии, включая вопросы оценки месторождений, проникли математические методы обработки информации. Этому способствовало появление и развитие электронно-вычислительной техники, а позднее – IT технологий. Кроме теории вероятности и математической статистики случайных величин, в теорию и практику исследований стали проникать методы многомерного статистического анализа, теории случайных функций и гармонического анализа, теории множеств, линейной алгебры, распознавания образов и других разделов математики.

При рассмотрении теоретических вопросов методики разведки месторождений и опробования акцент был сделан на изучении изменчивости свойств полезных ископаемых. А. С. Власов, Д. А. Казаковский и др. исследователи предложили использовать первые и вторые последовательные разности значений исследуемых показателей изменчивости по смежным точкам. При обобщении результатов статистической обработки данных П. Л. Каллистов (1956) обратил внимание на то, что любой статистический показатель отражает лишь средний уровень изменчивости изучаемого свойства и не учитывает влияния пространственного расположения точек наблюдений. Им было предложено учитывать случайные и закономерные изменения наблюдаемых признаков. При этом дисперсию случайных отклонений следовало определять не от генеральной средней, а с учетом рассчитанной кривой регрессии, отстраиваемой с использованием процедуры сглаживания совокупности прилегающих к конкретной точке проб. Дальнейшее развитие этот подход при изучении изменчивости свойств залежей получил в работах В. Ф. Мягкова (1984). Он предложил исследовать закономерности распределения компонентов в рудных полях с использованием *геометро-статистической модели*. При отстройке одномерных графиков изменчивости геологических параметров по разным направлениям рудных залежей с использованием интерполяционного полинома удается выявлять уровненное строение геологических полей и на этой основе решать целый ряд практических вопросов разведки: оптимальный шаг опробования; зональность строения залежей, их анизотропию и др.

Начиная с шестидесятых годов XX века, появилось много публикаций по исследованию изменчивости оруденения с использованием *методов теории случайных функций* и *гармонического анализа* (работы А. Б. Каждана, З. Д. Низгурецкого, А. М. Марголина и др.). Изменчивость изучаемых признаков рассматривается как функция расстояния между смежными пунктами наблюдений. При этом необходим учет влияния формы и размера проб, отражающих неоднородность строения недр. В это же время при изучении изменчивости и оценке запасов руд зарубежными геологами (Ж. Матерон, М. Давид, Э. Карлье, Д. Криге и др.) было предложено задействовать *геостатистические модели.* В основе данной модели лежит предположение, что получаемые результаты зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдения результаты измерений меняются, и поэтому их следует рассматривать как случайные величины. Рассчитанный средний квадрат разности измеренных значений при этом зависит от расстояния между пунктами. Важной характеристикой геостатистических моделей служит вариограмма, отражающая функцию среднего квадрата разности от

расстояния между пунктами наблюдений. Для отдельных объектов установлено присутствие нескольких типов вариограмм: с регулярной пространственной переменной, с эффектом самородков, сферической и др. На отстроенных вариограммах возможно определение порогового значения, отражающего зону влияния между соседними пробами.

На современном этапе при обобщении результатов геологоразведочных работ все чаще задействуют геостатистические методы с использованием IT технологий (программы “Micromine”, “Datamine”, “Surpac” и др.).

ОСНОВЫ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ О НЕДРАХ

Основным законом, регламентирующим недропользование в РФ, является Федеральный закон «О недрах», принятый в 1992 г. Закон неоднократно дополнялся и редактировался, его последняя редакция принята в 2015 г. (Закон РФ «О недрах»).

Согласно тексту закона недра являются частью земной коры, расположенной ниже почвенного слоя, а при его отсутствии – ниже поверхности Земли и дна водоемов и водотоков, простирающейся до глубины, доступной для геологического изучения и освоения.

Основные положения горного права

К основным положениям Горного права относятся:

- право собственности на недра как один из элементов природной среды;
- право собственности на извлеченные из недр полезные ископаемые и используемые полезные свойства недр;
- право собственности на имущество и геологическую информацию, создаваемые в процессе пользования недрами.

Право собственности на недра в России действующими правовыми актами определяется следующим образом:

- недра находятся в государственной собственности;
- владение, пользование и распоряжение недрами в пределах государственной границы находится в совместном ведении Российской Федерации и ее субъектов (так называемое «правило двух ключей»), а за пределами границы (в морской экономической зоне и на континентальном шельфе) – в исключительном ведении Российской Федерации;
- владение, пользование и распоряжение недрами осуществляется в интересах всех народов, проживающих на соответствующей территории, и всех народов Российской Федерации.

Недра предоставляются в пользование субъектам предпринимательской деятельности для изучения, добычи полезных ископаемых, строительства подземных сооружений, организации особо охраняемых геологических объектов или сбора минералогических коллекций на определенный срок или без ограничения срока.

Участки недр с находящимися в них минеральными ресурсами не могут быть предметом купли-продажи, дарения, наследования, вклада, залога или отчуждения в иной форме. Права пользования недрами могут отчуждаться или переходить от одного лица к другому в той мере, в какой их оборот допускается федеральными законами.

Право собственности на минеральное сырье, добытое из недр, появляется в процессе добычи полезных ископаемых. Добытые из недр полезные ископаемые могут

находиться в федеральной собственности, собственности субъектов Федерации, муниципальной, частной и иных формах собственности. Вопрос о форме собственности на добытое полезное ископаемое определяется условиями лицензионного соглашения.

Право собственности на горное имущество и геологическую информацию определяется принципом: объект является собственностью того, кто оплатил его создание или приобретение. Однако, геологическая информация, являющаяся собственностью пользователя, должна представляться им по установленной форме в федеральный и территориальный фонды геологической информации (ВГФ, ТГФ). Собственник может лишь оговорить условия конфиденциальности пользования этой информацией в фондах, с учетом собственных интересов.

Система пользования недрами

Недра Российской Федерации могут быть использованы недропользователями для следующих целей.

1. Регионального геологического изучения и иных общих геологических работ без нарушения целостности недр.

2. Геологического изучения, включая поиски и оценку месторождений полезных ископаемых, а также оценки пригодности недр для строительства подземных сооружений.

3. Разведки и добычи полезных ископаемых, в том числе отходов горных предприятий.

4. Строительства и эксплуатации подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

5. Образования особо охраняемых геологических объектов.

6. Сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекций. Недра могут предоставляться в пользование одновременно для геологического изучения (поиски, разведка) и добычи полезных ископаемых. В этом случае добыча может производиться как в процессе изучения, так и после его завершения.

Пользование недрами в Российской Федерации, за исключением работ по региональному геологическому изучению и созданию особо охраняемых объектов, является платным.

Недра предоставляются в пользование на определенный срок или без ограничения срока.

Порядок пользования недрами включает три самостоятельных подсистемы:

- предоставление участков недр в пользование;
- пользование недрами в соответствии с установленным видом пользования;
- контроль и надзор за соблюдением установленных требований и ограничений при пользовании недрами.

Предоставление недр в пользование осуществляется на основе лицензирования. Государство, осуществляющее суверенное право на недра, определяет программу освоения недр, участки недр, которые предполагаются предоставить в пользование, и выбор конкретного недропользователя.

Государство определяет условия, на которых предполагается передача недр в пользование. Недропользователь может вести переговоры об изменении этих условий. При достижении согласования, недропользователю оформляется лицензия на право

пользования недрами. Лицензия предоставляется совместно органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации и Федеральным органом управления фондом недр.

Работы по *региональному геологическому изучению недр*, выполняемые за счет средств госбюджета, осуществляются без оформления лицензий, но с обязательной регистрацией в территориальных геологических организациях Министерства природных ресурсов. Лицензия на *поиски и оценку* месторождений полезных ископаемых удостоверяет право проведения таких работ только на вид сырья, указанный в лицензии. Лицензия на *добычу* полезного ископаемого может выдаваться на всё месторождение или его часть. Допускается также одновременное предоставление одному пользователю нескольких лицензий на право добычи по группе близко расположенных месторождений, если экономически рентабельной является только совместная их разработка. Лицензия на *разведку* месторождения отдельно не предоставляется и право разведки предусматривается в лицензии на добычу.

Законодательством устанавливается два статуса участков недр, на которые выдается лицензия: геологический отвод и горный отвод. Статус *геологического отвода* предоставляется участкам, предоставляемым для геологического изучения недр без существенного нарушения их целостности. В пределах одного геологического отвода могут быть выданы несколько лицензий на разные виды деятельности, включая, например, поиски и оценку разных полезных ископаемых. В границах геологического отвода могут одновременно проводить работы несколько пользователей недр.

В пределах одного *горного отвода* может быть выдана только одна лицензия одному пользователю, получающему по ней исключительное право деятельности в этих пределах в соответствии с лицензией.

Предоставление недр в пользование осуществляется по результатам конкурсов или аукционов, либо в специальных случаях на основе согласованных решений федеральных органов государственной власти и органов государственной власти субъектов Федерации на бесконкурсной основе. Определение порядка проведения и условий конкурсов и аукционов по каждому объекту или группе объектов осуществляется органами, предоставляющими лицензии. Наименования объектов, выставляемых на конкурсы или аукционы, и их условия публикуются в печати.

Предприниматель, желающий принять участие в конкурсе, подает по установленной форме соответствующую заявку. После официального принятия заявки и уплаты соответствующих взносов заявитель может получить пакет геологической и технико-экономической информации по интересующему его участку недр. Проанализировав эту информацию, заявитель прежде всего решает для себя вопрос о продолжении участия в конкурсе (аукционе) и, при положительном решении, представляет приемлемый для него вариант технико-экономических показателей (ТЭП) ведения работ по намечаемому виду пользования недрами. Указанные ТЭП представляют собой комплекс материалов, обосновывающих принципиальные решения и ожидаемые технико-экономические показатели по всем вопросам. После приобретения лицензии ее владелец имеет право получения в фондах полного объема геологической информации по

предоставленному ему согласно лицензии участку недр (геологическому или горному отводу).

Условия ***пользования недрами*** определяются соглашением собственника недр (государства) в лице его уполномоченных органов и недропользователя. В практике недропользования известны три типа договорных отношений:

- недропользователь вносит плану за пользование недрами и уплачивает другие установленные налоги, но полностью распоряжается всей произведенной продукцией;
- недропользователь и собственник недр заключают соглашение о разделе производимой продукции;
- недропользователь заключает с собственником контракт на предоставление определенных услуг (субподрядные работы).

В первом случае недропользователь осуществляет все работы по реализации предоставленных лицензией прав за счет собственных средств, принимая на себя все риски. Добытая продукция полностью принадлежит ему, хотя условиями договора может определяться реализация части продукции на внутреннем рынке. Недропользователь вносит все установленные платежи, налоги, связанные с его деятельностью. Все сооружения и оборудование, используемые при работах, являются его собственностью.

Во втором случае недропользователь также несет все расходы и принимает на себя риски, связанные с ведением работ, а произведенная продукция делится между ним и собственником (государством) в виде трех частей: компенсационной продукции, предназначенной для возмещения затрат недропользователю, и двух долей прибыльной продукции, разделенных между государством и недропользователем в установленном соотношении. Реализация своих долей продукции осуществляется недропользователем и собственником самостоятельно. Сооружения и оборудование, связанные с недропользованием, переходят в собственность государства либо с момента их создания или приобретения, либо по мере амортизации. Привлекательной стороной соглашения о разделе продукции является иммунитет от новых изменений налогового законодательства, которые не должны ухудшать экономическое положение инвестора, имевшееся на момент составления соглашения.

В третьем случае, недропользователь, также неся все затраты, связанные с проведением работ, либо получает возможность их возмещения при коммерческом результате (например, открытии месторождения при поисках), либо получает заранее оговоренное вознаграждение (оплату) за произведенные работы, но не приобретает никаких прав на добытую продукцию, если таковая будет получена в течение срока действия лицензии или после его истечения.

Контроль и надзор за пользованием недрами осуществляют органы государственного геологического контроля и Федерального горного и промышленного надзора России, а также другие контрольные органы, в соответствии с компетенцией (природоохранные органы, налоговая инспекция, таможенная служба и т. д.) и органы государственной власти.

Государственный геологический контроль включает контроль за геологическим изучением недр и их рациональным использованием и охраной. Органы госконтроля

входят в структуру Министерства природных ресурсов и его территориальных подразделений.

Федеральный горный и промышленный надзор России (Госгортехнадзор) выполняет в качестве основной контрольной функции надзор за безопасным ведением работ, включая вопросы проектирования, строительства, эксплуатации и ликвидации горных предприятий.

Государственная экспертиза запасов полезных ископаемых производится для создания условий комплексного использования недр, определения платы за использование недр и уточнения границ горного отвода. Государственная экспертиза может проводиться на любой стадии геологического изучения недр, но предоставление участков недр для целей добычи разрешается только после их госэкспертизы.

Система платежей при пользовании недрами

Плата за пользование недрами включает разовые и регулярные платежи.

Минимальные (стартовые) разовые платежи за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 % от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации. Размеры регулярных платежей определяются в зависимости от экономико-географических условий, размера участка недр, вида полезного ископаемого, продолжительности работ, степени геологической изученности и степени риска. Регулярный платеж взимается за площадь лицензионного участка, предоставленного недропользователю. Ставка регулярного платежа за 1 кв. км участка недр при поисковых и оценочных работах составляет от 27-90 рублей для неметаллических полезных ископаемых до 120-360 рублей для углеводородного сырья; при разведочных работах ставка меняется от 800-1650 рублей для подземных вод до 5000-20000 рублей для углеводородного сырья.

Регулярные платежи не взимаются с недропользователей, осуществляющих:

- пользование недрами для регионального геологического изучения;
- пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение;
- пользование недрами для сбора минералогических, палеонтологических и других геологических коллекционных материалов;
- разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых.

Кроме разовых и регулярных платежей, законодательством предусмотрены две группы налогов и отчислений. Первая группа учитывается в себестоимости товарной продукции, вторая относится на финансовый результат.

В себестоимость включается налог на добычу полезных ископаемых, дорожный налог, плата за воду, землю, загрязнение окружающей среды и др. Налог на добычу составляет основную часть налоговой суммы первой группы. Ставка налога меняется от 3,8 % для калийных солей до 16,5 % для углеводородного сырья. Налогоплательщики, осуществившие за счет собственных средств поиски и разведку разрабатываемых месторождений или полностью возместившие все расходы на поиски и разведку,

уплачивают налог на добычу с коэффициентом 0,7. При выполнении соглашений о разделе продукции налоговые ставки на добычу применяются с коэффициентом 0,5. Не облагаются налогом полезные ископаемые, остающиеся во вскрышных, вмещающих (разубоживающих) породах, в отвалах или отходах перерабатывающих производств. Дорожный налог взимается в размере 2,5 % от годовой стоимости товарной продукции.

На финансовый результат горного предприятия относят налог на прибыль, налог на имущество, целевые сборы на содержание милиции и благоустройство территории. Налог на прибыль составляет 24 % от годовой прибыли предприятия, налог на имущество – 2 % от его среднегодовой стоимости. Остальные платежи определяются прямыми расчетами.

Горные предприятия также облагаются косвенными налогами, вычисляемыми сверх цены предприятия – налогом на добавленную стоимость (НДС), создаваемую в процессе производства товарной продукции, и таможенными пошлинами, взимаемыми с товарной продукции, вывозимой за пределы Российской Федерации.

Контрольные вопросы к теме 1

1. Что является целью разведки? Какие задачи решает разведка?
2. С какими областями знаний и смежных дисциплин разведка связана?
3. С какими именами известных и выдающихся российских ученых следует связывать становление учения о разведке месторождений?
4. Кто из российских и зарубежных ученых внес значимый вклад в разработку проблем количественной обработки геологической информации (геолого-математического моделирования)?
5. В чем заключаются основные положения законодатедьства РФ о недрах?
6. В каких целях могут быть использованы недра в РФ?
7. Как осуществляется предоставление недр в пользование?
8. Что такое горный и геологический отводы? Чем они различаются?
9. Какие типы договорных отношений установлены между государством и недропользователем?
10. Как осуществляется контроль за пользованием недрами?
11. Какая система платежей установлена за недропользование?

Тема 2
Геологические основы разведки

ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОМЫШЛЕННУЮ ЗНАЧИМОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Минеральные скопления в земной коре приобретают статус месторождения по результатам их разведки и при условии обоснования экономической целесообразности промышленного освоения. Основным критерием для промышленного освоения месторождения является размер прибыли, которую предприниматель собирается получить за весь период его эксплуатации.

На экономику промышленного освоения месторождения оказывает влияние совокупность факторов: количество запасов в месторождении (их масштаб), качество минерального сырья, технологические свойства, горно-геологические условия эксплуатации, географо-экономические условия района нахождения месторождения, экологические условия эксплуатации и др. (Каждан, 1977, 1984; Ясковский, 2001, 2010; Шевелев, 2004; Поротов,2004).

Количество запасов в месторождении определяется величиной запасов, оцененных по результатам геологоразведочных работ. Достоверность подсчитанных запасов зависит от степени их изученности (разведанности).

Запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в единицах массы (тонн); сыпучих полезных ископаемых (песков, гравия), строительного и облицовочного камня – в единицах объема (кубические метры). Запасы золота измеряются в килограммах, тоннах, а в некоторых зарубежных странах используют тройную унцию (31,103 грамма). Запасы алмазов и драгоценных камней измеряют в каратах (0,200 грамма).

Запасы полезного ископаемого, ценность которого определяется содержанием химического элемента (оксида) или минерала (алмаз, слюда, асбест и др.), оцениваются с определением количества руды и количества металла (минерала). В России запасы твердых полезных ископаемых подсчитываются в недрах, а запасы нефти и газа оцениваются как извлекаемые, так и в недрах.

По величине запасов различают месторождения *уникальные* (их в мире единицы), *крупные* (их десятки), *средние* (их сотни) и *мелкие* (их тысячи). На базе уникальных месторождений создаются ведущие горнодобывающие предприятия. Они во многом определяют состояние минерально-сырьевой базы и сырьевого рынка страны, мира. Крупные месторождения определяют экономику отрасли или крупного региона страны. Средние месторождения имеют значение в пределах отдельных экономических районов, а мелкие – в отдельных случаях. Для каждого вида полезного ископаемого наблюдаются значительные (в десятки раз) изменения запасов при переходе от мелких месторождений к крупным и очень крупным, что обусловлено разнообразием геологических условий образования руд (табл….).

Следует отметить, что отраженные в таблице размеры запасов не являются общепризнанными. В литературных источниках приведены и другие цифры градации запасов, определяющие масштаб оцениваемых объектов. В. И. Краснико (1965) подметил закономерность, получившую в литературе название «декадной». В 7 % месторождений

сосредоточено ~ 65 % запасов, а запасы мелких, средних, крупных и уникальных месторождений отличаются друг от друга примерно на порядок. Мелкие месторождения встречаются часто, а очень крупные редко. Основные запасы сосредоточены в крупных и очень крупных месторождениях. Обобщение данных по России за 1994-1997 гг. свидетельствует, что среди девятнадцати видов полезных ископаемых общее количество мелких объектов составило 723, средних – 184, крупных – 107, очень крупных – 30 (Ясковский, 2001). Распределение суммарных запасов для коренных месторождений страны: на долю мелких объектов приходится 14 %, средних – 30 % и крупных 56 %.

От масштаба месторождений зависят ожидаемые показатели экономической эффективности вовлекаемых в эксплуатацию объектов. С учетом величины запасов можно определить ценность месторождения (потенциальную в недрах или товарную на сырьевом рынке). Полученные значения следует учитывать при определении инвестиционной привлекательности объектов. Другой расчетный экономический показатель – необходимый объем капитальных вложений. Чем больше запасы, тем больше затраты на строительство горнодобывающего предприятия. При этом появляется возможность определить производительность будущего рудника, срок его существования и ориентировочно подсчитать приведенные затраты на освоение месторождения.

Качество минерального сырья – это совокупность природных свойств, определяемых минеральным и химическим составом, структурными и текстурными особенностями сырья, технологическими и физическими свойствами. Высокое качество полезного ископаемого влияет на эффективность переработки руд, способствует улучшению готовой продукции. В геологоразведке и горной промышленности давно используются понятия – «богатые», «бедные», и «убогие» руды. С позиций оценки качества все твердые полезные ископаемые могут быть разделены на *три группы*. Ценность в них может представлять: химический элемент (или химическое соединение, чаще оксид); минерал, обладающий особыми свойствами; вся добываемая горная масса (Шевелев, 2004).

К *первой группе* относятся все руды металлов и горно-химическое сырье (фосфориты, бор, сера). Основным показателем качества сырья является содержание ценного компонента. Содержание оценивается в массовых процентах элемента (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, S, V, As) или оксидов (Cr_2O_3, TiO_2, WO_3, Nb_2O_3, BeO, Be_2O_3, P_2O_5).

В месторождениях комплексных руд (свинцово-цинковых, медно-молибденовых, медно-никелевых и др.) качество определяется с помощью условного содержания главного компонента. В расчетных формулах учитывается: содержание главного компонента, формирующего основную ценность руд; содержание второстепенных компонентов; переводные коэффициенты для перерасчета содержаний второстепенных компонентов в главный компонент.

Содержание в рудах благородных металлов (золота, серебра, платиноидов) из-за низких их концентраций выражается в граммах на тонну руды; в россыпных месторождениях – в г (мг) /$м^3$. Чем большее значение элемента в рудах, тем выше качество полезного ископаемого.

В зависимости от содержания основного ценного компонента руды подразделяются на богатые, рядовые и бедные. Для разных полезных ископаемых конкретные сорта руд отличаются друг от друга (табл.).

При исследовании уровня концентраций полезных компонентов в объеме рудных тел может быть задействован *коэффициент богатства* – отношение среднего содержания к минимально промышленному (Бирюков, Денисов, 1978). Богатыми считаются руды, в которых содержание полезного компонента в 1,5-3,5 раза выше, чем минимальное промышленное; к бедным – менее 1,1-1,2. Какое значение при разведке имеет оконтуривание богатых руд? Во-первых, богатые и очень богатые руды используются при получении концентратов или в металлургии без предварительного обогащения. Во-вторых, высокое качество руд нередко отмечается в локальных участках месторождения. Эти участки называют рудными столбами, кустами, гнездами, карманами, бонанцами (для месторождений золота и серебра). На стадии разведки локальные участки должны быть оконтурены, а подсчет запасов выполнен без ограничения выявленных «ураганных проб».

Ко *второй группе* относятся алмазы, пьезооптическое сырье, слюда, тальк, асбест и др. Качество сырья регламентируется уровнем содержания ценного минерала, размерностью и особенностями кристаллосырья: для асбеста – прочность, гибкость, длина волокна, кислоторастворимость; для слюд – размер пластинок, их ровность, термостойкость; для пьезооптического сырья – масса кристалла, размер бездефектной области моноблока, выход моноблока, степень проявленности дефектов (газово-жидкие включения, трещины, двойники и др.); для алмаза – масса, форма, характер поверхности, цвет, дефектность, наличие сростков (Ясковский, 2001).

К *третьей группе* относятся стройматериалы, твердое топливо, керамическое сырье, огнеупоры, тальк, пирофиллит, минеральные пигменты, цеолиты, бокситы и хромиты. Качество сырья оценивается соответствием его определенных свойств требованиям технических условий (ТУ), отраслевых стандартов (ОСТ), государственных стандартов (ГОСТ) и соглашений с потребителями (Шевелев, 2004). Иногда требуется подразделение сырья на ряд сортов и марок. С учетом целевого использования оцениваемое полезное ископаемое должно удовлетворять конкретным сортовым требованиям.

Итак, количество и качество минерального сырья являются важнейшими факторами оценки разведуемых объектов. Они являются определяющими показателями при геолого-экономической оценке месторождений.

Технологические свойства сырья определяют возможность и экономическую целесообразность переработки минерального сырья с целью получения товарного продукта. Основными показателями, определяющими технологические свойства руд, являются: величина извлечения полезного компонента, содержание полезного компонента в концентрате, выход концентрата.

Технологические свойства минерального сырья зависят от совокупности качественных показателей, из которых кроме содержания полезных ископаемых и вредных примесей первостепенное значение имеют (Каждан, 1977; Шевелев, 2004):

- минеральный состав полезного ископаемого и разубоживающей руды горной массы; распределение полезных компонентов и вредных примесей по отдельным минералам;

- форма и размеры полезных минералов, характер их срастаний, текстуры и структуры минеральных агрегатов;
- физические свойства минерального сырья и слагающих его полезных минералов, их твердость, хрупкость, удельная плотность;
- химический и минеральный состав вмещающих пород и жильной массы.

Технологические исследования, проводимые в процессе разведки, должны установить возможность извлечения ценных компонентов из руд и обеспечить выбор схемы передела руд, которая может быть использована в промышленных условиях с приемлемыми технико-экономическими показателями. Наличие в сырье попутных компонентов повышает экономическую значимость сырья. Однако ценность попутного компонента всегда следует соотносить с дополнительными расходами на его выделение и учитывать возможность реализации дополнительной продукции.

Рассмотрим примеры, раскрывающие технологические свойства руд и их влияние на переработку минерального сырья (Ясковский, 2001).

Минеральный состав руд определяется присутствием полезных и породообразующих минералов, их количественными соотношениями, формами нахождения, характером парагенетических ассоциаций. Проблемы возникают, когда для выделения основных минералов приходится использовать разные обогатительные процессы. Например: для руд олова основными минералами являются касситерит, станнин, варламовит, гидростаннаты. Эффективно по гравитационной схеме обогащаются касситеритовые руды (плотность 7,0 г/см^3). Другие типы руд с минералами олова (плотность 3,8-4,7 г/см^3) относятся к группе труднообогатимых. Они требуют кроме гравитационного обогащения и других методов: флотации, магнитного и электрического обогащения, пирометаллургии.

Минеральный состав оказывает большое влияние на эффективность флотационного процесса. Хорошо обогащаются сульфиды Pb, Zn, Cu, Mo и плохо – их окисленные формы. Для молибденовых руд основным гипогенным минералом является молибденит – MoS_2, обладающий природными гидрофобными свойствами; но окисленные руды, представленные повеллитом – $CaMoO_4$, ферримолибдитом – $Fe_2O_3 \cdot 3MoO_3 \cdot 8H_2O$ и др., обогащаются с трудом. При этом получаются концентраты невысокого качества из-за легкой шламуемости гипергенных молибденовых минералов в процессе измельчения руды, близости флотационных свойств молибденовых и породообразующих минералов.

Химический состав руд определяется наличием полезных, вредных, петрогенных элементов (оксидов), их содержанием и соотношением, присутствием особенно химически активных форм. Для ряда месторождений схемы и показатели обогащения определяются содержанием элементов и их соотношением. Например, при переработке бокситовых руд для получения глинозема важнейшим является гидрохимический метод Байера. Его использование эффективно для высококачественных руд с кремниевым модулем $M_{si} = Al_2O_3 / SiO_2$ более 5-7. При низком значении M_{si} (высоком содержании SiO_2) руды перерабатываются по более дорогостоящей технологии методом спекания.

При добыче урана методом подземного выщелачивания используют в качестве растворителя кислоты (H_2SO_4). Чем больше карбонатность среды, тем значительней расход кислоты, сильнее проявляется явление кальматации, тем меньше извлечение урана

в продуктивные растворы. Поэтому при существенной карбонатности пород (более 2,0-2,5 % CO_2) извлечение урана с помощью кислоты неэффективно. Нужно переходить на другие схемы.

При характеристике технологических свойств минерального сырья необходим учет *текстурных особенностей руд*. Эти особенности обусловлены размером, формой и характером срастаний минеральных агрегатов. По признаку влияния текстур на процессы переработки минерального сырья их можно подразделить на благоприятные и неблагоприятные. *Благоприятные текстуры* характеризуются крупными размерами скоплений, однородным строением, простыми границами между агрегатами. Для таких руд наиболее эффективны процессы рудоподготовки. Обогащение не вызывает больших затруднений и позволяет получать высококачественные концентраты. *Неблагоприятные для обогащения текстуры* имеют небольшие размеры минеральных скоплений, неоднородное строение агрегатов, сложные и постепенно изменяющиеся границы между ними. Подобные руды требуют сложных, многостадийных процессов рудоподготовки и обогащения.

При изучении технологических свойств полезного ископаемого возможно выделение природных и технологических типов руд. В результате специальных исследований анализируется пространственное распределение этих типов, их геометризация в рамках *геолого-технологического картирования.*

Горно-геологические условия эксплуатации определяют возможность и экономическую целесообразность отработки месторождения с учетом современного состояния горной техники. Каждый выбранный способ разработки месторождения предъявляет свои требования к условиям залегания полезного ископаемого, крепости и устойчивости пород и руд, гидрогеологическим и инженерно-геологическим условиям месторождения.

Среди *способов разработки* месторождений выделяют геотехнологии (Ясковский, 2001): физико-техническая открытая, физико-техническая подземная, физико-химическая скважинная, комбинированная. В процессе эксплуатационных работ из-за неоднородности горно-геологической среды (извилистость границ рудного поля, прерывистости внутреннего строения, изменчивости свойств вмещающих пород) возникают эффекты разубоживания и потерь.

Разубоживание связано с примешиванием пустых пород к извлекаемой рудной массе. В результате засорения среднее содержание в добываемой рудной массе становится ниже, чем содержание в балансовых запасах. Отмеченный процесс характеризуется коэффициентом разубоживания: $Р = (С_н-С_д) / С_н \cdot 100$ %, где $С_н$ – содержание полезного компонента в балансовых рудах, $С_д$ – содержание в добытой рудной массе.

Потери возникают в процессе разработки месторождения потому, что извлечь полезное ископаемое удается не полностью. Часть запасов остается за контуром отработки. Величина потерь оценивается коэффициентом разубоживания: $П = (З_т-З_д) / 100$ %, где $З_т$ – запасы теряемые, $З_д$ – запасы добытые.

Каждый способ разработки имеет достоинства и недостатки. По данным П. П. Ясковского к ним относятся:

- открытая геотехнология – высокая производительность, но небольшие глубины отработки и существенный экономический ущерб;
- подземная геотехнология – отработка на больших глубинах, но значительные потери полезного ископаемого в недрах и тяжелые условия труда;
- скважинная геотехнология – возможность извлечения полезных компонентов в сложных горно-геологических условиях, но необходимы особые предпосылки для создания подвижных флюидов.

Достоинства и недостатки разных способов разработки тесно связаны с определенными горнотехническими условиями. К ним относятся:

а) *Глубина залегания* – один из важнейших горнотехнических показателей, определяющих способ добычи.

При малой глубине залегания применяется открытый способ добычи. Он позволяет развить большую производительность, обеспечить высокую эффективность, низкую себестоимость и более безопасные условия ведения горных работ. Экономическая эффективность добычи определяется коэффициентом вскрыши – отношением объемов (или масс) вскрыши и полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши и, соответственно, предельная глубина открытой разработки находится технико-экономическими расчетами. Максимально допустимый коэффициент вскрыши зависит от ценности полезного ископаемого и ориентировочно составляет: для строительных материалов 3 $м^3/м^3$, для углей 6 $м^3/м^3$, для черных металлов 10 $м^3/м^3$, для цветных металлов до 40 $м^3/м^3$. Глубина карьеров открытой добычи не превышает 500 м, но есть проекты глубиной до 700-800 м.

При глубоком залегании полезного ископаемого применяется подземный (шахтный) способ добычи. Он менее производительный и более дорогой по сравнению с открытым способом. Глубина работ колеблется от десятков метров до первых километров. К глубоким относятся шахты, отрабатывающие рудные тела на отметках от 600 (700) до 1000 (1200) м, к весьма глубоким – с глубиной от 1000 (1200) до 2500 м. С глубины 2500 м начинаются сверхглубокие шахты. Они достигнуты при эксплуатации золоторудных месторождений: Морроу-Велью (Бразилия, более 2500 м), Колар (Индия, более 3300 м), Витватерсранд (ЮАР, около 4000 м).

При проходке подземных горных выработок с глубиной увеличивается горное давление (в среднем 2,5 МПа на 100 м) и температура (в среднем 3 ^{0}С на 100 м). При подземной геотехнологии горное давление может проявляться в виде сдвижения, пучения. стреляния пород вплоть до горных ударов. С целью предотвращения горных ударов применяются специальные технологии выемки массива горных пород.

Условия залегания во многом определяют систему разработки месторождений (в первую очередь, подземной). По значению угла падения различают залегания горизонтальные и весьма пологие (0-5^0), пологие (5-25^0), наклонные (25-45^0), весьма крутые (60-90^0). Имеет значение и выдержанность угла падения в пределах блоков добычи руды. Если угол падения устойчивый, то независимо от его значения (0-90^0) залежь считается выдержанной.

Высокая степень тектонической нарушенности усложняет ведение горных работ. Наибольшие неприятности доставляют малоамплитудные разрывные нарушения, которые

не удается надежно выявлять в процессе разведки. Они приводят к повышению потерь и разубоживания руды при добыче, служат причиной неустойчивости и обрушения кровли, прорывов воды и т. д.

Более надежно при разведке выявляются крупные разрывные нарушения с амплитудой в десятки-сотни метров. Они служат естественными границами шахтных полей, участков, блоков добычи.

Мощность залежей является параметром, определяющим технологию добычи. В горном деле выделяются пять классов залежей: 1) тонкие 1,0-1,5 м; 2) средние от 1,0-1,5 до 3-4 м; 3) мощные от 3-4 до 8-10 м; 4) весьма мощные 10-50 м; 5) сверхмощные более 50 м. При изменении класса мощности возможно изменение системы разработки. Поэтому при разведке необходимо выделение геологически однородных блоков (ГОБов), которые заслуживают применения единой технологии добычи. ГОБы при этом приобретают статус технологически однородных блоков (ТОБов).

Кондиционным требованием, предъявляемым к залежам полезных ископаемых, является минимальная промышленная мощность. Она представляет собой минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой его разработка экономически выгодна. Выше этого значения мощность считается рабочей (или кондиционной), ниже – нерабочей (некондиционной). Так как мощность залежей меняется в пространстве, то внутри них могут появляться некондиционные участки или блоки, создавая прерывистость оруденения.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия играют существенную роль при проектировании и ведении горных работ (Поротов, 2004).

Физические свойства (скальные или слабосвязанные грунты), трещиноватость, расслоенность, наличие зон дробления, проявленная анизотропия свойств определяют устойчивость горных пород и руд при добыче сырья, а также размеры эксплуатационных блоков, значение углов откоса бортов карьера и т. д.

Обводненность месторождения определяется насыщенностью горных пород и руд подземными водами и зависит от совокупности факторов. К гидрогеологическим факторам относятся: количество водоносных горизонтов, условия их питания, фильтрационные свойства пород, оценка возможного водопритока в эксплуатационные выработки, состав и агрессивность подземных вод.

Инженерно-геологические факторы включают: проницаемость, набухаемость, размокаемость, коэффициент размягчения и др.

На месторождениях, где развиты карстовые процессы, существенную роль играют глубина и интенсивность развития карста. Выявляются зоны обводнения и поглощения воды, рассматривается возможность обрушения горных пород в зоны карста.

По результатам выполненных исследований должен быть сделан прогноз *экологических последствий* ведения горных работ, решен вопрос о необходимости и объеме природоохранных мероприятий.

Необходимо учитывать, что при ведении горных работ значительную площадь занимают отвалы или отходы горного предприятия. При необходимости следует предусматривать комплекс работ по укреплению отвалов, их рекультивации, очистке рудничных вод от вредных примесей и создании водохранилищ для их накопления.

Должны быть оценены последствия осушения окружающей территории вследствие понижения уровня подземных вод.

ФОРМЫ РУДНЫХ ТЕЛ

Форма рудных тел является одним из ведущих факторов, определяющих методику проектируемых разведочных работ.

По своей сути, форма рудных тел определяется соотношением трех параметров: длины по простиранию, длины по падению и мощности.

Обозначим длину по простиранию Дпр, длину по падению Дпад, мощность М. Тогда формы рудных тел при всем своем многообразии могут быть сведены к трем основным группам (рис. 6).

1. *Изометричные*, Дпр ≈ Дпад ≈ М. В эту группу относятся штоки и гнезда.

Штоки – рудные тела средних и мелких размеров, по форме близкие к цилиндру: изометричные или эллипсовидные в плане и столбообразные в разрезе.

Гнезда – небольшие изометричные тела, характерные для камнесамоцветного сырья, редких и благородных металлов.

2. *Плоские*, Дпр ≈ Дпад >> М. К плоским, или плитообразным телам относятся, в первую очередь, пласты и жилы.

Пласты – это согласные плитообразные тела. Залегают согласно, то есть параллельно вмещающим породам. Пласт соответствует осадочному слою. Выделяются также *пластообразные залежи,* которые отличаются от пластов меньшими размерами, а также меньшей выдержанностью.

Жилы – секущие плитообразные тела. Их границы пересекают контакты вмещающих пород. Жилы, как и магматические дайки, –тела выполнения трещин. Жилы могут быть простыми, а также сложными, ветвящимися и т. п.

3. *Линейные*, Дпр >> Дпад ≈ М или Дпад >> Дпр ≈ М. Эта группа объединяет рудные тела, вытянутые в одном направлении. Если преобладающим размером является длина по простиранию, образуются *рудные ленты*, типичные для речных (аллювиальных) россыпей. Если наибольший размер отвечает длине по падению, то рудные тела имеют столбообразную или трубообразную форму. *Рудные столбы и трубы* приурочены обычно к пересечениям разломов или к вулканическим жерлам.

Широким распространением для обозначения формы рудных тел пользуются в геологии термины «штокверк» и «линза».

Штокверк представляет собой минерализованный объем горных пород. Обычно это массивы магматических пород или их части, насыщенные многочисленными разноориентированными прожилками и вкрапленностью рудных минералов. Такие рудные тела не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования. Обычно штокверки имеют форму, близкую к изометричной. Однако нередко минерализованные зоны штокверкового типа, приуроченные к разрывным нарушениям (*линейный штокверк*; тогда их форма будет плоской или линейной.

Термин «*линза*» также не имеет однозначного морфологического содержания. Короткую и толстую линзу можно отождествить с гнездом. Плоские линзы соответствуют плоским рудным телам: согласным, если линза расположена параллельно контактам

вмещающих пород, и секущим, если линза залегает косо. Наконец, линзы могут вытягиваться в одном направлении, образуя линейные рудные тела.

Кроме того, нередко встречаются рудные тела сложной, или комбинированной формы. Обычно они представляют собой сочетания или комбинации тел, принадлежащих к разным группам. Наиболее распространены крестообразные, грибообразные, седловидные и пр.

ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО СЛОЖНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВЕДКИ

Установление принадлежности изучаемого месторождения к конкретному промышленному типу способствует выбору системы его разведки. Уже на стадии оценочных работ эта задача должна решаться. В то же время месторождения одного и того же промышленного типа нередко характеризуются разными размерами, формой рудных тел, разной сложностью внутреннего строения (минеральным составом, текстурно-структурными особенностями, типами и сортами руд, содержанием полезных и вредных компонентов). Для обоснования системы разведки, технических средств и методических приемов большое значение приобретает *группировка месторождений* по сложности геологического строения для целей разведки, учитывающая накопленный опыт их разведки и разработки (Комплексная …, 1990).

Впервые на необходимость группировки месторождений полезных ископаемых по сложности строения в зависимости от вычисленных значений коэффициентов вариации мощности и содержания полезных компонентов указано в работах В. М. Крейтера, Д. А. Зенкова, Н. В. Барышева, В. И. Красникова и др. В обобщенном виде группировка была предложена В. М. Крейтером в 1940 г. Все месторождения, исходя из учета формы и размеров рудных тел, разделены на пять групп (Крейтер, 1961): 1) пластовые и пластообразные тела, занимающие стратиграфический горизонт (или к нему приуроченные), и россыпи; 2) очень крупные залежи, неправильные тела и минерализованные массивы штокверкового и гнездового распределения, залегающие в разных крепких породах; 3) жило- и линзообразные тела в разных породах; 4) трубчатые и ветвящиеся залежи небольшого масштаба; 5) мелкие гнезда, штокверки, линзы, карманы и трубки в разных породах.

Разработанные В. М. Крейтером принципы группировки месторождений по факторам, определяющим методику их разведки, были положены в основу большинства последующих группировок и учитывались во всех поколениях инструкций ГКЗ СССР по применению классификации запасов. Они нашли отражение и в последнем опубликованном варианте группировок месторождений различных полезных ископаемых для целей разведки (Методические рекомендации…, 2007).

Многими авторами отмечалось, что принятые группировки базируются на качественных признаках, исходя из опыта разведки и разработки объектов. Например, геологическое строение простое, сложное, очень сложное; распределение полезных компонентов равномерное, неравномерное, крайне неравномерное. Поэтому установление группы сложности месторождения, основанное только на качественных критериях, во многих случаях оказывается спорным.

Группировку месторождений (или отдельных тел) полезных ископаемых по сложности геологического строения, основывающуюся на исследовании изменчивости их основных свойств, предложили В. И. Бирюков и М. Н. Денисов (1985). При этом рекомендуется использовать количественные показатели (табл.). Подобный подход отражен в последних вариантах группировки месторождений, предлагаемых ГКЗ в подготовленных Методических рекомендациях (2007). Так, при группировке месторождений железных руд рекомендуется использовать количественные характеристики основных свойств оруденения (табл.). Однако следует отметить, что значения таблиц характеризуют наибольшую степень разведанности месторождения или их частей перед началом эксплуатации. С уменьшением детальности изучения числовые значения признаков могут изменяться: q уменьшается с уменьшением числа наблюдений на прерывистых объектах; K_ρ и V меняются непредсказуемо: то в сторону увеличения, то в сторону уменьшения. В этом проявляется слабость классификационных числовых признаков. Совершенствование подобных группировок должно основываться на учете особенностей отдельных видов минерального сырья; внедрении геофизических методов исследований, учитывающих контрастность физических свойств рудных тел и вмещающих пород (Шевелев, 2004). Помимо этого, разрабатываемые группировки месторождений должны способствовать рациональному проведению всего геологоразведочного процесса – от проектирования работ до их завершения. Первый тип группировок – морфологический, его следует использовать при проектировании и производстве ранних стадий разведочного процесса. Второй тип, содержащийся в Методических рекомендациях ГКЗ, позволяет относить объект к определенной группе и определять необходимое соотношение разных категорий подсчитываемых запасов с учетом критерия предпринимательского риска.

На практике используется группировка месторождений по сложности геологического строения, предусмотренная Классификацией запасов…(2007). Согласно этому документу необходимая и достаточная степень разведанности запасов твердых полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождений. По данному признаку месторождения подразделяются на следующие группы.

1-я группа. Месторождения (участки недр) простого геологического строения с крупными и весьма крупными, реже средними по размерам телами полезных ископаемых с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием. Характеризуются устойчивой мощностью и внутренним строением, выдержанным качеством полезного ископаемого, равномерным распределением основных ценных компонентов. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий A, B, C_1 и C_2. Примеры месторождений: Джезказганское и Коунрадское меднорудные; Талнахское медно-никелевое; Никопольское и Чиатурское марганцевых руд; Лисаковское и Аятское железорудные и др.

2-я группа. Месторождения (участки недр) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам телами с нарушенным залеганием, неустойчивыми мощностью и внутренним строением, либо невыдержанным качеством полезного ископаемого и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Ко 2-ой группе также относятся месторождения углей, ископаемых солей и других полезных

ископаемых простого геологического строения, но со сложными горно-геологическими условиями разработки. В процессе разведки возможно выделение запасов категорий *B*, C_1 и C_2. Примеры месторождений: Гайское, Сибайское, Учалинское меднорудные; Кальинское и Черемуховское бокситов; Гусевогорское и Качканарское титано-магнетитовых руд и др.

3-я группа. Месторождения (участки недр) очень сложного строения со средними и мелкими по размерам телами полезного ископаемого с интенсивно нарушенным залеганием, изменчивыми мощностью и внутренним строением, невыдержанным качеством и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются по категориям C_1 и C_2. Примеры месторождений: Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское медных руд; Мугайское, Аятское бокситов; Садовское, Рубцовское свинцово-цинковых руд; Удерейское сурьмяное; большинство золоторудных месторождений.

4-я группа. Месторождения (участки недр) с мелкими, средними по размерам телами с чрезвычайно нарушенным залеганием и резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, крайне неравномерным качеством полезного ископаемого, прерывистым гнездовым распределением основных ценных компонентов. Запасы разведуются преимущественно по категории C_2. Примеры: месторождения пьезооптического кварца, оптического кальцита; камнесамоцветного сырья; Ховуаксинское кобальтовое; Актайское ртутное; Шахтаминское молибденовых руд, Чорух-Дайронское вольфрамовых руд и др.

Согласно утвержденной Классификации (2007) регламентированное соотношение запасов разных категорий на разведанных месторождениях полезных ископаемых в настоящее время не требуется: это соотношение определяет владелец лицензий самостоятельно с учетом планируемого предпринимательского риска.

По степени изученности месторождения подразделяются на разведанные и оцененные.

К разведанным относятся месторождения (участки недр), запасы которых, качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования их вовлечения в промышленное освоение в установленном порядке. Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;
- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов (имеющих промышленное значение) и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;
- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (породы вскрыши, подземные воды, отнесенные на основании кондиций к балансовым), изучены и оценены в

степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;
- гидрогеологические и инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждены на представительных для месторождения участках детализации;
- подсчетные параметры кондиций установлены на основании ТЭР, позволяющих определить масштаб и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;
- рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду; даны рекомендации по снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

К оцененным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены в степени, позволяющей обосновать целесообразность дальнейшей разведки и разработки. По степени изученности они должны удовлетворять следующим требованиям:
- обеспечивается возможность квалификации всех или большей части запасов по категории C_2;
- вещественный состав и технологические свойства полезного ископаемого оценены с полнотой, необходимой для выбора принципиальной технологической схемы переработки, обеспечивающей рациональное и комплексное использование полезного ископаемого;
- гидрогеологические, инженерно-геологические и другие природные условия изучены с полнотой, позволяющей предварительно охарактеризовать их основные показатели;
- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого подтверждена на участках детализации; подсчетные параметры кондиций установлены на основании укрупненных ТЭР или приняты по аналогии с месторождениями, находящимися в сходных горно-геологических условиях;
- оценено возможное влияние отработки месторождения на окружающую среду.

НЕОДНОРОДНОСТЬ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ НЕДР, ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И СПОСОБЫ ЕЁ ИЗУЧЕНИЯ

Исследование неоднородности скоплений полезных ископаемых

При изучении минерализованных участков недр как объектов разведки используется *концепция относительной элементарности.* В соответствие с этой концепцией объект исследования рассматривается в качестве сложной системы, состоящей из множества условно неделимых элементов и объединенных между собой совокупностью условно неделимых связей (Каждан, 1979). Выяснение взаимосвязи и

пространственных взаимоотношений элементов неоднородности системы обеспечивает понимание ее структуры.

В изучаемой системе каждый элемент представляет условно неделимую структурную единицу. Однако абсолютно неделимых структурных элементов в действительности нет. Концепция относительной элементарности приводит к представлению о строении материального мира, в том числе, геологических объектов, как об иерархии структурных уровней материи с наличием множества дискретных, условно неделимых структурных единиц в пределах каждого из них.

При детализации наблюдений выявляется неоднородность ранее выделенных условно неделимых структурных элементов и появляется возможность расчленения их на более мелкие единицы. Они характеризуют неоднородность изучаемого объекта уже на более детальном структурном уровне.

При решении геологоразведочных проблем задача сводится к изучению неоднородности природных скоплений полезных ископаемых, их структуры и анизотропии строения как основы для выяснения *изменчивости важнейших свойств полезного ископаемого в недрах*. Познание изменчивости геологических, технологических и горнотехнических свойств определяет обоснование методики разведочных работ, влияет на их последовательность, геолого-экономическую оценку месторождений, эффективность технологии разработки и переработки минерального сырья.

А. Б. Каждан (1974) предлагает при изучении рудоносных территорий выделять шесть последовательных структурных уровней строения минерализованных недр:
- минерализованной зоны (толщи);
- тела полезного ископаемого;
- морфологически обособленного участка тела полезного ископаемого;
- локального обособления участка тела полезного ископаемого (рудного гнезда);
- минерального агрегата;
- минерального зерна или кристалла полезного минерала.

На рис. 7 показана модель одного из флюоритовых месторождений, где отражены разные природно-структурные уровни проявленной минерализации (Каждан, 1977).

Позднее при рассмотрении вопроса о *системном подходе к изучению недр* А. Б. Каждан (1984) предложил задействовать в практике прогнозно-металлогенических исследований развернутую иерархию структурных уровней минерализованных участков недр, включающую большее количество структурно-однородных единиц (от региональных к локальным). Эта систематика призвана обеспечить возможность создания геологических моделей развития рудообразующих процессов при любых масштабах исследования территорий. Выделены следующие уровни строения:
- металлогеническая провинция;
- металлогеническая область;
- рудный район;
- рудный узел;
- рудное поле;
- месторождение полезного ископаемого;
- продуктивная (минерализованная) зона (толща) полезного ископаемого;

- продуктивная залежь (тело) полезного ископаемого;
- морфологически обособленный участок (блок) залежи полезного ископаемого;
- локальное скопление полезного ископаемого (объем селекции или добычи);
- минеральный агрегат, состоящий из зерен полезного минерала;
- зерно, кристалл или обломок полезного минерала.

Отмечено, что количество выделяемых в процессе разведки последовательных уровней может быть изменено в зависимости от целей и задач исследований и от совокупности изучаемых свойств полезного ископаемого.

При обосновании шага опробования, размеров отбираемых проб и расстояний между пунктами наблюдений определяющее значение приобретает исследование соотношений линейных элементов неоднородности (Каждан, 1977; Четвериков, 1984; Шевелев, 2004). Смысл этого утверждения заключается в том, что строение одного и того же природного скопления полезного ископаемого может быть оценено как *однородное* при достаточно больших размерах проб и как *неоднородное* при размерах проб, уменьшенных до определенного предела (рис. 8). При изучении штокверка «длинными» пробами строение штокверка представляется как однородное. Если же уменьшить длину пробы, то строение штокверка следует признать неоднородным.

Учитывая соотношение размеров элементов неоднородности и линейных размеров проб предлагается выделять *три типа неоднородности:*
- неоднородность высшего порядка – линейные размеры элементов неоднородности во много раз меньше линейных размеров проб, а общее их число в каждой пробе очень велико;
- эффективную неоднородность – линейные размеры элементов неоднородности примерно на порядок меньше линейных размеров проб, а их число в объеме пробы сравнительно невелико (последние десятки – первые сотни);
- неоднородность низкого порядка – линейные размеры элементов неоднородности превосходят размеры проб.

Изменчивость свойств полезных ископаемых

Неоднородность природных скоплений полезных ископаемых проявляется в *изменчивости их свойств.* Под изменчивостью понимается непостоянство значений признаков в разных точках пространства. На основе количественных характеристик изменчивости свойств полезных ископаемых решаются основные методические вопросы поисков, разведки, опробования и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых (Каждан, 1977, 1984). Если бы изменчивость себя не проявляла, то одно единственное наблюдение в любой точке (например, разведочное пересечение) давало бы полное и точное представление обо всем изученном объекте.

При дискретной сети наблюдений геологическая неоднородность низшего порядка проявляется как случайная, так и как неслучайная пространственная изменчивость изучаемого свойства, но чаще всего – как сумма обеих составляющих изменчивости.

Для *случайной изменчивости* характерна независимость друг от друга значений признака, наблюдаемого в разных точках залежи (в том числе и смежных). Они не зависят от расстояния между пунктами наблюдений и имеют по всем направлениям характер

случайных беспорядочных колебаний (рис. 9 б). Случайная изменчивость может быть количественно охарактеризована методами вариационной статистики случайных величин.

Под неслучайной изменчивостью (закономерной) понимают характеристику закономерностей пространственного размещения изучаемого свойства в некотором объеме недр. Определяющим свойством неслучайной изменчивости является наличие плавных колебаний значений признаки и постоянство знака приращения на протяжении изучаемого отрезка недр. Поскольку закономерная изменчивость связана с пространственным положением пунктов наблюдения, то её называют *координированной* (рис. 9а).

В реальных условиях всегда наблюдается сочетание случайной и закономерной изменчивости в разных пропорциях. В зависимости от их сочетаний предложено выделять три градации изменчивости (Поротов, 2004): простая – преобладает закономерная изменчивость на фоне случайных колебаний; сложная – закономерная и случайная изменчивость присутствуют приблизительно в равных отношениях; весьма сложная – преобладает случайная изменчивость, а закономерная составляющая проявлена лишь в виде тенденции. Составляющая случайной изменчивости оказывает непосредственное влияние на статистическую оценку средних характеристик изучаемого свойства, определяя число наблюдений, необходимое для достижения желаемой достоверности средних оценок. Однако в практике разведки в первую очередь геологов интересует пространственная изменчивость важнейших свойств, которая может быть выражена только ее неслучайной составляющей. Неслучайная изменчивость позволяет оценить характер *анизотропии свойств* полезного ископаемого и выдержанность его строения по разным направлениям в пространстве. Направление, по которому устанавливается максимальная или минимальная скорость изменения изучаемых свойств, носит название *оси анизотропии.*

Анизотропия проявляется в результате упорядоченности пространственного размещения геолого-структурных элементов – зерен, минералов, минеральных агрегатов, располагающихся по слоистости, сланцеватости, зон трещиноватости и т. д. Характеристика анизотропии служит основой для ориентировки сети наблюдений и выбора расстояний между смежными точками по каждому из наблюдаемых направлений.

Мерой анизотропии I служит отношение среднего числа n элементов неоднородности, пересекаемых линиями, проведенными в заданном направлении, к длинам этих линий l в пределах изучаемого объема полезного ископаемого: $I = n / l$ (Каждан, 1984). Наиболее широко распространены скопления полезных ископаемых, имеющих три взаимно ортогональных направления анизотропии: жилы, россыпи, многие пластовые и пластообразные тела и залежи. В них направление максимальной изменчивости свойств совпадает с направлением мощности, а направление минимальной изменчивости – с их вытянутостью. Промежуточное по значению направление изменчивости совпадает с шириной залежей.

Реже встречаются трубообразные и изометричные линзообразные скопления полезных ископаемых, имеющих два направления анизотропии. В них выделяется круговое сечение, перпендикулярное к длинной или к короткой оси. В плоскости

кругового сечения изучаемые свойства близки к изотропным. Второе направление анизотропии совпадает с направлением оси.

Примерами изотропных скоплений полезных ископаемых являются изометрические штокверки цветных и редких металлов.

Таким образом, анизотропия и неоднородность строения природных объектов тесно взаимосвязаны и представляют собой разные формы проявления структуры изучаемых геологических образований. В то же время анизотропия любого порядка может быть выявлена в том случае, если совокупность элементов, создающих анизотропию, укладывается в размеры пробы. Большое значение имеет также учет пространственного расположения пунктов наблюдений. Чем выше природная неоднородность строения и изменчивость полезных ископаемых, тем более локальной должна быть система наблюдений при их разведке и более значительными размеры или объем отбираемых проб.

Природная изменчивость свойств полезных ископаемых представляет явление сложного и многопланового характера. Задача полного количественного описания ее практически не выполнима. Поэтому следует отличать понятие *природной изменчивости* свойств полезных ископаемых от понятия их *наблюдаемой изменчивости* по результатам геологоразведочных работ (Каждан, 1984).

Завершая обзор подходов к изучению изменчивости, приведем высказывание (Шевелев, 2004): «Как бы детально и технически качественно не производилась разведка, создаваемая на ее основе эмпирическая модель разведуемых объектов недр, является приближенным отражением действительности. Если методика разведки выбрана несоответствующей особенностям разведуемого объекта, то никакими формальными приемами и способами последующего анализа и обработки (включая применение математики и ЭВМ) нельзя исправить или уменьшить возникающие ошибки».

Способы изучения изменчивости

Способы анализа выявленной изменчивости разнообразны. Их условно можно объединить в две группы – геологические и математические. В основе каждой группы лежит выбранный тип моделей, используемых для отображения изменчивости параметров объекта.

Геологические способы.

Для отражения геологических представлений изучаемых объектов и наблюдаемых признаков используют разные виды графических (геометрических) моделей (Каждан, 1974, 1984; Поротов, 2004). Эти модели являются плоскостными графическими материалами или объемно-макетными (скульптурного, рельефного, скелетного и др. типов). Примерами плоскостных моделей являются планы в изолиниях (мощности, содержаний, метропроцентов и др.), гипсометрические и погоризонтальные планы, разного вида графики по направлениям, проекции рудных скоплений на вертикальные или горизонтальные плоскости и т. д. На графических материалах отображаются степень, характер и структура изменчивости параметров месторождения или их совокупность по определенным сочетаниям, площадям. Надежная геологическая обоснованность и наглядность моделей делают их незаменимыми при изучении и прогнозировании изменчивости геологических объектов. Они остаются ведущим способом обоснования

системы разведки месторождений. Одной из разновидностей графических моделей являются блок-диаграммы, обеспечивающие наглядное пространственное представление о геологическом строении рудных полей, месторождений, участков (рис. 10).

Геологическое моделирование представляет сложную творческую задачу, допускающую порой несколько разных решений (Поротов, 2004). Причины этого – сложность геологических процессов, которые чаще всего остаются не познанными; дискретность сети наблюдений. Изученные объемы руд и горных пород малы по сравнению с объектами, на которые распространяются результаты наблюдений. Поэтому неизбежно возникают проблемы разработки более достоверных геологических моделей.

Графические модели обеспечивают лишь качественную оценку условий залегания, формы, строения природных скоплений полезных ископаемых и отражают упрощенное представление о характере и пространственной изменчивости свойств. Поэтому математическое обоснование геологических моделей, математический анализ изменчивости геолого-промышленных параметров выбранной модели становится необходимым. Приступить к математическому моделированию можно только создав удовлетворительную геологическую модель объекта. Геологическая модель должна отражать разделение объекта на блоки с разными типами изменчивости, тектонические смещения рудных тел, первичную и вторичную зональность и иные особенности. Игнорирование этих признаков объекта делает последующую математическую оценку изменчивости не корректной.

Математические способы

Математические методы, применяемые для изучения и прогноза изменчивости параметров геологических объектов, многочисленны и разнообразны. Задачей настоящего обзора является: дать общее представление об основных направлениях математического моделирования в рамках рассматриваемой проблемы; кратко охарактеризовать наиболее распространенные математические способы изучения изменчивости; указать области их применения и практическую значимость получаемых результатов (Поротов, 2004).

Вопросы математического моделирования широко освещены в многочисленных научных публикациях и учебной литературе. Эта информация отражена в учебниках и учебных пособиях (Каждан, 1974, 1984, 1990; Погребицкий и др., 1977; Поротов, 2004; Волков, 2006 др.). Более подробно проблемы изучения изменчивости параметров месторождений рассматриваются в специальных дисциплинах: «Математические методы моделирования в геологии», «Геометризация и анализ геологических полей», «Основы компьютерных технологий решения геологических задач».

Считается, что геологические объекты относятся к «плохо организованным природным системам». Они не поддаются точному количественному описанию и, как правило, взаимосвязь между их параметрами не может быть выражена строгими законами. Приходится создавать модель, дающую лишь приближенное представление о строении объекта и протекавших в объеме залежей рудообразующих процессах. Чем более точные представления будут получены исследователями об изучаемом объекте, тем объективнее будет подобрана соответствующая его особенностям цифровая модель, более надежные и представительные результаты получены при анализе материалов.

На базе геологических моделей созданы разные математические модели. Кратко охарактеризуем лишь некоторых из них:

- статистическая модель;
- геостатистическая модель;
- модели на основе случайной функции;
- разностные модели;
- геометро-статистическая модель.

Статистические модели. Их использование целесообразно, если в наблюдаемой изменчивости признака практически отсутствует закономерная составляющая и, следовательно, геометризация признака в изучаемом объеме недр практически невозможна.

Применение одномерной статистической модели основано на предположении о независимости значений изучаемого признака. В общем случае можно лишь считать, что чем выше степень изменчивости признака, тем полученные результаты ближе к статистической совокупности. Опыт показывает, что формулы математической статистики дают достаточно достоверные результаты при изучении изменчивости месторождений золота, платины, алмазов, редких и отчасти цветных металлов, мусковита и др., но оказываются ненадежными при оценке изменчивости залежей многих осадочных полезных ископаемых.

В практике разведочных работ одномерные статистические модели используются, главным образом, для численной оценки степени изменчивости геолого-промышленных параметров тел полезных ископаемых и месторождений, а также оценки точности полученных результатов. Важнейшими характеристиками таких моделей являются среднее значение изучаемого параметра $x_{ср}$, дисперсия s^2, среднеквадратичное отклонение s и коэффициент вариации V.

Поскольку у реальных геологических объектов обычно проявлено сочетание случайной и закономерной составляющих изменчивости, статистические модели, считающие все изменения случайными, показывают завышенную оценку. Во избежание этого необходимо выделять и исключать закономерную составляющую и рассчитывать коэффициент вариации только по данным выделенной случайной составляющей изменчивости.

При разведке месторождений выборки чаще всего характеризуются небольшими объемами. Поэтому оценку среднего значения оцениваемого параметра можно рассматривать как случайную величину, не соответствующую математическому ожиданию. Последнее и представляет собой истинное среднее значение этого параметра для генеральной совокупности – геологического объекта в целом. Поэтому одной из решаемых задач является выбор лучшего способа вычисления этой оценки и определение степени ее точности.

Статистические оценки могут быть точечными (выражены определенным числом) и интервальными (указывается интервал значений, в пределах которого находится истинное значение величины при заданной вероятности этого события) (Каждан, 1984).

При сравнении изменчивости параметров разной размерности наряду с абсолютной используют относительную величину (коэффициент вариации), обычно выражаемую в процентах:

$$V = (\frac{\sigma}{x_{\text{ср}}}) \cdot 100$$

Использование коэффициента вариации при оценке изменчивости имеет смысл в тех случаях, когда необходимо рассчитать средние значения геолого-промышленных параметров и погрешности их определения. Поэтому статистическая модель обычно применяется для изучения изменчивости содержания компонентов в рудах и мощностей тел полезных ископаемых, но она не эффективна при анализе условий залегания этих тел, их внутреннего строения и изменчивости качества нерудных полезных ископаемых (известняк, доломит, гипс и др.).

Геостатистическая модель. Предложена Ж. Матероном (Матерон, 1968) в шестидесятых годах прошлого столетия. Основана на предположении, что результаты наблюдений зависят от расположения пунктов наблюдений. При смещении начального пункта наблюдений результаты измерений меняются. По этой причине их рассматривают как случайные величины. При этом средний квадрат разности измеренных значений зависит только от расстояния между пунктами наблюдений.

Основной инструмент геостатистики – вариограмма – используется для анализа и описания пространственной корреляционной структуры между произвольно размещенными реальными данными наблюдений. Вариограмма измеряет степень корреляционной связи между пробами в пространстве. Она обычно характеризуется 3-мя главными параметрами (рис. 11).

- *Эффект самородка* – это случайная составляющая дисперсии проб, которая показывает насколько велико различие содержаний в очень близко расположенных образцах. Величина эффекта самородка зависит от сети опробования месторождения и степени ее изменчивости. Название этого параметра введено при оценке месторождений золота, где часто встречаются непредсказуемые «ураганные» содержания металла.
- *Порог вариограммы* – это величина дисперсии проб. Когда вариограмма достигает порога, она часто выполаживается и больше не растет.
- *Зона влияния* – это максимальное расстояние, на котором между пробами еще существует корреляция. На меньших расстояниях (с определенной долей вероятности) можно предсказать содержание в точке массива по данным опробования, а на больших дистанциях – не имеем права. Вариограмма достигает порога на расстоянии, равном зоне влияния. На графике – это расстояние по оси абсцисс от начала координат до точки пересечения теоретической вариограммы с линий порога.

Вариограмма рассчитывается как сумма квадратов разности содержаний между пробами, отстоящими друг от друга на расстоянии h, отнесенная к удвоенному числу пар проб. Функция экспериментальной вариограммы имеет следующий вид:

$$\gamma(h) = \frac{\sum\left(C_i - C_{(i+h)}\right)^2}{2N},$$

где C_i – содержание элемента в точке i,

$C_{(i+h)}$ – содержание элемента в точке, отстоящей на расстояние h от «i» пробы.

Анализ вариограмм необходим для изучения пространственной неоднородности минерализации и расчета исходных параметров для оценки содержаний с помощью кригинга. Выполнение подобных исследований оправдано в тех случаях, когда предполагается наличие на месторождении жильных тел или рудных зон, прослеженных на значительные расстояния, а также если месторождение характеризуется рассеянной минерализацией с неопределенным типом анизотропии. В прикладном плане знание параметров пространственной изменчивости рудной минерализации дает возможность существенно сэкономить средства на разведочные работы, так как наличие вариограмм позволяет уверенно рассчитывать уровень содержаний между буровыми скважинами без дополнительного сгущения буровой сети, а также обосновывать оптимальную густоту разведочной сети. Выявленные закономерности распределения полезных компонентов в пространстве позволяют более надежно интерполировать значения содержаний, оценивать достоверность запасов.

Расстояние, на котором достигается порог (зона влияния), может меняться в зависимости от направления, вдоль которого оценивалась вариограмма. Например, в случае пластовой залежи изменчивость содержаний по простиранию пласта будет меньше, нежели вкрест простирания. Этот феномен называется геометрической (или дирекционной) анизотропией минерализации (Поротов, 2004). В случае если в разных направлениях вариограммы имеют разный порог, анизотропия называется зональной.

При моделировании вариограммы необходимо выбрать соответствующий тип модели. Существуют следующие основные типы вариограммы: линейная, общая линейная (линейные графики), сферическая, экспоненциальная, гауссова, с дырочным эффектом (криволинейные графики). Чаще всего используют сферическую или экспоненциальную модели (рис. 12).

Исследование пространственной изменчивости содержаний полезного компонента с помощью геостатистической модели проведено на одном из золоторудных месторождений Казахстана. Работа выполнена студентом-дипломником М. А. Дресвянниковым (2017). При обобщении материала за основу взята концепция, что традиционными рудоконтролирующими для золотого оруденения считаются структуры северо-восточного направления. Поэтому все первичные геохимические ореолы привязывались к ним, в том числе и ореолы золота.

Для анализа пространственного распределения золота с помощью программы LeapFrogGeo построены 3D модели, отражающие пространственное распределение содержаний золота. В результате на месторождении выделено 6 зон по преобладающему направлению простирания минерализованных зон (рис. 13).

По каждой выделенной зоне рассчитывались экспериментальные вариограммы. Для более наглядного представления построены поверхности вариограмм, представляющие собой розы-диаграммы, на которых в зависимости от направления и расстояния вынесены значения функции вариограммы (γ). На рис.14-16 интенсивность закраски отражает изменение значений дисперсии, приведенные к шкале; стрелками показаны направления минимальной изменчивости золота. В первой зоне (рис. 13) северо-восточное направление минимальной изменчивости соответствует вытянутости рудоносной зоны. Зона 2, находящаяся в центральной части месторождения, уже имеет

изотропное строение (рис. 15), которое может быть объяснено пересечением двух преобладающих на месторождении направлений распространения золоторудной минерализации (северо-западного и северо-восточного). В третьей зоне (рис. 16) направление изменчивости изменяется на противоположное, характерное для дисперсии первого участка. В целом, горизонтальные вариограммы подтверждают данные, полученные при моделировании рудной зоны. Зоны 1, 4 и 5 имеют минимальные значения дисперсии в северо-восточном направлении, зоны 3 и 6 – северо-западное, 2-ая зона – изотропна по значениям изменчивости.

Выявление в результате геостатистического моделирования «нового» структурного направления (северо-западного) (рис. 16) позволило запроектировать золотодобывающей компании в этой зоне продолжение геологоразведочных работ (в рамках доразведки северо-западного фланга месторождения).

Модели на основе случайных функций могут быть использованы для количественного описания изменчивости признака (пространственной переменной) в зависимости от местоположения пунктов наблюдений. В основе модели лежит гипотеза, что значение признака является случайной функцией координат.

$$\varphi(x) = m(x) + \delta(x).$$

Случайная функция состоит из двух частей: закономерной $m(x)$ и случайной $\delta(x)$ составляющих (рис. 17).

Закономерную часть называют математическим ожиданием случайной функции. Значения случайной функции, получаемые в результате эксперимента и заранее неизвестные, называются ее реализацией. Основными характеристиками случайной функции $j(x)$ являются ее математическое ожидание, дисперсия случайной составляющей, автоковариационная и автокорреляционная функции.

Математическое ожидание $m(x)$ представляет собой наиболее вероятное значение случайной функции в точках x. Дисперсия случайной составляющей D выражается формулой:

$$D = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\delta(x_i)$$

Автоковариационная функция $K(h)$ представляет собой среднее произведение соседних отклонений на расстоянии h:

$$K(h) = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}[\delta(x_i + h)\delta(x_i)]^2 ,$$

где n – количество наблюдений; m – количество пар соседних отклонений.

Автокорреляционная функция $r(h)$ представляет собой отношение автоковариационной функции к дисперсии:

$$r(h) = K(h)/D.$$

Сложность применения случайных функций состоит в том, что результаты геологических наблюдений представляют собой, как правило, лишь одну ее реализацию. Характеристики случайной функции можно найти либо тогда, когда она является стационарной и эргодичной, либо при введении дополнительных гипотез.

Стационарной называют случайную функцию, у которой характеристики не меняются при сдвиге сети наблюдений. Она имеет постоянные математическое ожидание и дисперсию, а корреляционная функция ее зависит лишь от расстояния h между соседними пунктами наблюдения, т. е. по существу является функцией одного аргумента. *Эргодичной* именуют стационарную случайную функцию, одна реализация которой на большом интервале эквивалентна большому числу реализаций на малом интервале.

Модель на основе стационарной случайной функции предполагает, что математическое ожидание – величина постоянная, т. е. закономерные изменения признака в пространстве отсутствуют. Тогда математическое ожидание (оценка математического ожидания) равно среднему значению признака: $m(x) = j_{ср}$, а случайные отклонения находят по формуле $d(x) = j(x) - j_{ср}$. Дисперсия, автоковариационная и автокорреляционная функции вычисляются по формулам, приведенным выше.

Из перечисленных характеристик наибольший интерес представляет *автокорреляционная функция* $r(h)$, которая показывает степень связи соседних значений признака в зависимости от шага наблюдений h. При $h = 0$ корреляционная функция $r = 1$; с увеличением шага наблюдений значение r убывает и стремится к нулю. Предельный шаг наблюдений, при котором коэффициент автокорреляции становится неотличимым от нуля, называется радиусом автокорреляции R. Он соответствует максимальному расстоянию, на котором еще обнаруживается взаимосвязь соседних наблюдений (рис. 18).

На практике автокорреляционная функция вычисляется по дискретным данным и изображается ломаной линией. За радиус автокорреляции обычно принимают тот шаг, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Автокорреляционная функция зависит от направлений изучения изменчивости параметров и поэтому дает представление об анизотропии залежей. Чем больше радиус автокорреляции в заданном направлении, тем медленнее меняется значение параметра и меньше его изменчивость. Если значение радиуса автокорреляции одинаково по всем направлениям, то геологический объект является изотропным.

Радиус автокорреляции характеризует средний размер области влияния одного наблюдения, что используется при обосновании плотности разведочной сети. Для надежного установления поведения параметра между пунктами наблюдений необходимо, чтобы расстояние между ними не превышало двух радиусов, т. е. области влияния соседних наблюдений перекрывались.

Отметим, что характеристики стационарной случайной функции отражают достоверную картину лишь при отсутствии периодичности в изменении признаков. Они должны быть согласованы с периодами, сопоставимыми с размерами изучаемого объекта. В противном случае (ритмичность разреза, периодичность появления рудных столбов или разрывных нарушений и т. д.) требуется выявление периодов и амплитуд периодической изменчивости и вычитание ее из реализации случайной функции, чтобы значения параметра привести к стационарному виду.

Различия между геостатистической моделью и моделями типа случайных функций заключается в том, что предметом изучения геостатистики служит исследование расхождений между оцениваемой величиной Q и ее оценкой q. Сама пространственная

переменная рассматривается как детерминированная функция, а вероятностный подход проявляется только при оценке расхождения ε=*Q* - *q*.

При использовании моделей типа случайных функций предметом исследования являются природные скопления полезных ископаемых и их свойства в недрах, а в качестве случайных величин рассматриваются не дисперсии оценок, а значения всех наблюдаемых свойств. В строении полезных ископаемых выявляются элементы их неоднородности, а характеристики изменчивости изучаемых свойств оцениваются не в заведомо заданных объемах недр, а на том структурном уровне, который выявляется принятой сетью наблюдений.

Разностные модели изменчивости основаны на изучении приращений значений признака между соседними точками наблюдения и имеют целью исключение влияния закономерной составляющей изменчивости для более правильной характеристики случайной изменчивости.

Модель со вторыми разностями впервые предложена Д. А. Казаковским (Казаковский, 1948) и нашла широкое практическое применение. Метод Д. А. Казаковского разработан для правильных квадратных сетей и позволяет оценивать изменчивость геолого-промышленных параметров, которые могут быть изображены в виде топографических поверхностей, главным образом для изучения изменчивости мощности тел полезных ископаемых. Сначала вычисляют первые разности значений признака по соседним точкам:

$$\Delta'_t = \varphi_{i+1} - \varphi_i$$

а затем находят вторые разности как приращения соседних первых разностей:

$$\Delta'_t = \Delta'_{i+1} - \Delta' = \varphi_{i+1} + \varphi_{i+2} \ .$$

Абсолютной мерой изменчивости является показатель сложности топографической поверхности μ_a, который представляет собой среднее значение абсолютной величины вторых разностей:

$$\mu_a = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} |\Delta_t^m| \ ,$$

где *k* – количество вторых разностей.

Относительная изменчивость признака оценивается с помощью показателя изменчивости *m*, который представляет собой выраженное в долях единицы отношение показателя сложности поверхности *m* к среднему значению изучаемого параметра $j_{ср}$.

Геометро-статистическая модель. Основоположником горно-геометрического моделирования является П. К. Соболевский. В основе созданной им модели лежит представление о функциональных связях наблюдаемых свойств с пространственными координатами. Позже его идеи нашли отражение в геометро-статистической модели, разработанной В. Ф. Мягковым (Мягков и др., 1986).

Частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля $U_i = f(x_i) + \delta_i$ (одномерный вариант), где *Ui* – значение переменной в *i*-той точке пространства

с координатами x_i; $f(x_i)$ – значение регулярной (или закономерной) составляющей; δ_i – значение случайной составляющей (рис. 19).

Регулярной (или закономерной) составляющей поля называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта. Например, закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

Случайной компонентной поля называется составляющая, обусловливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов. Например, флуктуация мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений.

Количественное описание наблюдаемой изменчивости поля заключается в разделении ее на две составляющие, определении амплитуды каждой из них и уровней изменчивости. Закономерная изменчивость определяется построением аппроксимирующей функции, получаемой аппроксимацией исходных значений параметра, а случайная изменчивость оценивается среднеквадратичным отклонением исходных наблюдений от графика аппроксимирующей функции.

Построение начальной аппроксимирующей поле функции на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, выведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам (Мягков, 1984):

$$U_j = 0{,}0625\,(U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4\,U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где U_j – значение регулярной составляющей поля, U_i – частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сближенных точек. При этом координаты x_j определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо U_i в формулу подставляются значения x_i), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) + \Delta x$, если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины ($j = i+2...$).

С помощью геометро-статистической модели можно выразить основные особенности пространственной изменчивости свойств геологических объектов, установить примерные числовые значения изучаемого свойства в любой точке исследуемого объекта, получить представление о его морфологии и внутреннем строении. В то же время геометро-статистические модели не обеспечивают объективную количественную оценку изменчивости изучаемых свойств. Если статистические методы не учитывают влияния плавных, закономерных изменений, то методы геометризации игнорируют влияние многочисленных случайных отклонений по отдельным пунктам наблюдений.

Контрольные вопросы к теме 2

1. Перечислите и кратко охарактеризуйте факторы, определяющие промышленную значимость месторождений.

2. Как делятся месторождения по масштабу, качеству полезных ископаемых?
3. На что влияют глубина и условия залегания тел полезных ископаемых?
4. Зачем необходимо изучать инженерно-геологические и гидрогеологические условия месторождений?
5. Как можно подразделить месторождения по форме залежей? Как влияет форма рудных тел на разведку и разработку месторождений?
6. Какие факторы положены в основу группировки месторождений для целей разведки?
7. Какие группы месторождений фигурируют в Методических указаниях ГКЗ? Как их учитывают при разведке?
8. Неоднородность строения минерализованных недр. Как она учитывается при разведке?
9. Изменчивость свойств полезных ископаемых, виды ее проявления.
10. Какие геологические способы изучения изменчивости известны?
11. Какие математические способы исследования изменчивости используют в последнее время при разведке месторождений?
12. Какие основные характеристики фигурируют при использовании геостатистической модели изменчивости?

Тема 3
Методологические основы разведки недр

ПРИНЦИПЫ РАЗВЕДКИ НЕДР

Земные недра обычно недоступны для непосредственных наблюдений. Они познаются преимущественно выборочным методом по сети пространственно разобщенных искусственных или естественных обнажений (Каждан, 1984). При этом полнота и достоверность полученных представлений о строении и составе недр зависит от густоты сети наблюдений, характера и степени неоднородности изучаемых объектов, прерывистости изучаемых свойств. Это побудило исследователей (Крейтер В. М., Каждан А. Б., Четвериков Л. И. и др.) сформулировать принципы, определяющие методологические подходы к изучению и оценке недр.

Принцип последовательных приближений предусматривает необходимость соблюдения правила: «от общего к частному». Геологические исследования начинаются с выявления крупных потенциально рудоносных площадей и отбраковки заведомо неперспективных территорий. После этого целесообразно перейти к более детальному изучению потенциально рудоносных площадей с последовательной ее разбраковкой на перспективные и неперспективные участки. В рамках реализации принципа весь геологоразведочный процесс подразделяется на три этапа и пять стадий (см. главу 5). Предложенная стадийность отражает рациональную последовательность проведения геологоразведочных работ, когда изучение недр проводится с возрастающей детальностью. Сначала выделяются общие геологические закономерности, а затем исследуются детали строения. По мере накопления разведочных данных возрастает полнота и надежность оценки объекта. Появляется возможность пространственного обособления внутри ранее выделенных условно однородных элементов геологического строения ещё более мелких структурных элементов. Вследствие ограниченности выборочных данных для суждения о свойствах и степени изученности объекта необходимо привлечение дополнительной информации, которую можно получить по принципу аналогии.

Принцип аналогии основан на положении о том, что геологические структуры и заключенные в них полезные ископаемые формировались в близких условиях. Они обладают чертами сходства условий залегания, строения и состава. Именно это обстоятельство обеспечивает подобие свойств объекта-эталона и изучаемого объекта. Степень подобия минерализованных участков недр зависит от пространственной близости и масштабов сравниваемых объектов: чем меньше их размеры и меньше расстояния между ними, тем больше проявляется сходство.

На стадии разведки можно выделить два подхода при принятии решений по аналогии: а) внутриобъектная; б) межобъектная. *Первый подход* – параметры разведочной сети принимаются близкими к изученным (и даже уже освоенным) участкам недр. Подобный подход возможен при разведке (доразведке) глубоких горизонтов месторождения, его флангов. *Второй подход* – использование данных по другим детально изученным объектам, используется при обосновании параметров разведочной сети на вновь вовлекаемых в разведку месторождениях. Этот принцип, основанный на типизации

месторождений, изложен в «Методических указаниях…», подготовленных ГКЗ при МПР РФ для отдельных типов полезных ископаемых.

Принцип максимальной эффективности является объединяющим ранее сформулированные В. М. Крейтером принципы наименьших трудовых и материальных затрат и полноты исследования (Петруха, 2003). Сущность принципа заключается в том, что в каждый момент выполнения геологоразведочных работ затраты на получение дополнительной информации не должны превышать экономических потерь, вызванных возможными просчетами в работе будущего предприятия. Полнота информации, необходимой и достаточной для строительства горнодобывающего предприятия, определяет подготовленность месторождения для промышленного освоения. Эта информация должна обеспечить достоверную характеристику разведуемого месторождения.

Достижение полноты необходимой информации осложнено крайне ограниченным объемом получаемых геологоразведочных данных по сети редких разведочных пересечений. В то же время собранная информация должна быть достаточной для принятия проектных решений по разработке месторождения и переработке добываемого минерального сырья. Здесь работает известный в математической статистике метод изучения свойств объектов на основе ограниченной по объему выборки. На каждой последовательно сменяющейся стадии изучения объекта выборка становится более представительной. В то же время из-за ограниченности геологических наблюдений, их неполноты любое проектное решение по освоению месторождения сопровождается риском, обусловленным возможными просчетами из-за неполноты собранных данных. Задача разведки – минимизировать эти риски до экономически рациональных размеров. Это возможно за счет выборочной детализации сети наблюдений на отдельных локальных участках.

Принцип выборочной детализации заключается в том, что проведение геологоразведочных работ в пределах всего объекта изучения должно сочетаться с более детальными работами на отдельных его участках (Каждан, 1984). При этом необходимо определиться с позицией эталонного участка, определить оптимальную детальность наблюдений в его пределах. Эталоны-аналоги детализационных работ должны быть представительными по отношению ко всему изучаемому объему недр. Чем типичнее окажутся эти участки, тем полнее будут критерии подобия и меньше погрешности распространения эталонных данных на весь оцениваемый объем. Рассмотрим примеры.

Согласно «Методическим рекомендациям по применению классификации запасов… (2007)» детализационные работы на стадии оценочных работ должны предусматривать обоснование в пределах локальных участков запасов категории C_1. С учетом полученных данных на этих участках следует предусмотреть опытно-промышленную разработку (ОПР) минерального сырья. В условиях действующих горных предприятий в качестве эталонов-аналогов следует использовать уже отработанные участки месторождения.

СТАДИЙНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Изучение недр с целью выявления и промышленной оценки месторождений полезных ископаемых осуществляется последовательно по стадиям, по мере отбраковки неперспективных площадей и более детальном исследовании заслуживающих внимания объектов. Стадийность охватывает все виды геологоразведочных работ и отражает рациональный порядок последовательности их проведения (Положение…, 1999). Выделяется три этапа и пять стадий геологоразведочных работ (табл. 1). Составители «Положения…» отмечают, что границы между стадиями условны и определяются масштабами ведущихся работ. Информация, получаемая на каждой стадии, по полноте и достоверности должна быть достаточной для геологического и технико-экономического обоснования геологоразведочных работ последующей стадии, либо освоения и проектирования разработки месторождения. «Положение…» носит рекомендательный характер и устанавливает общие для всех видов полезных ископаемых требования к содержанию и результатам геологоразведочных работ для отдельных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых

Производится с целью получения комплексной геологической информации, составляющей основу геологического изучения территории и оценки ее минерагенического потенциала. Призвано обеспечить выявление закономерностей формирования и размещения полезных ископаемых. Основным результатом регионального геологического изучения недр является моделирование и ранжирование по экономической значимости структурно-вещественных и минерагенических комплексов, локальный прогноз и начальная геолого-экономическая оценка потенциальных объектов минерального сырья. Основными видами работ являются площадные геологические, гидрогеологические, инженерно-геологические съемки, наземные и аэрогеофизические работы, широкий комплекс специализированных исследований: космоструктурные, геолого-минерагенические, геохимическое картирование и другие виды изучения недр. Площадные картографические работы проводятся в масштабах: 1:15000000 и мельче – сводное и обзорное; 1:1000000 (1:500000) – мелкомасштабное; 1:200000 (1:100000) – среднемасштабное; 1:50000 (1:25000) – крупномасштабное. Для развития минерально-сырьевой базы главное значение имеют средне-крупномасштабные виды картографирования. По результатам выполненных работ выявляются и оконтуриваются прогнозные площади (минерагенические зоны, рудные районы, узлы и поля) с оценкой прогнозных ресурсов по категориям P_3, P_2, (P_1).

Этап II. Поиски и оценка месторождений

Стадия 2. Поисковые работы

Объектами исследований являются рудные районы, узлы и поля или их части, выявленные в процессе предшествующей стадии регионального геологического изучения недр, по которым имеются оцененные прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_3. Работы могут производиться и на ранее опоискованных площадях, если это обусловлено изменением представлений о геологическом строении перспективных площадей, изменением конъюнктуры минерального сырья, увеличением глубинности исследования

недр. Поиски могут проводиться в разных масштабах (обычно в пределах 1:50000-1:10000). Включают комплекс геолого-минерагенических, геофизических, геохимических и других видов и методов исследований с проходкой поисковых скважин и поверхностных горных выработок. Для поисков скрытых и погребенных объектов используется глубокое бурение в сочетании со скважинными геофизическими исследованиями. Рациональный комплекс методов формируется на основе особенностей геологического строения объекта, ландшафтно-геохимических условий проведения работ, накопленного в отрасли опыта. По совокупности полученной информации, ее комплексной интерпретации выделяются перспективные аномалии, участки. Проверка природы аномалий, вскрытие, опробование и изучение проявлений полезных ископаемых осуществляется поверхностными горными выработками и поисковыми скважинами. В отобранных пробах определяются основные и попутные компоненты, а в необходимых случаях – технологические свойства руд. На выявленных проявлениях полезных ископаемых оцениваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1. На основе полученных данных выполняется геолого-экономическая оценка выявленных объектов по укрупненным показателям. Положительно оцененные проявления включаются в фонд объектов, рекомендуемых к постановке оценочных работ с выдачей соответствующих лицензий.

Стадия 3. Оценочные работы

Оценочные работы проводятся на выявленных и положительно оцененных проявлениях полезных ископаемых. Для оконтуривания площади, изучения геолого-структурных условий локализации оруденения проводится геологическая съемка в масштабе 1:25000-1:10000 и крупнее (для сложных и небольших объектов). Геологическая съемка сопровождается детальными минералого-петрографическими, геофизическими и геохимическими исследованиями, вскрытием и прослеживанием тел полезных ископаемых поверхностными горными выработками (канавы, шурфы, картировочные скважины). Все вскрытые выходы полезной минерализации подвергаются опробованию и анализу на основные и попутные компоненты.

Технологические свойства полезного ископаемого определяются по лабораторным пробам, а в необходимых случаях – по малым и большим технологическим пробам. По этим результатам намечается принципиальная схема переработки руд, обеспечивающая комплексное использование полезного ископаемого.

Во всех разведочных выработках осуществляется комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических исследований, достаточных для обоснования вскрытия и разработки месторождения. Дается характеристика экологических условий производства добычных работ и оценка их влияния на природную среду.

Материалы, полученные при производстве оценочных работ, должны обеспечить оценку промышленного значения месторождения с подсчетом большей части запасов по категории C_2. По менее детально изученной части месторождения количественно оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1. Достоверность данных о геологическом строении, условиям залегания и морфологии тел полезных ископаемых подтверждается на участках детализации с подсчетом разведанных запасов категории C_1.

В соответствии с рекомендациями, содержащимися в Методических рекомендациях по применению классификации запасов… (2007), на завершающем этапе оценки целесообразно выполнение на участках детализации отдельных месторождений специализированных работ – «Опытно промышленной разработки» (ОПР) в пределах локального объема минерализованных недр.

Геолого-экономическая оценка объектов осуществляется в процессе проведения работ и по их завершению. В начальный период оценочных работ проводится *оперативная геолого-экономическая оценка* прямым расчетом по укрупненным показателям. По результатам ее принимаются решения о целесообразности продолжения работ или их прекращении. После завершения стадии «Оценочные работы» разрабатываются *временные кондиции* и составляется технико-экономический доклад (ТЭД), в котором дается экономически обоснованная предварительная оценка промышленной ценности месторождения, определяющая целесообразность передачи объекта в разведку с последующим его освоением. *Месторождения*, получившие положительную экономическую оценку на оценочной стадии, *называются оцененными*.

Отчет с результатами подсчета запасов, включая обоснование «временных» кондиций и ТЭД, представляются на государственную геологическую, экономическую и экологическую экспертизу. Заключение экспертизы является основанием для постановки запасов на государственный учет.

Этап III. Разведка и освоение месторождения

Стадия 4. Разведка месторождений

Объектом разведки является закрепленная лицензией в виде горного отвода часть недр, включающая полностью или частично месторождение полезного ископаемого. Разведочные работы осуществляются с целью получения информации для проектирования строительства горнодобывающего предприятия. В «Положении…(1999)» отмечается, что в *процессе освоения месторождения* с целью расширения и укрепления минерально-сырьевой базы действующего или реконструированного горного предприятия возможно проведение *доразведки месторождения.* Эти работы предусматривают в каждом отдельном случае решение конкретных геологических задач. Например, дополнительное изучение флангов или глубоких горизонтов месторождения, уточнение технологических свойств полезного ископаемого и т. д.

При разведке завершается изучение строения месторождения с поверхности с составлением геологической карты на инструментальной основе. В зависимости от размеров, сложности геологического строения, изменчивости тел полезных ископаемых съемка проводится в масштабе 1:10000-1:1000 с применением геохимических, геофизических методов, проходкой горных выработок (канавы, шурфы, траншеи), мелких скважин. Все выходы полезных ископаемых прослеживаются, опробуются с детальностью, позволяющей выявить форму, строение, условия залегания, интенсивность и глубину проявления зоны окисления.

Разведка на глубину проводится скважинами до горизонтов, разработка которых экономически целесообразна. Месторождения сложного строения разведываются скважинами в сочетании с подземными горными выработками. Расположение горных

выработок (в случае отработки объекта подземным способом) должно обеспечить максимально возможное их дальнейшее использование при эксплуатации.

Последовательность и объемы разведочных работ, соотношение горных и буровых выработок, форма и плотность разведочной сети, методы и способы отбора проб (рядовых, групповых, технологических) определяются, исходя из геологических особенностей разведуемого месторождения. Вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучаются с детальностью, достаточной для проектирования рациональной технологии их переработки.

Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические условия изучаются с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных для составления проекта разработки месторождения. В процессе разведки дается оценка возможных источников питьевого и технического водоснабжения, проводятся работы по выявлению местных строительных материалов, разрабатываются схемы размещения объектов промышленного и гражданского назначения, обеспечиваются природоохранные мероприятия.

Разведка завершается разработкой технико-экономического обоснования (ТЭО) *постоянных разведочных кондиций*. Производится подсчет запасов основных и попутных компонентов по категориям в соответствии с группой месторождений по сложности строения, дается детальная экономическая оценка промышленной ценности месторождения. Пространственное размещение запасов, их соотношение по категориям устанавливается недропользователем. По завершению работ *месторождение называется разведанным.*

Материалы подсчета запасов, результаты ТЭО и обоснование постоянных разведочных кондиций подлежат государственной экспертизе (геологической, экономической, экологической).

Стадия 5. Эксплуатационная разведка

Эксплуатационная разведка проводится регулярно на эксплуатируемых месторождениях с целью получения достоверных данных для безопасного ведения работ, оперативного планирования добычи, обеспечения наиболее полного извлечения из недр полезных ископаемых. Объектами изучения и оценки являются эксплуатационные этажи, блоки, уступы. Основными задачами при этом являются: уточнение контуров, вещественного состава, внутреннего строения тел полезного ископаемого, количества запасов по технологическим типам и сорта руд (с их геометризацией), уточнение гидрогеологических, горнотехнических и инженерно-геологических условий отработки по отдельным горизонтам, блокам и т. д. Подсчитываются запасы подготовленных к отработке блоков, запасы готовые к выемке.

Для обеспечения рационального использования недр ведется учет потерь и разубоживания полезного ископаемого. Определяются показатели извлечения количества полезного ископаемого и изменения его качества.

В процессе разработки месторождения при резком отклонении в отдельных его частях геологических, горнотехнических и иных условий разработки, а также при изменении экологической конъюнктуры, недропользователь имеет право разработать ТЭО

эксплуатационных кондиций. Они разрабатываются на ограниченный временной период и должны быть привязаны к конкретным участкам эксплуатации.

На протяжении разведки и эксплуатации месторождения ведется учет движения запасов в результате их прироста, добычи, переработки или списания с баланса горнодобывающего предприятия. Информация по движению запасов, добыче, потерях и обеспеченности предприятия разведанными запасами передается в федеральные и территориальные фонды геологической информации.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для сравнения запасов месторождений одного и того же ископаемого, учета минеральных ресурсов разной изученности в пределах страны и регионов необходимо располагать стандартизующей системой. Такой системой является *классификация запасов.*

В нашей стране классификация месторождений полезных ископаемых утверждалась многократно (1933, 1941, 1953, 1984, 1997, 2007 гг.). Последняя классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых устанавливает единые для Российской Федерации принципы их обоснования (Классификация…, 2007). Запасы полезных ископаемых подсчитываются по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ, выполненных в процессе из изучения и промышленного освоения. Качество полезных ископаемых изучается с учетом необходимости их комплексного использования, технологии переработки на основе определенных требований к качеству полезных ископаемых и технических условий. При этом определяются содержания основных и попутных ценных, токсичных и вредных компонентов, формы их нахождения и особенности распределения в продуктах обогащения и переработки. Объектом подсчета запасов полезных ископаемых является месторождение (или часть месторождения) твердых полезных ископаемых.

Подсчет и учет запасов по месторождению производится в единицах массы или объема в соответствии с экономически обоснованными параметрами кондиций без учета потерь и разубоживания при добыче и переработке полезных ископаемых.

По экономическому значению запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них попутных компонентов подразделяются на две группы: балансовые (экономические) и забалансовые (потенциально экономические); они подлежат раздельному подсчету и учету.

К *балансовым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно технико-экономическим расчетам (ТЭР) экономически эффективна в условиях конкурентного рынка при использовании техники, технологии добычи и переработки минерального сырья, обеспечивающих соблюдение требований по рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К *забаланцевым* относятся запасы, разработка которых на момент оценки согласно ТЭР экономически не эффективна (убыточна) из-за низких технико-экономических показаний, но освоение которых становится экономически возможным при изменении цен на полезные ископаемые, появлении оптимальных рынков сбыта или новых технологий. Забалансовые запасы подсчитываются и учитываются в случае, если ТЭР установлена

возможность их последующего извлечения или складирования для использования в будущем.

Оценка балансовой принадлежности запасов полезных ископаемых производится на основании технико-экономического обоснования (ТЭО), подтвержденного государственной экспертизой. В рамках этой оценки должны быть предусмотрены наиболее эффективные способы разработки месторождений, предложены параметры кондиций, обеспечивающие максимально полное и комплексное использование запасов с учетом требований законодательства РФ.

Запасы полезных ископаемых по *степени геологической изученности* подразделяются на категории *A, B,* C_1 и C_2. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых категорий P_1, P_2 и P_3 в настоящем учебном пособии не рассматриваются. Критерии их выделения в пределах минерализованных участков недр разобраны в учебных пособиях (Баранников, 2011, 2013; Коробейников, 2009; Поротов, 2012 и др.).

Запасы категории A выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й группы сложности геологического и должны удовлетворять требованиям: установлены размеры, форма и условия залегания тел полезных ископаемых; изучен характер и закономерности изменчивости их морфологии и внутреннего строения; выделены и оконтурены безрудные и некондиционные участки; установлено наличие разрывных нарушений; выделены и оконтурены промышленные (технологические) типы и сорта полезного ископаемого, установлен их состав, свойства, охарактеризовано качество сортов; изучены распределение и формы нахождения ценных и вредных компонентов в минералах и продуктах переработки; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по горным выработкам и скважинам на основе результатов их детального опробования.

Запасы категории B выделяются на участках детализации разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й и 2-й групп сложности строения и должны удовлетворять следующим требованиям: установлены размеры, основные особенности и изменчивость внутреннего строения, условия залегания тел полезного ископаемого, пространственное размещение безрудных и некондиционных участков; при наличии крупных разрывных нарушений установлено их положение и амплитуды смещения; определены природные разновидности, выделены и при возможности оконтурены промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; при невозможности оконтуривания установлены закономерности пространственного распределения и количественное соотношение промышленных типов и сортов полезного ископаемого; определены минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок.

Запасы категории C_1 составляют основную часть запасов разведываемых и разрабатываемых месторождений 1-й, 2-й и 3-й групп сложности геологического строения. Также эти запасы могут выделяться на участках детализации месторождений 4-й группы. Они должны удовлетворять следующим требованиям: выяснены размеры и характерные формы тел полезного ископаемого, основные особенности условий их залегания и внутреннего строения; оценены изменчивость и возможная прерывистость тел

полезного ископаемого, наличие площадей развития мелко амплитудных нарушений; определены природные разновидности и промышленные (технологические) типы полезного ископаемого; установлены общие закономерности их пространственного распространения и количественные соотношения промышленных типов и сортов, минеральные формы нахождения полезных и вредных компонентов; контур запасов полезного ископаемого определен в соответствии с требованиями кондиций по результатам опробования скважин и горных выработок с учетом данных геофизических и геохимических исследований.

Запасы категории C_2 выделяются при разведке месторождений всех групп сложности, а на месторождениях 4-й группы сложности геологического строения составляют основную часть запасов, вовлекаемых в разработку. Они должны удовлетворять следующим требованиям: размеры, форма, внутреннее строение тел полезного ископаемого и условия их залегания оценены по геологическим, геофизическим и геохимическим данным и подтверждены вскрытием полезного ископаемого ограниченным количеством скважин и горных выработок; контур запасов определен в соответствии с требованиями кондиций на основании опробования ограниченного количества скважин, горных выработок, естественных обнажений с учетом данных геофизических и геохимических исследований, геологических построений.

Учитывая определенную «монотонность» в изложении вопроса категоризации запасов и, в известной степени, повторяемость предъявляемых требований к обоснованию отдельных категорий запасов, отразим этот материал в таблице 2, приведенной в учебном пособии (Шевелев, 2004). В ней наглядно *отражены особенности* требований к запасам разных категорий.

На разрабатываемых месторождениях *вскрытые, подготовленные и готовые к выемке запасы* полезных ископаемых, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок, *подсчитываются отдельно* по категориям в соответствии со степенью их геологической изученностью.

При квалификации запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классифицированного показателя должны (или могут) использоваться количественные и вероятностные оценки *точности и достоверности* определения основных параметров. Однако конкретных количественных показателей для отдельных категорий запасов до сих пор не разработано. Свой подход в решении этого непростого вопроса рассмотрен А. Б. Кажданом (Каждан, 1977, 1984).

Нет сомнения в том (отмечает этот автор), что категория запасов определяется *густотой сети наблюдений.* В то же время *точность подсчета запасов зависит, прежде всего, от количества наблюдений в пределах разведанного участка* и в меньшей степени – от густоты сети наблюдений. При разной густоте сети, но при сопоставимом числе наблюдений в блоках различных размеров, *погрешности вычисления* среднеблочных оценок могут быть *примерно одинаковыми*, в то время как разведанность блоков будет резко различаться.

Понятия разведанность и точность подсчета запасов могли бы рассматриваться как взаимозависимые только при условии последовательной детализации разведочных данных в блоке установленного размера, когда с уменьшением расстояний между смежными

точками наблюдений их количество в блоке закономерно возрастает. В практике разведки это условие обычно не выполняется. При детализации разведочных данных подсчетные блоки категории C_1 разделяются на более мелкие блоки категории *B*, а те в свою очередь на еще более мелкие блоки категории *A*. Поэтому связи между числом наблюдений и густотой разведочной сети не возникает.

Таким образом, при *оценке достоверности* результатов геологоразведочных работ необходимо различать степень разведанности запасов и точность их подсчета в заданных объемах недр (Каждан, 1977).

Степень разведанности запасов характеризуется детальностью выявления условий залегания, форм и строения полезного ископаемого, условий пространственного размещения в недрах. Количественно она может быть оценена *погрешностями геометризации* разведанных скоплений полезного ископаемого в недрах для заданной сети наблюдений.

Точность подсчета запасов может быть охарактеризована *погрешностями оценок их качества и количества* в оконтуренных объемах недр.

Из определения сформулированных понятий вытекает вывод, что при переводе запасов из более низких категорий в более высокие повышается не столько точность ранее подсчитанных запасов, сколько выявляются детали их пространственного размещения в пределах более мелких участков и блоков месторождения. Таким образом, точность подсчета запасов оценивается для категорий *A*, *B* и C_1 примерно одной и той же погрешностью. Но в зависимости от степени детальности наблюдений эта погрешность относится к разным по величине объемам недр.

На невозможность оценки степени изученности в виде цифровых показателей обращает внимание И. Д. Коган (Коган, 1974). Сказанное он мотивирует тем, что при подсчете запасов невозможно обеспечить заранее заданную величину погрешности для отдельных категорий, так как достоверность всех исходных данных остается практически неименной для разных категорий запасов. Категория запасов может быть понижена в силу иных причин. Например, при низком выходе керна, незавершенности технологических исследований, при ошибках геологической интерпретации.

Специального рассмотрения заслуживают классификации запасов твердых полезных ископаемых, применяемые в основных горнодобывающих странах (Австралии, США, Великобритании, Канаде и др.). Сопоставление отечественной квалификации с зарубежными, описание признаков их сходства и различия необходимо при обосновании инвестиционной привлекательности выставляемых на конкурс отечественных месторождений, а также решения ряда иных вопросов.

Обычно в зарубежных классификациях используются не более трех категорий ресурсов (resourses): измеренные (measured), исчисленные (indicated) и предполагаемые (inferred), а для оценки изученности запасов – даже двух: доказанные (proved) и вероятные (probable).

Несколько иной является классификация МАГАТЭ, используемая для отражения сырьевой обеспеченности атомной отрасли. Все учитываемые количества сырья квалифицируются как ресурсы (recourses). Для характеристики их изученности (достоверности) используются две категории: достоверно установленные (Reasonably

Assured Resources – RAR) и дополнительные (Inferred Resources). Сумма оценок по этим категориям рассматривается как установленные ресурсы (Identified). Для оценок ресурсов, связанных с ещё не открытыми месторождениями (Indiscovered), используются категории прогнозные (Prognosticated) и умозрительные, рискованные (Speculative).

Разное целевое назначение российских и зарубежных классификаций затрудняет их однозначное сопоставление. Точного сопоставления между отдельными категориями не может быть в принципе. В то же время при задействовании классификации МАГАТЭ условно можно считать, что категория RAR примерно соответствует категории C_1, Inferred – C_2, Prognosticated – P_1, а Speculative – P_2+P_3.

В 90-х годах ООН был разработан специальный документ, получивший название «рамочный» (frame word) классификатор ООН. Подготовленная основа классификации представляет универсальную трехмерную матрицу, являющуюся ключом-дешифратором. Она позволяет осуществлять переход от одной классификационной системы к другой (рис. 3). В представленной классификации запасы и ресурсы оцениваются с трех позиций:

- геологическая изученность, определяемая стадией выполнения работ – детальная разведка (разведка), предварительная разведка (оценка), поиски, рекогносцировочные геологические наблюдения;
- экономико-технологическая изученность, определяемая стадией технико-экономической оценки (ТЭО постоянных и временных кондиций, оценка по аналогии и т. д.).
- экономичность освоения запасов, определяемая как достаточная или низкая рентабельность.

Каждая из ячеек матрицы имеет цифровую кодировку. В системе этих координат запасы, отвечающие той или иной степени изученности, выделяются как трехмерные тела. Например, запасы, выявленные на стадии разведки (A+B+C_1 по отечественной классификации) и имеющие положительную экономическую оценку на уровне ТЭО постоянных кондиций, получают кодировку 1.1.1.

С 90-х годов XX века в промышленных странах разработан еще один путь согласованного подхода к оценке запасов, определяемый сводами правил («кодексами отчетности»). Одним из таких кодексов, принятых в 2006 г, в ЮАР, Канаде и США, является CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards). Согласно стандарту CRIRSCO эксперты в заключениях должны руководствоваться определенной схемой классификации ресурсов (рис. 4). Стрелками на схеме показаны возможные переходы ресурсов в запасы при осуществлении экономической оценки объекта и обратно (например, при снижении цен), а также вероятные (probable) через измеренные, подсчитанные (measured) в доказанных (proven) при доразведке. Ресурсы предполагаемые (inferred) экономического значения не имеют.

Системы стандартов (CRIRSCO, YORK и др.) успешно задействованы за рубежом. Однако при попытках трансформировать оценки ресурсов в таксоны отечественной классификации следует иметь в виду, что строго формальные соотношения здесь невозможны.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА РАЗВЕДКИ

Обоснование оптимального комплекса технических средств – кардинальный вопрос разведки месторождений. На выбор технических средств разведки оказывают

влияние геологические, горнотехнические и географо-экономические факторы. Их совокупным влиянием определяется пространственная ориентировка разведочных разрезов, расположение разведочных пересечений, техника проходки разведочных выработок (Каждан, 1977, 1985).

Геологические факторы отражают условия формирования, состав и строение полезных ископаемых, закономерности их локализации в геологических структурах, уровень эрозионного среза месторождений. Определяющее значение при этом имеют: характер связи полезных ископаемых с элементами геологического строения; условия залегания и морфология скоплений полезных ископаемых, их размеры; строение и состав залежей полезных ископаемых.

При анализе влияния *горнотехнических факторов* на выбор технических средств разведки должны быть учтены: предполагаемые способы вскрытия и разработки месторождения; гидрогеологические условия, горнотехнические свойства полезного ископаемого и вмещающих пород.

Геолого-экономические факторы также могут оказывать влияние. В зависимости от уровня экономической освоенности, климата, ландшафтных особенностей рельефа, энергообеспеченности территории, наличия трудовых ресурсов, дорог и т. д. приходится решать вопросы рационального соотношения горноразведочных, буровых работ и геофизических исследований.

Технические средства геологоразведочных работ различаются по своим возможностям, информативности, стоимости (Шевелев, 2004, Петруха, 2003). Они включают: горные разведочные выработки, буровые скважины, геофизические исследования.

А. *Горные выработки* подразделяются на поверхностные и подземные. К поверхностным относятся канавы и траншеи (магистральные и прослеживающие), мелкие шурфы и дудки, расчистки; к подземным – глубокие шурфы, штольни и шахты с комплексом развиваемых из них горизонтальных выработок (квершлаги, штреки, орты, рассечки), а также наклонных и вертикальных (восстающие, гезенки).

Поверхностные горные выработки используются для вскрытия полезного ископаемого и вмещающих пород в коренном залегании, изучения зоны окисления рудных тел. Проведение этих выработок не требует больших затрат и поэтому широко используется на ранних стадиях изучения месторождений. Ведущее значение имеет проходка *канав.* Обычно их проходят на глубину 2-3 м, реже до 6 м уступами с высотой не более 2 м. При малом объеме работ и их рассредоточенности проходка канав осуществляется вручную. В стадию разведки канавы проходят с применением буровзрывных работ (рыхление, на выброс) и экскаваторами, бульдозерами, канавокопателями, скреперными установками. Те же геологические задачи (вскрытие рудных тел, их документация, опробование) решает проходка *траншей.* От канав они отличаются большим поперечным сечением и глубиной проходки (до 5 м). Используются современные технические средства – бульдозеры, скреперы, роторные установки. При изучении месторождений, представленных жильными зонами (в том числе, камнесамоцветного сырья) и для отбора технологических проб, возможна проходка *разведочных карьеров* (Петруха, 2003). Форма карьеров в плане, их размеры и глубина

определяются целевым заданием. Используются карьеры для разведки полезных ископаемых, выходящих на дневную поверхность или находящихся на небольшой глубине. Глубина карьеров может достигать 50 м, а объем – десятков кубических метров. При проходке применяют разные технические средства.

Для прослеживания и оконтуривания залежей по простиранию при мощности рыхлых отложений более 5 м, а также вскрытия предполагаемых под наносами новых тел полезных ископаемых, предусматривается проходка разведочных *шурфов*. Они подразделяются на мелкие (до 10 м) и глубокие (до 40 м). Площадь сечения шурфов 1,25; 1,5; 2,0; 4,0 м^2. Глубокие шурфы проходят для изучения условий залегания рудных тел, отбора проб монолитов. При необходимости из шурфов проходят рассечки сечением 1,8, 2,7 или 3,6 м^2. Многие годы шурфы служили основным техническим средством при разведке россыпей и других приповерхностных месторождений. Неглубокие шурфы круглого сечения называются *дудками*. Шурфы, проходимые в неустойчивых и рыхлых породах, крепят, а глубиной более 10 м вентилируют.

Механизированная проходка шурфов осуществляется с использованием специализированных технических средств, предназначенных только для бурения (КШК-30А, УБСР-25), или комбинированных, используемых для проходки шурфов и скважин (ЛБУ-50, КБУ-15, УКС-22М).

Подземные горные выработки по целевому назначению подразделяются на подходные (вскрывающие) и собственно разведочные (Шевелев, 2004). К подходным относятся шахты, подходные штольни и квершлаги; к основным – штреки, орты, рассечки и восстающие.

Стволы *разведочных шахт* используются как вскрывающие выработки при разведке месторождений. Сечение разведочных стволов колеблется от 6 до 12 м^2, а глубина – до нескольких сотен метров. *Разведочные штольни* служат горизонтальными вскрывающими выработками при разведке месторождений, залегающих в условиях пересеченного рельефа. Поперечное сечение штолен колеблется в пределах от 6 до 9 м^2. *Квершлаг* также является горизонтальной вскрывающей подземной выработкой и проходится из ствола шахты. Разведочным квершлаг является только в той части, где выработка пересекает залежь полезного ископаемого. *Разведочные штреки* представляют горизонтальные горные выработки, пройденные по простиранию залежей. Их целью является прослеживание по простиранию строения рудных тел, сплошности оруденения. Штрек может быть пройден по полезному ископаемому (*рудный штрек*) или по вмещающим породам (*полевой штрек*). Если тела полезных ископаемых обладают значительной мощностью, то от полевого или рудного штрека через определенные интервалы проходят *орты* (рассечки) или *скважины* с выходом во вмещающие породы для вскрытия продуктивных зон на полную мощность. Эти выработки выполняют роль разведочных пересечений. *Разведочные гезенки* проходят из квершлагов вверх или вниз, пересекая пологопадающие тела полезного ископаемого по их мощности. *Разведочные восстающие* проходят из штреков по восстанию залежей полезного ископаемого. Проходят восстающие с целью прослеживания залежей полезного ископаемого между основными горизонтами горных работ. При этом появляется возможность изучения

сплошности оруденения по восстанию, изменчивости мощности и качества минерального сырья по вертикали.

Площади поперечного сечения в проходке квершлагов и штреков колеблется в пределах 3,6-5,8 м^2, ортов – 2,7-3,6 м^2, восстающих и гезенков – до 4 м^2.

При проходке разведочных выработок используются разнообразные технические средства, осуществляющие буровзрывные, погрузочные, откаточные, подъемные и иные виды работ.

Применение горных работ в качестве технического средства рекомендуется осуществлять с учетом следующих требований (Петруха, 2003):

- при заложении дорогостоящих горных выработок необходимо учитывать геологические особенности объекта (условия залегания, размеры, форма залежей), полученные во многих случаях путем разведочного бурения;
- преобладающая часть горных выработок должна приходиться на вскрытое полезное ископаемое с целью его изучения и опробования;
- горные выработки следует проходить с учетом их дальнейшего использования при эксплуатации месторождения; например: использования разведочных шахт в ранге вентиляционных.

Горные выработки позволяют детально изучить изменчивость параметров оцениваемых объектов (по форме, качеству сырья, сплошности оруденения и т. д.), учет которых крайне необходим при разведке месторождений 3-й и 4-й групп по сложности геологического строения. Примеры размещения горных выработок при вскрытии и разведке тел полезных ископаемых отражены на рисунках, приведенных в учебных пособиях (Петруха, 2003; Шевелев, 2004).

Б. *Буровые разведочные скважины* – наиболее широко применяемые технические средства разведки. Для большинства полезных ископаемых они являются главным и даже единственным техническим средством. Следует учитывать, что скважины дают менее полные сведения об оцениваемом полезном ископаемом, но буровые работы нашли широкое применение благодаря мобильности, скорости проходки скважин, относительной легкости оборудования, меньшим расходом средств на метр проходки (Шевелев, 2004). При всех очевидных преимуществах буровые скважины имеют и недостатки: они вскрывают небольшие участки недр; дают менее точные сведения о составе и строении полезного ископаемого по сравнению с горными выработками; повторное контрольное опробование и отбор проб разного назначения ограничен из-за малого количества получаемого каменного материала; при бурении скважин наблюдается их искривление, что усложняет геометризацию разведанных объемов недр; при бурении по рудоносным интервалам возникают осложнения и отмечается недостаточный выход каменного материала с ненарушенной структурой. Но буровые скважины незаменимы при разведке глубоко залегающих месторождений. Месторождения 1-ой и 2-ой групп по сложности геологического строения в основном разведуются только бурением.

При разведке месторождений твердых полезных ископаемых скважины бурятся с поверхности и из подземных горных выработок. Для поверхностного бурения используются неглубокие ударно-вращательные, вибрационные скважины и более глубокие ударно-канатные, пневмоударные и гидроударные. При оценке глубоких

горизонтов задействуют бурение колонковых скважин и бескерновых скважин вращательного бурения. Из подземных горных выработок бурятся колонковые, шарошечные и перфораторные скважины.

Приповерхностные скважины глубиной до нескольких десятков метров используются для геологического изучения рудовмещающих структур, прослеживания, опробования и оконтуривания приповерхностных участков месторождений (Шевелев, 2004). Возможно использование разного типа буровых установок: УПБ-25 и УБР-2, БУУ-2, УКБ 12/25, БУ-20-2УШ и др.

Колонковое бурение глубиной от десятков метров до 150-200 м осуществляется агрегатами, смонтированными на автомашинах (УКБ-2, БСК, КГК-100 и др.). Более глубокие скважины бурятся агрегатами УКБ-3, УКБ-4, УКБ-5 и станками ЗИФ-650, СБА-500, СБА-800, ЗИФ-1200 и др. В последнее время в практике геологоразведочных работ нашли применение станки, разработанные зарубежными фирмами. Наиболее широко применяются буровые установки компаний Boart Longyear, Atlas Copco, Sandvik, SCHRAMM и их аналогов, произведенных, как правило, в КНР. Известные в нашей стране установки алмазного бурения серии Boart Longyear включают станки LM30, LM45, LM55, LM75. Размещенные на них манипуляторы позволяют ориентировать направление бурения скважины в любую заданную сторону.

Создание новой техники направленного бурения позволило проводить разведку по более рациональным схемам при проходке многоствольных скважин и за счет этого – многократного увеличения массы опробуемого рудного материала (без бурения дополнительных скважин). При этом дополнительные стволы могут располагаться как в одной вертикальной плоскости, искривления в одну сторону, так и задаваться в разных азимутальных направлениях (рис. 5).

Скважины подземного бурения могут являться частью разведочной системы или решать частные задачи, возникающие при геологическом изучении месторождения (прослеживание локальных рудоконтролирующих структур, апофиз, поисков смещенных частей рудных тел и т. д.). Бурение колонковых горизонтальных, наклонных и вертикальный скважин до 100 м осуществляется станками БСК-2М-100, а бескерновое – станками НКР-100. Неглубокие подземные скважины могут буриться с помощью колонковых или телескопных перфораторов без отбора керна глубиной 15-20 м.

В. ***Геофизические исследования*** **играют большую роль в изучении** земных недр, в том числе, на стадии разведки месторождений. Несмотря на то, что непосредственной геологической информации эти исследования не дают, геофизика как метод во многих случаях позволяет сократить количество необходимых разведочных пересечений, получить дополнительную ценную информацию. При обосновании и своевременном проведении комплекса геофизических исследований появляется возможность пересмотра рекомендуемых методик и технических средств разведки. Последние могут меняться в зависимости от конкретной геологической обстановки и разрешающей способности геофизических средств разведки (Шевелев, 2003).

Как основные технические средства, геофизические методы могут применяться для исследования недр в промежутке между разведочными сечениями и при задействовании операций геофизического опробования.

Комплекс геофизических методов для решения основных задач разведки выбирается на основе учета совокупности факторов, определяющих возможную эффективность раздельного и совместного их применения. К таким факторам относятся (Комплексная …, 1990):

- степень дифференциации пород и руд по физическим свойствам, определяющая возможность использования данных каротажа для петрографической характеристики объектов;
- размеры, форма, элементы залегания, число рудных тел, текстурно-структурные особенности руд и их вещественный состав;
- присутствие в разрезе пород, близких по физическим свойствам к рудным образованиям;
- методика ведения горных и буровых работ, техническое состояние скважин.

При обосновании методики разведочных работ в рациональный комплекс необходимо включать минимальное и достаточное число геофизических методов, обеспечивающих получение достоверной информации с наименьшими затратами труда и времени. При задействовании нескольких методов следует предусмотреть последовательную их реализацию, скорректированную в зависимости от результатов каждого предыдущего метода.

Представления о возможностях геофизических методах формируются на основе *физико-геологической модели* (ФГМ) *объекта*. ФГМ включает геологическую модель, сведения о физических свойствах структурных элементов геологической модели, ожидаемые геофизические поля и аномалии на площади или по отдельным профилям (Сапожников, 2012).

В комплекс *наземных геофизических работ* при разведке месторождений входит широкий перечень методов: электроразведки, магниторазведки, радиометрии и др. Геофизические съемки в масштабе 1:2000-1:1000 позволяют более надежно оконтурить площади развития рудной минерализации, поля измененных околорудных пород, проследить выходы рудных тел, установить элементы их залегания, определить мощность рыхлых отложений и границу коры выветривания. Рассмотрим лишь ведущие из перечисленных методов.

Электроразведка включает группу методов, основанных на изучении естественных или искусственно возбужденных в земной коре электромагнитных полей. Электромагнитное поле зависит от свойств горных пород (удельного электрического сопротивления, диэлектрической проницаемости, поляризуемости, электрохимической активности). Это позволяет по изменению параметров поля изучать геологическое строение площади и выявлять залежи полезных ископаемых. Используются следующие основные группы методов.

Электропрофилирование (ЭП) является одним из самых распространенных методов электроразведки и применяется для изучения крутопадающих слоистых толщ при некоторой постоянной глубинности изучения разреза по профилю (Сапожников, 2012). Геологическими предпосылками для применения метода является присутствие в рудах сульфидов, минералов железа и других, обусловливающих их низкое электросопротивление по сравнению с вмещающими породами. Распространенным является вариант ЭП, получивший название срединный градиент (СГ). В этом варианте

токовые электроды разносятся на большое расстояние (1-3 км) и остаются неподвижными в процессе измерения удельного электрического сопротивления ρ_k при перемещении приемной установки *MN* постоянного тока и постоянного размера между электродами *AB*. В горизонтальной однородной среде градиент электрического поля ($\Delta U/MN$) практически постоянен и на его фоне заметны проявления неоднородности разреза в виде локальных тел, крутопадающих пластов с аномальными электрическими свойствами (например, зон окварцевания).

Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) – метод электроразведки, применяемый для изучения изменения удельного сопротивления по глубине для некоторой вертикальной трассы. Основан метод на постепенном увеличении размеров установки *AB* с общей центральной точкой (точкой зондирования), при котором увеличивается глубина проникновения тока и, соответственно, глубинность исследований. Метод ВЭЗ используется для изучения пространственного положения, морфологии и элементов залегания рудных тел в вертикальном разрезе. Широко задействуют его при геоморфологических исследованиях, для определения позиции и состава кор выветривания, мощности и строения рыхлого покрова, при гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях.

Метод вызванной поляризации (ВП) основан на изучении электрохимических процессов, возникающих на границе пород с ионной проводимостью (электронных проводников) и окружающей их жидкостью (электролитом) под воздействием пропускаемого тока. После выключения тока некоторое время в цепи возникает вторичная ЭДС – гальванический источник тока, создающий нестандартное поле вторичной поляризуемости. Метод ВП широко используется при разведке месторождений сульфидных, магнетитовых, редкометалльных и иных руд, при оценке ореолов с рассеянной рудной минерализацией.

Метод естественного поля (ЕП) основан на изучении естественных электрических полей, обусловленных разными электрохимическими процессами, самопроизвольно протекающими в земной коре. Метод эффективен при разведке рудных тел близповерхностного залегания, являющихся электронными проводниками. Используется при разведке сульфидных, магнетитовых, марганцевых и графитовых месторождений.

Метод переходных процессов (МПП) основан на изучении низкочастотного электромагнитного поля. В МПП изучается неустановившееся поле вихревых токов, возникающих в породах и рудах при ступенеобразном изменении тока в контуре, который может быть расположен как на наземной поверхности, так и в воздухе (Горбунова, 1982).

Магниторазведка основана на изучении пространственных изменений геомагнитного поля, возникающих вследствие неодинаковой намагниченности горных пород и руд. Магнитное поле измеряют с помощью магнитометров, предназначенных для измерения полного вектора напряженности T и его вертикальной составляющей. Обычно выполняют относительные измерения, находя приращения значений поля между двумя пунктами наблюдений. Интерпретация магнитных аномалий начинается с анализа карт изолиний магнитного поля, по которым судят о морфологии, размерах и природе возмущающих объектов (Сапожников, 2012). Количественную интерпретацию аномалий осуществляют, используя графики по профилям, проходящим крест простирания

геологических объектов. Магнитные съемки с высокой детальностью и точностью 1-2 нТл включаются в разведочный комплекс для решения широкого круга вопросов. В том числе: расчленения пород по литологическому составу; выявления локальных структурных элементов (даек, жил, жерловых построек и т. д.); обоснования зональности размещения разных типов метасоматических пород; выявления магнитных руд черных металлов и слабомагнитных – цветных, благородных, редкометалльных; изучения рудных тел в морфоструктурах месторождения; изучения инженерно-геологических условий и т. д.

Гравитационная разведка основана на изучении пространственного распределения плотности в земной коре с помощью измерения силы тяжести σ (в г/см^3). При интерпретации полей силы тяжести используется характеристика избыточной плотности $\Delta\sigma$, представляющая разность плотностей отдельного геологического тела $\sigma_т$ и вмещающих пород $\sigma_{вм}$. Она может быть положительной или отрицательной. Единицей измерения силы тяжести является Галл (см/с^2). Но обычно пользуются более мелкой единицей – миллигалом (1 мГал =10^{-3} Гала). В разведочной геофизике относительные измерения гравитационного поля g выполняются с помощью гравиметров. Прибор позволяет измерять приращение g от точки к точке, т. е. Δg. На этой основе вычисляются аномальные поля Δg, по которым судят о неоднородностях по плотности в земной коре.

Гравиразведка применяется при структурно-геологическом изучении земной коры, разведке разных полезных ископаемых. Наиболее эффективно гравиметровой съемкой выявляются залежи железорудных и хромитовых месторождений, интенсивность аномалий силы тяжести над которыми может достигать 0,4-0,5 мГал. При увеличении детальности съемки возможно обнаружение рудных тел сульфидных месторождений размером 0,1-0,2 км^2, с интенсивностью аномалий 0,2-0,5 мГал (Шевелев, 2004).

Радиометрические методы основаны на изучении радиоактивности руд и горных пород с целью решения поисково-картировочных и разведочных задач, опробования. Наибольшее применение получила *гамма-съемка*, дающая положительные результаты для обнаружения радиоактивных руд и расчленения горных пород. Съемка проводится в аэро-, пешеходном, автомобильном вариантах. Радиоактивность выражается через мощность дозы излучения за единицу времени в А/кг (в системе СИ) или в микрорентгенах в час (1 мкР/час=10^{-12} А/кг). Изменения выполняют с использованием спектрометрической аппаратуры, позволяющей выделять урановую и калиевую составляющую радиоактивного поля.

Повышенной радиоактивностью обладают породы, в которых в рассеянном состоянии находятся элементы урана, тория. Также повышенная радиоактивность свойственна породам, содержащим изотоп Калий-40. Он присутствует в кварц-серицитовых сланцах, нередко несущих золоторудную минерализацию, полевошпатовых породах, калийных солях.

Геофизические исследования скважин (ГИС) – это отрасль разведочной геофизики, отличающаяся от других методов только по методике исследований. Основные положения теории физических полей, измеряемых в скважинах, остаются теми же, что и в полевой геофизике (Сковородников, 2009, 2016). Роль и значение ГИС постоянно возрастает. В перспективе ГИС открывает путь к бескерновому изучению скважин. В настоящее время в

скважинах регистрируется большое количество разных параметров (около 40). При этом стоимость ГИС составляет незначительную часть от общей стоимости сооружения и оборудования скважины.

В ГИС выделяют три больших раздела: каротаж, операции в скважинах и скважинную геофизику.

Каротаж – это геофизические методы изучения геологического строения разрезов скважин. В каротаже исследуются очень небольшие объемы горных пород, прилегающие к стенкам скважины. Отличительная особенность каротажа – высокая детальность и точность исследований. Результаты фиксируются в виде непрерывных диаграмм по стволу скважины или в виде числовых значений с шагом порядка 10-20 см. Каротаж позволяет выполнять литологическое расчленение разрезов скважин, выделять в них интервалы полезного ископаемого, определять физические свойства горных пород и полезных ископаемых in situ. Именно на основании данных каротажа производится интерпретация полевых геофизических методов: электроразведки – по данным об удельном электрическом сопротивлении (УЭС) пород; магниторазведки – по значениям магнитной восприимчивости пород: гравиразведки – по их плотности. Каротаж дает сведения, необходимые для подсчета запасов месторождения – данные о мощности залежей, содержанию полезного компонента и т. д. Изучение скважин подразделяется по природе изучаемых полей на методы электрического, радиоактивного каротажа и прочие методы (Сковородников, 2009, 2016).

Методы электрического каротажа включают:

а) Группу методов кажущегося сопротивления (КС). В эту группу входят: метод КС – наиболее распространенный; резистометрия – метод определения удельного сопротивления жидкости; метод БКЗ (боковых каротажных зондирований) – скважинный аналог метода ВЭЗ; БК – боковой каротаж и др.

б) Методы токового каротажа: метод скользящих контактов (МСК) – при исследовании рудных скважин; метод бокового токового каротажа (БТК) – для исследования углеразведочных скважин.

в) Группа электромагнитных методов: ИК – индукционный каротаж, использующий поля низких частот; ВМП – высокочастотный волновой метод проводимости и др.

г) Группа методов электрохимической активности: ПС – метод потенциалов самопроизвольной поляризации (аналог метода естественного поля); метод электродных потенциалов (МЭП). Методы ПС и ПК стали применяться совместно, получив название стандартного электрического каротажа.

Методы радиоактивного каротажа (РК) включают: ГК – гамма каротаж – регистрация естественного гамма-излучения горных пород; ГГК – гамма-гамма каротаж, имеющий две разновидности – плотностной (ПГГК) и селективный (СГГК); РРК – рентгенорадиометрический каротаж; НГК – нейтронный гамма-каротаж и другие методы.

Скважинная геофизика – это геофизические методы изучения геологического строения межскважинного, околоскважинного и призабойного пространства. В отличие от каротажа, скважинная геофизика отличается большими объемами исследуемых горных пород. Это позволяет увеличить действующую зону влияния скважин, пройденных по

разряженной сети, обеспечить получение дополнительной геологической информации о межскважинном пространстве.

Методы скважинной и полевой геофизики подразделяются по природе исследуемых физических полей. Широкое использование в практике разведочных работ получили методы скважинной разведки. Выделены методы, основанные на использовании тока разной природы.

На постоянном токе: метод ЕП-С (естественного поля, скважинный вариант), МЗТ – метод заряженного тела, МЭК – метод электрической корреляции разрезов, ЧИМ – метод частичного извлечения металла.

На переменном токе: метод радиоволнового просвечивания, ДЭМПС – дипольного электромагнитного профилирования скважин, ННП-С – наземной незаземленной петли, скважинный вариант.

На импульсном токе: СП-С – метод вызванной поляризации, скважинный вариант; МПП-С – метод переходных процессов, скважинный вариант.

Задачи геофизических исследований в *горных выработках* во многом близки к тем, что уже были сформулированы выше. В том числе: корреляция рудных подсечений; оконтуривание и оценка размеров рудных тел; поиски пропущенных при разведке рудных тел в межвыработанном, межскважинном и околоскважинном пространстве; оценка положения выработок относительно рудных тел; внедрение в практику геофизического опробования.

Геофизическое опробование дополняет геологическое и во многих случаях его заменяет. Оно осуществляется в скважинах и шурфах, на стенках горных выработок. Также опробуется отбитая рудная масса в вагонетках и на транспортерах. Особенности геометрии среды измерений и условий их проведения отражаются в специфичности аппаратуры, в конструкции датчиков.

При измерении в горных выработках основными методами электроразведки являются (Рудничная…, 1986): метод ПС, электропрофилирование, метод электрической корреляции (МЭК), методы грави- и магниторазведки. С их помощью решаются горнотехнические задачи: определяется плотность горных пород и руд, выявляются подземные полости и зоны обрушения, форма карстовых полостей, коэффициенты фильтрации подземных вод и другие вопросы геологического обеспечения добычных работ.

СИСТЕМЫ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Метод локальных геологических наблюдений реализуется в разведке посредством *разведочной сети* (РС). Разведочная сеть – это методическое обоснование разведки месторождений полезных ископаемых. Она непосредственно влияет на получаемую разведочную информацию об оцениваемом объекте. От влияния собранной при разведке информации позднее невозможно избавиться никакой последующей обработкой данных (включая математическое и иное моделирование). Обоснование рациональной РС, отвечающей геологическим особенностям оцениваемого объекта, является кардинальным вопросом разведки месторождений.

Обоснование РС опирается на ряд понятий.

Любая разведочная выработка, пересекающая природное скопление полезного ископаемого, представляет искусственное обнажение и в случае выполнения определенных условий может рассматриваться как *единичное разведочное пересечение.* Совокупность разведочных пересечений, расположенных в одной плоскости, образует *разведочное сечение*, а совокупность разведочных сечений в пространстве – *разведочную систему*. Таким образом, *под разведочной системой понимается совокупность разведочных сечений (разрезов), определенным образом ориентированных в пространстве по отношению к рудному телу, позволяющих решать стоящие перед разведкой задачи* (Каждан, 1977; Рудничная…, 1986; Шевелев, 2004). Прослеживание объектов разведки в заданном направлении осуществляется с помощью разведочных пересечений, в заданной плоскости – с помощью разведочных сечений (разрезов), в заданном объеме – с помощью разведочных систем.

Разведочное пересечение должно удовлетворять ряду требований. Главные из них (Шевелев, 2004):

а) должно быть ориентировано в направлении близком к направлению максимальной изменчивости важнейших свойств полезных ископаемых в недрах (чаще – по линии мощности);

б) вскрывать залежи полезных ископаемых на полную мощность с выходом во вмещающие породы.

Разведочное пересечение может быть выполнено с применением разных технических средств: скважин, шурфов, подземных горных выработок и др. Их выбор зависит от задач разведки, природных особенностей объекта, технико-экономических соображений. Чем сложнее строение полезного ископаемого, тем в большей степени должно быть вскрыто тело оцениваемой залежи. Оптимальным при этом является использование разведочных горных выработок.

Разведочное пересечение должно быть сплошным, что обеспечивает полную информацию по изучаемому направлению. Вычисленные по нему средние значения свойств наиболее близки к действительным. Они расходятся только на величину технических погрешностей экспериментальных наблюдений.

Разведочные сечения (разрезы) могут быть поперечными, продольными или косыми по отношению к телам полезных ископаемых, а также горизонтальными или вертикальными. Разведочные пересечения в пределах разрезов могут располагаться параллельно под разными углами или пересекая друг друга. Если сведения о строении и свойствах полезного ископаемого накапливаются по линиям на основе данных разведочных пересечений, то площади (объемы) между смежными разведочными разрезами остаются неосвещенными. Чтобы иметь сведения о свойствах полезного ископаемого в пределах этих площадей, необходимо располагать характеристикой изменчивости залежи и геологической информацией, которая может быть получена только по принципу аналогии.

Несколько иной смысл вкладывал в понятие разведочной системы основоположник учения о поисках и разведке МПИ В. М. Крейтер (1961). В основе предложенной им систематики предлагалось брать необходимый комплекс технических средств разведки. Под системой разведки он понимал «такое пространственное размещение разведочных

средств, которое дает возможность построить намеченные разрезы и произвести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезного ископаемого». Все разведочные системы В. М. Крейтер объединил в три группы, взяв за основу технические средства разведки: группы буровых, горных и горно-буровых систем. Позднее в развитие представлений о разведочных системах уже иными авторами были положены такие базовые понятия как характер изменчивости свойств полезных ископаемых, особенность анизотропии в строении залежей, возможности их изучения на основе комплекса технических средств. Так, А. Б. Каждан (1984) предложил классификацию разведочных систем, разделив их на три класса: системы вертикальных, горизонтальных и продольных разрезов, а также входящих в них ряда групп и видов (табл.).

РАЗВЕДОЧНАЯ СЕТЬ, ЕЁ ТИПЫ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕТИ

Типы разведочных сетей

Обоснованность запланированной в проекте разведочной системы раскрывает выбранная разведочная сеть. Под *разведочной сетью* (РЗС) следует понимать взаиморасположение в объекте разведки локальных наблюдений и измерений разведочных параметров (Шевелев, 2004). Практика показала, что при одной и той же разведочной системе могут быть реализованы разные РЗС и, наоборот, разными разведочными системами могут быть созданы одинаковые разведочные сети.

Разведочную сеть характеризуют ряд показателей.

Анизотропия РЗС – это различие в размещении наблюдений и замеров по разным направлениям пространства. Анизотропия проявляется в форме и ориентировке ее ячеек. Если форма ячеек изометричная (квадратная, треугольная), то сеть изотропна. Если ячейка сети обладает удлиненной формой (прямоугольной, ромбической) с одинаковой ориентировкой, то сеть анизотропна.

Геометрия сети может быть разной. Выделяют правильные, неправильные и линейные сети.

Правильные сети – расположение разведочных пересечений подчиняется строгому геометрическому порядку (квадратная, прямоугольная, ромбическая).

Неправильные сети – отсутствует общая геометрическая упорядоченность в расположении разведочных пересечений.

В *линейных сетях* – разведочные пересечения располагаются в плоскости разведочных сечений и образуют отдельные линии на плоскости проекции; они могут быть параллельными или пересекающимися.

РЗС формирует представление об объекте разведки, соответствие которого в действительности можно проверить только в процессе отработки месторождения. Поэтому следует стремиться к обоснованию и реализации на практике «оптимальной» разведочной сети. По мнению В. В. Шевелева (2004) для этого необходимо выполнение ряда условий.

Первое: при ограниченных ассигнованиях на разведку оптимальная РЗС должна быть обеспечена лимитированным количеством разведочных пересечений, позволяющим выполнить разведку с наибольшей точностью и детальностью.

Второе (дополняющее первое): требования по точности и детальности разведки (категоризации запасов) следует реализовать наименьшим количеством разведочных пересечений.

Третье: у разведочной сети должна быть «оптимальная геометрия», отвечающая структурно-морфологическим особенностям объекта.

На примере четырех ведущих морфологических типов полезных ископаемых ниже рассмотрены условия выбора разведочных сетей (Волков, 2006).

1. Горизонтальные пластовые, пластообразные и линзообразные залежи, имеющие в плане изометричную или близкую к ней форму. Элементы анизотропии свойств не выражены. К этой группе следует отнести месторождения осадочного генезиса и кор выветривания: часть месторождений железных руд, марганца, никеля, бокситов, углей, фосфоритов. Если залежь должна быть изучена с одинаковой точностью по всей площади, то для достижения этой цели наиболее эффективна *квадратная сеть* разведочных пересечений (рис. 20). Она дает возможность получить серии взаимно пересекающихся разрезов. Подобная сеть позволяет на отдельных участках более сложного строения дальнейшее развитие РЗС путем проходки детализационных профилей (рис. 21).

При разведке рассматриваемого типа залежей возможны и другие варианты сетей, отвечающих тем же условиям равномерности расположения точек наблюдений. К ним можно отнести *треугольную сеть*, позволяющую построить равноточные разрезы по трем направлениям. При одинаковом расстоянии между точками пересечения у треугольной сети есть преимущество – расстояние до центра ячейки оказывается меньшим (рис. 22). Но треугольная сеть в практике разведок почти не используется (возможности ее дальнейшего развития отсутствуют).

2. Горизонтальные пластовые и пластообразные залежи, обладающие заметно выраженной в плане протяженностью в одном направлении – более распространенный в природе класс залежей по сравнению с предыдущим, шире охватывающий те же типы осадочных и экзогенных месторождений. Наличие у тел длины и ширины определяет анизотропию их строения. Поперек вытянутости залежей изменчивость выше, вдоль тел – меньше. Условию получения равномерной изученности залежей в данном случае наиболее соответствует *прямоугольная сеть*, стороны которой ориентированы по направлению длины и ширины тела. Короткая сторона ячейки располагается по ширине, а длинная – вдоль вытянутости объекта (рис. 23). Прямоугольная сеть обладает возможностями ее развития – сгущение на отдельных участках, проходка детализационных профилей.

Примером рассматриваемой группы залежей служат сильно вытянутые извилистые в плане тела лентообразной формы с резко выраженной анизотропией свойств (рис. 24). Геометрически правильная прямоугольная сеть при этом нарушается, и она становится близкой к сети следующего типа.

3. Наклонные залежи с отчетливо выраженными элементами залегания являются наиболее распространенным типом объектов разведки. Их морфология соответствует пластам, пластообразным залежам. Залежи такого типа обладают анизотропией морфологии, условий залегания и внутреннего строения. Разведочная сеть подчинена этим признакам. Применяется система параллельных вертикальных сечений (при

выдержанном простирании) или непараллельных (при изменчивом простирании), располагающихся на одинаковом расстоянии друг от друга (рис. 25). Способы развития сети точек наблюдений близки к описанным выше. Например, детализация имеющихся профилей, проходка промежуточных линий и выработок.

4. Для крутопадающих залежей, имеющих облик штоков, характерны сложные виды анизотропии (состава, свойств). В этом случае используется комбинированный способ разведки с применением горных выработок и буровых скважин. В одном из вариантов разведки крутопадающее рудное тело рассекается горными выработками по нескольким горизонтальным сечениям. В каждом сечении проходятся поперечные горные выработки и горизонтальные скважины с целью оконтуривания и изучения залежи (рис. 26).

В учебном пособии (Рудничная…, 1986) приведена более лаконичная систематика разведочных сетей. Выделены две системы разведки – по сетке и параллельным сечениям.

В системе разведки по сетке задействованы правильные разведочные сети – квадратная, прямоугольная, ромбическая. Эти РС применяются для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению рудных тел, залегающих горизонтально или слабо наклонно – пластов, пластообразных тел, штокверков, плащеобразных залежей (рис. 27).

В системе разведки по параллельным сечениям следует выделять: а) горизонтальные сечения для крутопадающих тел сложной формы и строения (трубообразных, линейных оруденелых зон); б) вертикальные сечения для любых по форме тел с переменными углами падения, сложным внутренним строением и глубокозалегающим. Иногда системы горизонтальных и вертикальных сечений могут применяться на одной и той же залежи. Здесь верхняя часть разведуется горизонтальными сечениями (горными выработками в комбинации с подземными скважинами), а глубокие горизонты – скважинами с поверхности и подземным бурением, создающими вертикальные сечения.

Принципиальная схема разведки рудных тел линзообразной формы с использованием горноразведочных работ и буровых скважин отражена на рисунке 28.

Плотность разведочной сети, её обоснование

Обсуждение вопроса о плотности разведочной сети имеет высокую актуальность. С одной стороны, этот вопрос касается детальности изучения объекта, а с другой – связан с затратами средств и времени. Выбор плотности сети ориентируется на изучение *наиболее изменчивых параметров залежей*. В одних случаях для надежной оценки объема и условий залегания полезных ископаемых используются характеристики изменчивости формы залежей; в других – для оценки качества минерального сырья результаты исследования изменчивости линейных запасов или содержаний.

Разведочная сеть создается в плоскости залежей. Плотность (густота) разведочной сети определяется площадью, приходящей на одно разведочное пересечение. Плотность разведочной сети (R) есть безразмерный показатель – отношение объёма залежи (Q) к объему разведочной ячейки (q), т. е. $R=Q/q$. Однако в практике разведки практически всегда используют параметры, характеризующие расстояние между разведочными пересечениями, как в плоскости разведочных сечений, так и между ними.

Плотность разведочной сети зависит от размеров скоплений полезных ископаемых, сложности их геологического строения, целей разведочных работ, размеров оцениваемых (подсчетных) блоков. Чем гуще РЗС, чем меньше размер ее ячейки, тем большей разрешающей способностью она обладает и тем более глубокий уровень в строении оцениваемых объектов она вскрывает. По мере сгущения РЗС у наблюдаемой изменчивости разведочных параметров меняется соотношение между ее случайной и закономерной составляющими в сторону увеличения последней. Суммарная изменчивость остается постоянной, что выражается в постоянстве величины ее дисперсии при разной густоте РЗС (Шевелев, 2004).

Мерой, определяющей степень сгущения разведочной сети, служит выявляемая доля координированной изменчивости свойств залежей полезных ископаемых. Только при ее наличии правомерна геометризация параметров залежей. Составляющая неслучайной (координированной) изменчивости может быть выявлена и оценена горно-геометрическими и математическими методами.

В практике геологоразведочных работ при оптимизации РЗС задействуют следующие методы (способы):

- аналогии;
- разрежения (сгущения) разведочной сети;
- сравнения данных разведки с данными эксплуатации;
- геометро-статистический;
- совокупность математических методов

и ряд других способов.

Способ аналогии применяется в соответствии с принципом аналогии. Первоначально разведочная сеть принимается по аналогии с другими близкими по геологическому строению объектами. Месторождения должны относиться к одному геолого-промышленному типу. В данном случае задействуется *межобъектная аналогия.* Наибольшее значение способ приобретает на стадии оценочных работ в связи с недостатком сведений о геологическом строении оцениваемого объекта.

Способ базируется на отнесении разведуемого объекта к определенной группе сложности строения и выборе плотности РЗС на основе обобщения данных разведки многочисленных месторождений, приведенных в «Методических указаниях по применению классификации запасов…», МПР РФ, 2007. Накопленный опыт указывает на определенную условность отнесения объектов к той или иной группе. Индивидуальность объектов является основной причиной ошибок при использовании метода. Чем необычней по строению, составу оцениваемые недра, тем ниже оказывается возможность использования способа аналогии.

В пределах месторождения возможно применение *внутриобъектной аналогии* – использование апробированных разведочных сетей на участках выборочной детализации или в пределах отработанных частей залежей. Способ аналогии является наиболее используемым. Однако в рекомендациях ГКЗ подчеркивается, что он является приближенным и обязательно требует заверки соответствующими экспериментами и расчетами.

Способ разрежения относится к категории экспериментальных. Основан на предположении, что достигнутая на объекте густота сети наблюдений заведомо обеспечивает требуемую точность результатов, что чаще не является бесспорным. Способ сводится к последовательному разрежению исходной разведочной сети в 2, 3, 4 и т. д. раз. По разреженной РС определяются средние параметры разведочного участка, сосредоточенные в них запасы, строятся геологические разрезы. Затем производится их сравнение с «истинными» характеристиками, полученными на основе всех разведочных данных по исходной сети. Обнаруживающиеся различия рассматриваются как погрешности, к которым приводит конкретное разрежение сети. Задавая допустимый уровень погрешности, можно установить минимальную густоту сети, при которой во всех вариантах пространственного расположения точек наблюдений погрешности оценки параметра не превысят допустимого значения. Изменение наблюдаемого облика залежи полезного ископаемого при последовательном разрежении сети точек наблюдений отражено на рисунке 29. В тоже время следует отметить, что способ разрежения, как метод сравнения, следует применять в качестве общетеоретического исследования, а не оперативного средства для оценки сети разведуемого объекта (Шевелев, 2004).

Способ сгущения разведочной сети – экспериментальный способ, имеющий конкретную прикладную направленность. Он применяется в тех случаях, когда имеющаяся сеть точек наблюдений признана недостаточно густой или необходим контроль правильности представлений о геологической модели объекта. При последовательном сгущении сети следует постоянно анализировать изменение представлений о морфологии рудных тел, условиях их залегания и иных геологоразведочных параметров. Одним из показателей достаточности РЗС является однозначная увязка геологических элементов и рудных тел на планах и разрезах.

Следует учитывать, что при каждом сгущении сети имеется только один вариант пространственного положения начального пункта сети. Для этого варианта определяется среднее значение исследуемого параметра и вероятная погрешность его оценки. Достаточной признается такая густота сети, которая обеспечивает погрешности ниже допустимой, а увязка данных по соседним разведочным выработкам становится однозначной.

Способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации заключается в сравнении разведочной модели недр с наиболее достоверной, основанной на наиболее детальном изучении недр в процессе эксплуатационных работ. Различие, которое при этом фиксируется, рассматривается как показатель, оценивающий правильность и точность разведки (Комплексная ГЭО…, 1990; Сборник нормативно-методических документов…, 1998, Шевелев, 2004). Данные разведки и отработки сопоставляются в контурах запасов, ранее прошедших экспертизу в ГКЗ РФ, с учетом отработки запасов за пределами этих контуров

Сравнению подлежат запасы полезного ископаемого и их компонентов, все подсчетные параметры (мощность тел полезных ископаемых, содержание полезных и вредных компонентов, объемная масса, площадь тела полезного ископаемого, коэффициент рудоносности и т. д.).

При сопоставлении должны анализироваться не только параметры и общие цифры запасов, но и выявленные изменения в представлениях об особенностях геологического строения месторождения; анализируется их влияние на количество и качество запасов полезного ископаемого. Должны вскрываться причины расхождений сопоставляемых данных разведки и отработки. Должна быть доказана достоверность данных эксплуатационной разведки, эксплуатационного опробования очистных выработок, геолого-маркшейдерского и фабричного учета, достоверность учета потерь и разубоживания (рис. 2, 30, 31).

Необходимо отметить, что результаты эксплуатации месторождения нельзя рассматривать как безошибочные. При разработке месторождения не всегда полностью учитываются потери и разубоживание минерального сырья, а это искажает представление о морфологии и качестве тел полезных ископаемых. Подготовительные и очистные работы часто не проводятся в тектонически сложных зонах, на участках размыва залежей, их расщепления или выклинивания, что снижает достоверность собранных сведений. Поэтому на практике применение способа чаще ведется путем сравнения не с данными добычи, а с результатами эксплуатационного опробования.

В результате сопоставления данных разведки и разработки даются рекомендации, направленные на повышение достоверности исходных разведочных данных, методики разведки, оконтуривания и подсчета запасов.

Геометро-статистический способ имеет достаточно надежный и относительно простой математический аппарат, широкий диапазон применения. Возможности использования метода для решения комплекса горно-геологических задач рассмотрены ранее (см. раздел 11.3). Здесь приведена методика решения лишь одной задачи – определения рациональной плотности разведочной сети.

Для решения прикладных геологоразведочных задач обычно используют данные эксплуатационной разведки. Подбор данных проводится на профилях, ориентированных по простиранию и падению рудных тел. Размеры между точками наблюдений соответствуют расстояниям между точками отбора проб в горных выработках или скважинах. Длина профилей соответствует параметрам рудных тел по исследуемым направлениям. Обработка материалов заключается в построении одномерных графиков изменчивости геологических параметров в системе координат: содержание полезного компонента (мощность залежи) – расстояние. Затем проводится выравнивание (сглаживание) исходных данных, оценка уровненного строения, частотных и амплитудных характеристик изучаемых полей (геохимических, морфометрических).

Для обоснования плотности и геометрии разведочной сети применяется *способ геометрической автокорреляции*, соответствующий геометро-статистической модели (Рудничная…, 1986; Петруха, 2003). Способ позволяет вычислять значение радиуса геометрической автокорреляции (R_q, м) после выравнивания исходных данных по формуле: $R_q=L(1+2K_q)^{-1}$, *где* L – длина участка аппроксимации (исследуемого профиля), м; K_q – количество экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на профиле; q – структурный уровень. Оптимальный шаг разведки принимается равным среднему значению радиуса геометрической автокорреляции, вычисленному по сечениям рудного тела (по простиранию и падению).

Геометро-статистическая модель используется для установления связи между уровнями частотной изменчивости параметра (R_q) и категориями разведанных запасов. Применение модели оправдано при преобладании закономерной составляющей изменчивости признака над случайной составляющей или при их равных соотношениях.

Обоснование оптимальной плотности разведочной сети для медноколчеданных месторождений Урала, выполненное Л. М. Петрухой (1991), позволило установить, что распределение меди, цинка, серы в рудных телах месторождений в основном изометричное. Оценка анизотропии (A) изменчивости геологоразведочных параметров, определенной как соотношение значений (R_q) по простиранию и падению рудных тел ($A=R_{q1} / R_{q2}$), показала, что среднее значение A=1,1, т. е. близко к единице. В связи с этим разведочная сеть на медноколчеданных месторождениях должна быть квадратной, а не прямоугольной (как это отражено в Методических рекомендациях ГКЗ).

Обоснование плотности разведочной сети с использованием аппарата стационарной случайной функции и геостатистической модели рассмотрены ранее (см. раздел 11.3).

Контрольные вопросы к теме 3

1. Принципы разведки. Для чего они разработаны?
2. В чем заключается принцип последовательных приближений?
3. Как реализуется принцип аналогии?
4. В чем заключается принцип максимальной эффективности?
5. На какие этапы и стадии подразделяется процесс геологического изучения недр?
6. На какой стадии геологоразведочных работ рудопроявление переходит в разряд месторождений?
7. Что такое – месторождение оценённое, месторождение разведанное?
8. Какой документ подготавливается по результатам разведки месторождения? Каково его содержание?
9. Какие виды горных выработок применяются при разведке? Охарактеризуйте условия их применения.
10. Перечислите преимущества и недостатки применения при разведке буровых скважин.
11. Какие геофизические методы применяются при изучении поверхности месторождений?
12. Какие задачи при разведке позволяет решать каротаж скважин?
13. Какие данные позволяют получить применение геофизических методов при изучении межскважинного пространства?
14. Что такое система разведки?
15. Типы разведочных сетей.
16. Плотность разведочной сети; какие факторы определяют ее обоснование?
17. В чем сущность способов аналогии и разрежения при обосновании плотности разведочной сети?
18. Как осуществляется сопоставление данных разведки и эксплуатации при обосновании плотности сети наблюдений?

19. Что лежит в основе математических методов обоснования плотности разведочной сети (статистического, геометро-статистического, геостатистического и др.)?

Тема 4
Подсчет запасов полезных ископаемых

КОНДИЦИИ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству и количеству полезных ископаемых, горно-геологическим и иным условиям их разработки, обеспечивающим наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на рациональной экономической основе с учетом экологических последствий эксплуатации месторождения (Методические рекомендации…, 2007; Временное руководство…, 1997). Кондиции – это основной инструмент геолого-экономической оценки месторождений. Они разрабатываются и уточняются в процессе геолого-экономической оценки месторождений по материалам их разведки и эксплуатации на основе специального технико-экономического обоснования (ТЭО).

Для подсчета запасов рудных месторождений, а также отдельных видов нерудного сырья (горно-химического, плавикового шпата, барита, графита, талька, асбеста, слюды), кондиции могут включать следующие параметры:

- бортовое содержание компонента в пробе или условия оконтуривания рудных тел в геологических границах;
- минимальное содержание компонента в краевой выработке;
- минимальное промышленное содержание компонента в подсчетном блоке, запасы которого относятся к балансовым;
- коэффициенты приведения содержания попутных компонентов к основному в комплексных рудах и минимальное их содержание, учитываемое при приведении;
- максимально допустимое содержание вредных примесей в краевой пробе, оконтуривающей выработке и по месторождению;
- минимальная мощность тел полезного ископаемого или минимальный метропроцент (метрограмм);
- максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный коэффициент рудоносности для месторождений с прерывистым и гнездовым распределением полезных компонентов;
- минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым.

По остальным типам месторождений полезных ископаемых (карбонатные породы, магнезиты, дуниты, цементное сырье и другие) кондиции для подсчета запасов включают:

- требования к качеству полезного ископаемого (или получаемой из него продукции) в соответствии с действующими стандартами и техническими условиями или обусловленными результатами технологических испытаний;
- условия подсчета запасов по сортам (классам, маркам) конечной продукции;
- минимальную мощность тела полезного ископаемого;
- максимально допустимую мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчетный контур полезного ископаемого;
- минимальный выход конечной продукции.

Для каждого месторождения, в зависимости от геологического строения, горно-технических условий разработки и требований промышленности к качеству минерального сырья, учитывают только те их перечисленных параметров, которые необходимы для геолого-экономической оценки его промышленного назначения.

Рассмотрим важнейшие кондиционные показатели.

Бортовое содержание – это наименьшее содержание полезных компонентов в пробах, включенных в подсчет запасов, при оконтуривании по мощности тела полезного ископаемого в случае отсутствия четких геологических границ. Оно должно отвечать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. В комплексных месторождениях бортовое содержание выражается суммой содержаний полезных компонентов, имеющих промышленное значение. Эта сумма должна быть приведена к содержанию условного основного компонента, имеющего максимальную извлекаемую стоимость. Примеры оконтуривания месторождений при различных вариантах бортового содержания приведены на рисунках (рис. 32, 33).

Бортовое содержание определяется на основе повариантных подсчетов запасов. В качестве исходного варианта целесообразно применять бортовое содержание месторождения, аналогичного оцениваемому (по типу оруденения, размерам, морфологии рудных тел, вещественному составу руд, условиям разработки). Варианты с более высокими или низкими бортовыми содержаниями следует подбирать таким образом, чтобы разница в запасах руды, подсчитываемых при снижении (повышении) бортовых содержаний, составляла, как правило, не менее 10 % от общих запасов ближайшего варианта. Количество вариантов обычно не превышает 5 и чаще всего ограничивается значением 3. В случаях, когда сведения о бортовом содержании на аналогичном месторождении отсутствуют, первоначальную ориентировочную величину этого параметра в качестве исходного варианта определяют аналитическим путем, исходя из цены полезного компонента, коэффициента сквозного извлечения, разубоживания при добыче, удельных затрат на добычу и переработку. Последние определяются, исходя из укрупненных показателей намеченных систем добычи и переработки полезных ископаемых и предполагаемого масштаба месторождения. Для аналитического выражения бортового содержания применяются следующие формулы:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{борт} = [(З_д + З_о) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_д$ и $З_о$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $Ц_к$ – цена 1 т полезного компонента в концентрате без налога на добавленную стоимость (НДС), руб.; $И_о$ – коэффициент извлечения при обогащении, доли ед.; р – разубоживание при добыче, доли ед.;

б) при ценах на товарные концентраты ($Ц_к$) с установленным в них содержанием ($С_к$) полезного компонента:

$$С_{борт} = [((З_д + З_о) \cdot С_к) / (Ц_к \cdot И_о \text{ х } (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Оконтуривание рудных тел в соответствии с вычисленной величиной бортового содержания и подсчет запасов позволяют установить, какова будет экономическая эффективность разработки месторождения, а также наметить величину прочих вариантов бортового содержания. При этом верхний предел бортового содержания не должен быть

выше минимального промышленного содержания, подсчитанного с учетом налогов, платежей и отчислений; нижний предел бортового содержания не должен быть ниже уровня содержаний, при которых полезный компонент не извлекается в товарную продукцию.

Минимальное содержание компонента в краевой выработке устанавливается в тех случаях, когда выявлено закономерное снижение содержаний полезных компонентов в краевых частях рудного тела. Оконтуривание рудных тел в соответствии с минимальным содержанием в краевых выработках должно соответствовать наибольшему экономическому эффекту разработки месторождения. Это минимальное содержание определяется вариантным способом.

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке – это содержание, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат и получение минимальной установленной прибыли.

Минимальное промышленное содержание без учета налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%,$$

где $З_у$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды, руб.; $К_у$ – удельные капитальные вложения в строительство горнопромышленного предприятия, руб.; Е – учетная ставка банка, доли ед.; при отсутствии инфляции принимается 5-6 %;

б) при ценах на товарные концентраты:

$$С_{мин} = [(З_у + К_у \cdot Е) \cdot С_к] / [(Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Минимальное промышленное содержание с учетом налогов, платежей и отчислений определяется по формулам:

а) при ценах на содержащийся в концентрате полезный компонент

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) / (Ц_к \cdot И_о \text{ х } (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%\ ,$$

где $З_{ун}$ – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1 т руды с учетом налогов, которые входят в структуру эксплуатационных затрат; $Н_у$ – налоги, платежи, отчисления на прибыль в расчете на 1 т годовой добычи руды;

б) при ценах на товарные концентраты

$$С_{мин.\ н} = [(З_{ун} + К_у \cdot Е + Н_у) \cdot С_к / (Ц_к \cdot И_о \cdot (1\text{-}р))] \cdot 100\ \%.$$

Приведенное содержание полезных компонентов комплексных руд к содержанию условного компонента осуществляется с использованием переводных коэффициентов. Эти коэффициенты определяются исходя из соотношения цен полезных компонентов и коэффициентов извлечения при обогащении руд. Минимальное содержание, учитываемое при приведении к содержанию условного компонента, принимается равным содержанию, при котором минеральное образование не извлекается при принятой технологии обогащения:

$$К_{пр} = (Ц_п \cdot И_п) / (Ц_о \cdot И_о),$$

где $Ц_о$ и $Ц_п$ – цена 1 т основного и попутного компонента в концентрате, руб.; $И_о$ и $И_п$ – соответственно их коэффициенты извлечения, доли ед.

Максимальные допустимые содержания вредных примесей у полезных ископаемых, используемых без обогащения, устанавливаются в пробе или в интервале

разведочной выработки в соответствии с требованиями промышленности. Если при отработке месторождения предусматривается усреднение добытого минерального сырья, максимально допустимое содержание вредных примесей может быть установлено для подсчетного блока. При обогащении полезного ископаемого, когда вредные примеси полностью или частично переходят в концентрат и не извлекаются из него в дальнейшем, соответствующие ограничения вводятся для подсчетного блока. В случае, когда для удаления вредных примесей из концентрата требуется дополнительная переработка, их содержание в подсчетном блоке учитывается через величину минимального промышленного содержания полезного компонента.

Минимальная мощность полезного ископаемого и *максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных полезных ископаемых* устанавливается исходя из принятого способа и системы разработки месторождения. Целесообразность отработки рудных тел меньшей мощности, но с повышенным содержанием полезных компонентов, определяется по *метропроценту* (*метрограмму*) исходя из установленной минимальной мощности тела полезного ископаемого и бортового содержания.

В случае сложного строения рудных тел, когда рудные интервалы чередуются с безрудными, для уточнения величины максимально допустимой мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд проводится подсчет запасов при разной мощности этих слоев по каждому из оцениваемых вариантов бортового содержания. Оценка влияния прослоев на размеры и форму рудных тел и последующую эффективность добычи и переработки полезного ископаемого позволяет установить оптимальную величину этого параметра кондиций.

Коэффициент рудоносности применяется в случае невозможности выделить и оконтурить в процессе геологоразведочных работ отдельные рудные тела. Минимальная величина коэффициента рудоносности устанавливается для подсчетного блока, исходя из минимально приемлемой рентабельности разработки месторождения, при определении которой наряду с общепринятыми затратами учитываются дополнительные, связанные с доразведкой и оконтуриванием рудных тел и их селективной выемкой.

Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, при которых они относятся к балансовым ($Q_{мин}$), устанавливаются исходя из дополнительных расходов, связанных с их вскрытием и отработкой, по формуле:

$$Q_{мин} = [К_д \cdot (1\text{-}р)] / [(Ц_{из} – З_{ун} – Н_у – К_д \cdot Е) \cdot (1\text{-}п)],$$

где $К_д$ – капитальные вложения, необходимые на проходку дополнительных вскрышных выработок, руб.; $Ц_{из}$ – извлекаемая в концентрат ценность полезных компонентов из 1 т руды, руб.; п – потери при добыче, доли ед.

ОКОНТУРИВАНИЕ ЗАПАСОВ

Оконтуривание является одной из самых ответственных операций при подсчете запасов. Оно заключается в ограничении рудных тел или их разведанных участков на площади и в разрезе.

Оконтуривание запасов ведется по промышленным кондициям. Запасы оконтуриваются по трем направлениям: *мощности, простиранию и падению* рудной

залежи. Исходными материалами для оконтуривания служат данные геологической документации и результаты опробования.

Контур может представлять собой: 1) естественные границы рудных тел; 2) линию с бортовым содержанием; 3) линию с нулевым содержанием полезного компонента; 4) линию с минимальной промышленной мощностью рудного тела; 5) линии разных типов и сортов руд; 6) линии, разграничивающие запасы разных категорий; 7) линии участков с разными условиями вскрытия и разработки; 8) линии предельного содержания вредных примесей. Некоторые типы контуров приведены на рисунках 34, 35.

Если тело не имеет естественных природных границ, его оконтуривают чаще всего по бортовому содержанию или по минимальной промышленной мощности.

При оконтуривании запасов различают внутренний и внешний контуры. *Внутренний контур* – линия, соединяющая крайние точки с кондиционными содержанием и мощностью; *внешний контур* – линия, проведенная за пределами этих точек по более низким (некондиционным) показателям. Площадь между внутренним и внешним контурами принято называть *межконтурной полосой* (рис. 36).

Оконтуривание начинается с определения *опорных точек*, через которые затем проводится линия контура. Положение опорных точек устанавливают методами интерполяции и экстраполяции. *Метод интерполяции* заключается в определении мощности или содержания между смежными выработками. *Метод экстраполяции* состоит в определении мощности или содержания за пределами выработок. Различают *ограниченную экстраполяцию*, когда внешняя контурная линия проводится между рудной и безрудной точками, и *неограниченную экстраполяцию*, когда эта линия проводится за пределами контура выработок, где данные о параметрах рудного тела отсутствуют.

Положение опорной точки между двумя пробами определяется с помощью интерполяции, если содержание полезного компонента изменяется закономерно, то есть переход между рудой и вмещающими породами постепенный. При незакономерном изменении содержания промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами с кондиционным и некондиционным содержанием или даже через крайнюю кондиционную пробу. Положение опорной точки при экстраполяции принимается на половине, трети или четверти расстояния между выработками или определяется по естественным формам выклинивания рудных тел.

Для полого залегающих плоских изометричных тел площадь оконтуривается в плане, для крутопадающих плоских тел – на продольных разрезах и вертикальных проекциях. Для крутопадающих тел с выдержанными углами падения оконтуривание площади иногда проводят на проекции, параллельной плоскости падения.

Как во внутренних, так и во внешних контурах, производится блокировка запасов по категориям, типам и сортам руд, условиям залегания, вскрытия, разработки и т. д.

Вначале оконтуривание выполняется по отдельным выработкам, затем по отдельным разведочным сечениям (вертикальным или горизонтальным) и только потом в целом по рудному телу.

*Оконтуривание рудных тел в пределах отдельных разведочных выработок з*ависит от их ориентировки относительно рудного тела. В *секущих* выработках при наличии четких геологических контактов с вмещающими породами границы тела определяются по

данным непосредственных наблюдений в забое горных выработок или по керну буровых скважин. При отсутствии четких геологических контактов границы тела полезного ископаемого определяются по результатам опробования и проводятся между породами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента. При этом возможны 2 случая: а) если опробование выполнено сплошной бороздой, контур тела проводится по границе последней пробы, показавшей кондиционное содержание; б) если опробование проводится с интервалом между пробами, то границы промышленной части тела проводят между пробами способом интерполяции.

При незакономерном изменении содержания полезного компонента промышленный контур проводят обычно через середину расстояния между пробами, показавшими кондиционное и некондиционное содержание полезного компонента (рис. 37).

В *прослеживающих* выработках кроме распределения полезного компонента необходимо учитывать и характер выклинивания рудного тела. При резком выклинивании контур проводится по данным непосредственных наблюдений. При постепенном выклинивании учитывается характер изменения содержания и мощности.

Если содержание полезного компонента снижается постепенно, а мощность остается постоянной, то оконтуривание производится по содержанию. Здесь существуют те же два варианта, что и для секущих выработок: при опробовании сплошной бороздой контур проводят через границу последней кондиционной пробы, а при поинтервальном опробовании – методом интерполяции по приведенной выше формуле.

Если наблюдается постепенное уменьшение мощности тела, а содержание остается постоянным, то контур проводится либо по мощности, либо по метропроценту (метрограмму). Граница промышленной части тела определяется по следующим формулам:

$$X=L(M_{мин}-M_B)/(M_A-M_B),$$

где X – расстояние от точки B с некондиционной пробой пробы до контура тела; L – расстояние между кондиционной (A) и некондиционной (B) пробами; M_A и M_B –мощности тела соответственно в точках A и B; $M_{мин}$ – минимальная мощность, установленная кондициями;

$$X=L(M\%_{мин} - M\%_B)/(M\%_A - M\%_B),$$

где $M\%_{мин}$ – минимальный метропроцент, установленный кондициями; $M\%_A$ и $M\%_B$ – значение метропроцента соответственно в точках A и B.

Положение контура тела может быть намечено также по данным непосредственных замеров мощности в выработках.

Наконец, при одновременном уменьшении мощности тела и содержания полезного компонента оконтуривание производится по минимальному метропроценту (метрограмму).

Положение контура тела между двумя точками можно определять также графическим способом или специальной палеткой (транспарантом).

Учитывая, что расстояния между пробами обычно небольшие, особенно для руд цветных, редких металлов и золота, нередко поступают проще: проводят контур посередине между кондиционной и некондиционной пробами.

Оконтуривание тел полезных ископаемых по совокупности разведочных выработок производится на планах, разрезах или проекциях. При этом различают 3 случая проведения контура: 1) по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках; 2) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными; 3) между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – отсутствием полезного ископаемого.

Проведение контура по опорным точкам, установленным непосредственно в выработках, выполняется двумя путями. При наличии четких геологических границ рудных тел опорные точки наносятся на планы, разрезы или проекции по данным непосредственных замеров в выработках (рис. 38). При отсутствии четких границ опорные точки определяются в пределах каждой выработки по данным химических анализов описанными выше способами. Оконтуривание состоит в соединении опорных точек.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, другая – некондиционными, производится в зависимости от характера распределения полезного компонента. При равномерном распределении и постепенном изменении содержания полезного компонента опорные точки определяются рассмотренным выше способом интерполяции с использованием приведенных формул, графически или с помощью палетки. При неравномерном распределении полезного компонента или неравномерном изменении мощности контур обычно проводят через середину расстояния между выработкой с кондиционными и выработкой с некондиционными показателями. На месторождениях с крайне неравномерным распределением полезного компонента контур рудного тела часто проводят через крайние кондиционные выработки.

Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых характеризуется кондиционными показателями, а другая фиксирует полное отсутствие тела полезного ископаемого, осуществляется в зависимости от характера выклинивания тела. При резком выклинивании промышленный контур проводят через середину расстояния между выработками, то есть способом ограниченной экстраполяции. Кондиционная мощность тела, вскрытая выработкой, распространяется до середины расстояния между выработками. При закономерном, постепенном выклинивании рудного тела нулевой контур также проводят через середину расстояния между выработками, а положение подсчетного контура определяется способом интерполяции между выработкой с промышленной концентрацией полезного ископаемого и принятым нулевым контуром (рис. 39).

Описанные приемы оконтуривания тел обычно применяются для определения положения контура не только между разведочными выработками (рис. 40), но и между разведочными разрезами (линиями).

Определение контуров тел полезных ископаемых за пределами разведочных выработок, или неограниченная экстраполяция, практикуется для запасов низких категорий C_1 и C_2, подлежащих дальнейшей разведке. При оконтуривании используются разнообразные геологические, морфологические, геофизические, статистические и геометрические приемы.

ПАРАМЕТРЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Подсчет запасов полезных ископаемых в общем случае осуществляется по следующей схеме:

1) определяется объем залежи V как произведение площади S на среднюю мощность M: $V = S \cdot M$;

2) определяется запас руды Q как произведение объема V на объемную массу D: $Q = V \cdot D$, при этом обязательно учитывается естественная влажность руд;

3) определяется запас металла P как произведение запаса руды Q на среднее содержание металла C: $P = Q \cdot C \cdot 10^{-2}$, если содержание выражено в %, или $P = Q \cdot C \cdot 10^{-6}$, если в г/т.

Для одних полезных ископаемых (многие виды строительных материалов, природный газ, а в западных странах и нефть) подсчет запасов останавливается на вычислении объема. Количество некоторых иных видов сырья (железные руды, хромиты и др.) подсчитываются в виде запасов руды. Для большинства рудных элементов требуется расчет запасов металла.

Из приведенной схемы видно, что основными параметрами, необходимыми для подсчета запасов, являются площадь, средняя мощность, объемная масса руды и среднее содержание в ней полезных компонентов. Кроме того, могут использоваться разные поправочные коэффициенты.

Площадь устанавливается в результате оконтуривания рудных тел на планах и проекциях. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры, сложные – с помощью палетки, планиметра или курвиметра. В современных условиях площадь определяется с помощью компьютерных программ.

При наклонном залегании тела полезного ископаемого необходимо привести полученный замер площади к истинному значению, для чего вводят поправку на угол падения залежи β для замеров на плане по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \cos\beta,$$

для замеров на вертикальной проекции по формуле:

$$S_{ист.} = S_{изм.} / \sin\beta.$$

Мощность тела полезного ископаемого в пределах контура подсчета запасов определяется по данным горных и буровых работ, а также каротажа скважин. Если рудные тела имеют четкие геологические границы с вмещающими породами, их мощность устанавливается непосредственно с помощью замеров. Если четких геологических контуров нет, мощность рассчитывают по результатам секционного опробования по бортовому или минимальному промышленному содержанию полезного компонента.

В горных выработках мощность определяют замером расстояния от кровли до подошвы залежи при их документации и опробовании. Мощность рудных тел по данным бурения устанавливают прямыми или косвенными способами. Прямой способ – это расчет мощности по керну при колонковом бурении и по данным опробования шлама при ударном бурении, косвенные – по данным каротажа скважин или по наблюдениям в процессе бурения за изменением скорости углубки скважин, за цветом или составом шлама.

Разведочные выработки часто пересекают тело полезного ископаемого не по истинной мощности, а под некоторым углом. При пологом залегании замеряется вертикальная мощность $M_в$, при крутом падении – горизонтальная $M_г$. По керну или геофизическим данным мощность определяется длиной рудного интервала $M_{скв}$. Эти так называемые наблюдаемые мощности отличаются от истинной мощности $M_{ист}$ и приводятся к ней по геометрическим формулам (рис. 41):

$$M_{ист.} = M_г \cdot \mathrm{Sin}\alpha,$$

$$M_{ист.} = M_в \cdot \mathrm{Cos}\alpha;$$

$$M_{ист.} = M_{скв.} \cdot \mathrm{Cos}(\alpha\text{-}\beta) \cdot \mathrm{Cos}\gamma,$$

где α – угол падения залежи, β – зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи; γ – угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения залежи.

Среднее значение мощности определяется среднеарифметическим или средневзвешенным способом. Метод среднего арифметического применяют при более или менее равномерном распределении пунктов замера мощностей. В этом случае средняя мощность M определяется по формуле:

$$M = \sum m / n,$$

где n – количество замеров мощности.

Способ средневзвешенного применяется при резко неравномерном распределении точек замера и установленном направлении закономерностей изменчивости мощности. Средневзвешенная мощность рассчитывается по формуле:

$$M=\sum m \cdot l / \Sigma l,$$

где l – расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Объемная масса руды должна быть установлена с учетом естественной пористости, трещиноватости и кавернозности полезного ископаемого. Она определяется лабораторным или полевым способами. При применении лабораторного способа объемная масса определяется путем взвешивания образцов, покрытых пленкой парафина, в воздухе и в воде или взвешиванием и определением их объема в мерном сосуде. При полевом способе проходится горная выработка и вся добытая горная масса взвешивается, а пройденное пространство замеряется. Соотношение массы полезного ископаемого и объема даст объемную массу. Считается, что для определения объемной массы этим способом достаточно 10 м^3 полезного ископаемого. Этот способ более точный.

Объемная масса должна определяться для каждого сорта и типа полезного ископаемого, запасы которых учитываются самостоятельно. Количество определений объемной массы должно быть достаточным для надежного обоснования средних величин. Считается, что для однообразных по сложению полезных ископаемых достаточно 10-20, а для более сложных 20-30 определений объемной массы типичного материала для каждого сорта полезного ископаемого.

При этом обязательно учитывается *естественная влажность руды*, которая может достигать у отдельных полезных ископаемых 30-40 % и более. Учет естественной влажности необходим в связи с тем, что анализы проводятся с сухими навесками после просушивания проб при 105-110 ºС, а содержание полезных компонентов определяется

для воздушно-сухой массы. Поэтому необходима поправка в содержание на влажность руды по формуле:

$$С_{вл.} = С_{сух.} \cdot (100 - В) / 100,$$

где $С_{вл.}$ – содержание полезного компонента по влажной руды, % или г/т; $С_{сух.}$ – то же в сухой руде; В – влажность, при которой определена объемная масса, %.

Чаще пересчитывают не содержание на сырую руду, а объемную массу сырой руды $D_{вл.}$ на сухую $D_{сух.}$ по формуле:

$$D_{сух.} = D_{вл.} \cdot (100 - В) / 100.$$

Естественная влажность определяется как отношение потери массы штуфа в результате высушивания к массе влажного образца и вычисляется путем сравнения массы проб влажного минерального сырья $Q_{вл.}$ с массой тех же проб, просушенных до постоянной массы при 105-110 ^{o}С, $Q_{сух.}$, по формуле:

$$В = 100 \cdot (1 - Q_{сух.} / Q_{вл.}).$$

Необходимо учитывать, что влажность не является величиной постоянной и изменяется в зависимости от глубины залегания полезного ископаемого, времени года, уровня грунтовых вод и др.

Среднее содержание определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное по скважине, выработке, горизонту, блоку, участку и месторождению в целом. Чаще всего применяют среднее содержание, взвешенное на длину проб, то есть на их мощность.

Поправочные коэффициенты вводятся для *уменьшения запасов* при прерывистом (дискретном) оруденении, разобщенности рудных тел, наличии безрудных даек, участков пустых пород, валунов и т. п. Коэффициенты для *увеличения запасов* применяются при избирательном выкрашивании рудных компонентов из керна, при намыве ценных компонентов при разработке россыпей. Могут вводиться поправочные коэффициенты на систематические погрешности химанализов, замеров мощностей в скважинах и др.

МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

Существует довольно много разных методов подсчета запасов. Все они основаны на определении объема подсчетных контуров, которые сравниваются с равновеликими геометрическими фигурами. Запасы подсчитываются по простейшим формулам:

$$V = S \cdot m,\ Q = V \cdot d,\ P = Q \cdot C / 100,$$

где V – объем тела полезных ископаемых, S – площадь тела на проекции, m – средняя мощность, Q – запасы руды, d – объемная масса руды, C – среднее содержание полезного компонента в %.

Наибольшим распространением пользуются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов и статистический.

Метод геологических блоков является универсальным для подсчета запасов плоских тел. При этом методе выделяют блоки разной величины, отличающиеся по степени разведанности, мощности, содержанию полезных компонентов, типам и сортам руд, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям (рис. 42).

Частным случаем этого метода является *метод среднего арифметического*, когда все тело рассматривается как один подсчетный блок.

Метод эксплуатационных блоков применяется также для подсчета запасов плоских тел, разделенных горными выработками и буровыми скважинами на эксплуатационные блоки. Оконтуривание и подсчет запасов по каждому блоку аналогично методу геологических блоков (рис. 43).

Метод разрезов применяют для подсчета запасов изометричных, трудообразных и сложных по форме тел (рис. 44, 45). Разрезы могут быть *вертикальными* или *горизонтальными*. Заключенная между смежными разрезами часть рудного тела рассматривается как призма, если площади смежных сечений близки, или как пирамида, если эти сечения существенно различаются по площади. Объем части рудного тела между двумя разрезами определяется соответственно по формуле для призмы или пирамиды. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, определяется по формуле клина. При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание определяют вначале для каждого разреза. В блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площадь сечения.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят *статистическими методами*. Это относится в основном к месторождениям IV группы, когда совмещаются разведка и эксплуатация. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ СОПУТСТВУЮЩИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

К попутным полезным ископаемым относятся минеральные комплексы (горные породы, руды, подземные воды, рассолы), добыча которых при разработке основного полезного ископаемого экономически целесообразна. К *попутным компонентам* относятся заключенные в полезных ископаемых минералы, металлы и другие химические элементы в их соединениях, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождения, но при переработке полезных ископаемых могут быть рентабельно извлечены и реализованы на внутреннем или международном рынке.

Попутные полезные ископаемые и компоненты в зависимости от форм нахождения, связи с основными для данного месторождения полезными ископаемыми и компонентами и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения), разделяются на три группы (Шевелев, 2004). *К первой группе* относятся попутные полезные ископаемые, образующие самостоятельные пласты, залежи или рудные тела в породах, вмещающих основные рудные тела:

- железные руды на марганцевых месторождениях;
- серный колчедан, барит-полиметаллические руды, золотосодержащие кварциты на медноколчеданных месторождениях;
- свинцовые и медно-свинцовые руды на месторождениях медистых песчаников;
- огнеупорные глины, каолины на месторождениях бокситов и угля и др.

К этой же группе относятся вскрышные породы, по составу и свойствам пригодные для производства строительных материалов или для других целей, а также торф и в некоторых случаях почвенно-растительный слой и породы, пригодные для использования в сельском хозяйстве.

К жидким попутным полезным ископаемым относятся подземные воды, участвующие в обводнении подземных горных выработок, если они пригодны для водоснабжения, извлечения из них ценных компонентов или бальнеологических целей.

Ко второй группе относятся попутные компоненты, образующие собственные минералы, которые при обогащении могут быть выделены в самостоятельные концентраты или промпродукты, а в отдельных случаях накапливающиеся в продуктах обогащения основных компонентов в количестве, допускающем их последующее извлечение на экономически рациональной основе.

В эту группу могут быть объединены:

- титановые, медные и ванадийсодержащие минералы, золото- и кобальтсодержащий пирит, иногда апатит, гатчеттолит, бадделеит в железных рудах;
- сера (пирит и другие сульфиды), минералы свинца, цинка, серебра, самородное золото, кобальтсодержащий пирит в медноколчеданных рудах;
- молибденит в меднопорфировых месторождениях в гранитоидах, ванадийсодержащие минералы, апатит, титаномагнетит – в габброидах;
- минералы кобальта и серебра в медно-никелевых месторождениях;
- минералы меди, висмута, серебра, барит, флюорит в полиметаллических рудах и др.

К третьей группе относятся разного рода примеси в минералах основных и попутных компонентов (изоморфные, механические, микровключения собственных минералов и др.), а также органические, металлические или металлоорганические соединения в углях и углистых породах. Преобладающую часть попутных компонентов третьей группы составляют рассеянные элементы, широко распространенных в разных твердых полезных ископаемых при весьма низком содержании. К этой же группе относятся примеси в рудных минералах золота, серебра, платиноидов, тантала, молибдена и др.

При обогащении полезных ископаемых эти компоненты накапливаются в концентратах основных компонентов, а при переработке концентратов или непосредственном использовании полезных ископаемых в металлургическом, химическом, энергетическом и других производствах концентрируются в товарных продуктах или отходах.

К этой же группе относятся попутные компоненты, присутствующие в нефти и газе и выделяемые лишь при их переработке, а также заключенные в подземных минерализованных водах или рассолах. Состав попутных компонентов третьей группы зависит от вида полезного ископаемого и типа руд.

В полиметаллических рудах присутствует сурьма, кадмий, теллур, таллий, галлий, иногда германий.

Медноколчеданные руды обычно содержат селен, кадмий, теллур, реже таллий, индий, иногда кобальт, висмут, галлий и германий. В медистых песчаниках присутствует рений, реже германий, селен и таллий. В медно-никелевых рудах содержатся платиноиды, кобальт, сера, селен, теллур, таллий, галлий, германий.

Для медно-молибденовых руд характерно присутствие рения, селена, теллура, в меньшей степени индия, германия и галлия. Высокими концентрациями рения и низкими селена, теллура, германия и галлия характеризуются молибденовые руды.

Сульфидно-касситеритовым рудам обычно свойственны повышенные концентрации индия, кварц-касситеритовым и вольфрамитовым – скандия, иногда тантала. В кварц-золоторудных месторождениях нередко присутствует теллур, а в золотосульфидных – индий, кадмий, селен, теллур и платина.

Бокситы содержат галлий, ванадий, скандий, алуниты и нефелины – галлий и ванадий. Иногда в алюминиевом сырье в небольшом количестве содержится германий. В месторождениях калийных солей присутствует бром и рубидий, иногда цезий, в некоторых месторождениях каменной соли – литий.

В апатит-нефелиновых рудах содержится титан, галлий, стронций, редкие земли.

Угли и углистые породы могут содержать повышенное содержание германия, урана, галлия, реже – ванадия и рения. В подземных водах наряду с йодом и бромом присутствуют соединения магния, калия, бора, иногда лития, рубидия, цезия, стронция, германия и другие компоненты.

Изучение и геолого-экономическая оценка попутных полезных ископаемых и компонентов производится на всех стадиях геологоразведочных работ и в процессе освоения месторождения.

Запасы попутных полезных ископаемых (компонентов руд) должны подсчитываться способом, отвечающим характеру их залегания в месторождении или распределения в рудах, также учитывающим особенности промышленного использования запасов, которые определяют уровень и показатели их оценки.

При подсчете запасов попутных полезных ископаемых первой группы, образующих самостоятельные рудные и нерудные залежи во вскрыше месторождений, используются способы, применяемые при подсчете запасов аналогичных видов сырья в самостоятельных месторождениях.

Подсчет запасов попутных компонентов второй группы осуществляется в контурах запасов основного полезного ископаемого в соответствии с существующими для них требованиями. Для их изучения и оценки проводятся специальные минералого-геохимические исследования руд и отбираются групповые пробы.

Запасы попутных компонентов третьей группы подсчитываются и учитываются в месторождениях, целесообразность промышленного освоения которых обеспечивается экономикой извлечения основного компонента. При этом подсчет запасов попутных компонентов данной группы выполняется исключительно в пределах контура подсчета балансовых и забалансовых запасов основного компонента.

Комплексное изучение полезных ископаемых должно сопровождаться статистической обработкой результатов опробования на основные и попутные компоненты для обоснования возможности подсчета попутных компонентов корреляционно-регрессионным способом. Статистической обработке должно предшествовать выявление по данным минералогических исследований геохимической связи между отдельными попутными и основными компонентами, выражающейся в

преобладании приуроченности того или иного попутного компонента к минералам одного из основных компонентов.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны содержать:

- для каждого технологического типа полезного ископаемого – перечень попутных компонентов, запасы которых подлежат подсчету как балансовые;
- минимальное содержание попутных компонентов, учитываемые при приведении к условному содержанию основного компонента; переводные коэффициенты;
- минимальные содержания попутных компонентов в подсчетных блоках и отдельных рудных телах (залежах, пластах), если раздельная выемка и переработка полезных ископаемых с целью извлечения этих компонентов технически возможна и экономически целесообразна;
- дополнительные условия подсчета валовых и извлекаемых запасов попутных компонентов: по содержанию в рядовых или групповых пробах, по содержанию в минералах или концентратах, в целом по месторождению, по отдельным рудным телам или в подсчетных блоках.

ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

Сопоставление данных разведки и эксплуатации показывает, что расхождения в определении контуров рудных тел, подсчетных параметров, количественных и качественных показателей неизбежны. Причины этого в том, что разведка осуществляется по прерывистой сети наблюдений, а за пределами разведочных выработок параметры оруденения определяются путем интерполяции и экстраполяции. С другой стороны, при эксплуатации имеют место потери и разубоживание руд, которые при проектировании эксплуатации учитываются приближенно, что тоже вносит свой вклад в расхождение данных разведки и эксплуатации.

Небольшие отклонения рассматриваются как погрешности подсчета запасов. Если ошибки значительны, то говорят о неподтверждении запасов или качества минерального сырья.

Погрешности, возникающие при подсчете, подразделяются на три основные группы: геологические, технические и методические.

Геологические погрешности, или ошибки аналогии, возникают в результате распространения фактических данных, полученных при разведке по отдельным выработкам и скважинам, на соседние участки. Эти погрешности подвержены резким колебаниям, величина их зависит от степени изменчивости параметров оруденения, а также от плотности и равномерности разведочной сети. Геологические погрешности приводят к наиболее крупным ошибкам подсчета запасов, достигающим для категорий А и В до 10-15 %, а в отдельных случаях и выше.

Наиболее типичными геологическими ошибками являются объединение разрозненных мелких рудных тел в крупные, включение в один блок разных по качеству, технологии переработки или условиям залегания руд.

Технические погрешности связаны с техникой замеров и определения исходных параметров для подсчета запасов. Эта группа включает точность замеров мощности, химических анализов, определения объемной массы, естественной влажности и т. д.

Технические ошибки могут быть случайными и систематическими. Неизбежные случайные погрешности обычно не оказывают существенного влияния на точность определения запасов, поскольку, обладая переменным знаком, они взаимно компенсируются.

Систематические погрешности значительно более опасны, так как искажают результаты подсчета запасов, регулярно завышая или занижая их. Если имеются данные о систематических погрешностях, то категории запасов должны быть снижены. Систематические погрешности и их величина устанавливаются специальными контрольными методами, которые позволяют определить соответствующие поправочные коэффициенты и откорректировать результаты подсчета. К ним относятся коэффициент рудоносности, поправочный коэффициент к результатам химических анализов, к объемной массе и др. Систематические погрешности считаются недопустимыми и требуют устранения, хотя это не всегда удается.

Методические погрешности связаны с применением разных методов подсчета запасов. В целом, применение того или иного метода не оказывает существенного влияния на результаты подсчета. Различия обычно составляют 1-5 %, что находится в пределах точности технических операций подсчета. Снизить методические погрешности до минимума позволяет выбор метода подсчета запасов, который наиболее полно соответствует методике разведки и особенностям геологического строения месторождения, дает возможность учитывать распределение качественных показателей (типов и сортов руд) и в то же время сократить затраты времени и средств на разведку.

Оценка погрешностей подсчета запасов в процессе разведки является довольно сложной операцией. В действующих нормативных документах рекомендуется осуществлять подсчет запасов несколькими методами (Шевелев, 2004; Авдонин 2007).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ

В последнее время при подсчете запасов все в большей степени используют компьютерные технологии. В том числе, применяют приемы блочного моделирования, реализуемые на основе геоинформационных систем (Micromine, Surpak, Datamine и др.).

При обосновании методики моделирования необходимо учитывать особенности геологического строения месторождения, степень его изученности и последовательность проведения разведочных работ. Общая схема компьютерного моделирования и подсчета запасов включает:

- импорт базы геологоразведочных данных;
- проверку базы данных, ввод дополнительной информации;
- статистический анализ данных опробования и определение природных (естественных) бортовых содержаний компонентов;
- оконтуривание рудных тел с использованием кондиций и естественного бортового содержания;
- геометризацию месторождения – каркасное моделирование рудных тел, тектонических нарушений и т. д. (рис. 46);
- геостатистический анализ исследуемых компонентов;
- определение параметров интерполяции;

- блочное моделирование (рис.47);
- интерполяцию содержаний в блочную модель, используя альтернативные методы (обычный кригинг, индикаторный кригинг, метод обратных расстояний и др.);
- оценку запасов и их сравнение с более ранними оценками;
- классификацию запасов/ресурсов.

Схема построения блочной модели (БМ) показана на рисунке 48 (Рекомендации…, 2014).

Блочное моделирование основывается на разделении пространства месторождения на элементарные блоки (ячейки), в которых значения свойств объекта (в частности содержания полезного компонента) интерполируются из исходных данных опробования с учетом рассчитанных весовых коэффициентов. Для этого используются разные методы интерполяции, среди которых чаще применяются метод обратных расстояний (детерминистический способ) и кригинг (геостатистический метод).

Наиболее перспективным является *кригинг*, в основе которого лежат геостатистические исследования данных опробования. Геостатистика на сегодня является наиболее мощным инструментом для получения достоверной информации о запасах полезных ископаемых в недрах, оптимального планирования их отработки и проведения геологоразведочных работ. Геостатистический метод решает *две основные задачи*: нахождение наиболее вероятной оценки запасов руды и определение точности этой оценки.

Предварительной стадией геостатистического исследования является статистический анализ: расчет гистограммы распределений значений содержаний компонентов полезных ископаемых по классам, построение графика накопленных частот, подбор законов распределения данных и определение основных статистических параметров. Вид гистограммы позволяет фиксировать явные погрешности в исходных данных геологического опробования. Следующий этап – вариограммный анализ (вариография). Используется экспериментальная вариограмма, которая строится по результатам опробования (выборочным данным) и учитывает все пары проб, удаленных на некоторое расстояние. Вариограммный анализ начинается без учета направления вектора расстояния. Полученная функция отражает такие свойства случайной величины как: стационарность, наличие эффекта самородков, значение порога и зону влияния. Эти характеристики подбираются в интерактивном режиме с помощью моделирования теоретической функцией, аппроксимирующей дискретную экспериментальную вариограмму. Для дальнейшего исследования необходимо изучить характер корреляционных связей между пробами в различных направлениях, для чего следует построить вариограммы по направлениям. Для каждого направления определяется зона влияния (см. раздел «11.3. Математические способы…). Это необходимый шаг для выявления анизотропии залежи и взаимного влияния значений случайных величин.

Следующей стадией после вариограммного анализа залежи является ее моделирование и оценка запасов. Размеры блоков блочной модели выбираются с таким расчетом, чтобы получить наиболее детальную оценку запасов по всему объему месторождения. Заключительный этап анализа – кригинг (геостатистическая оценка содержаний полезных ископаемых).

Кригинг. Предпосылкой развития геостатистических методов послужило расхождение между содержаниями многих металлов в разведочных пробах и в реально извлекаемых объемах руд. Точность оценки зависит от ряда факторов: количества проб и их значений, расположения проб (здесь важна равномерность их размещения), расстояния между пробами и точкой в середине оцениваемого блока, наличие пространственной непрерывности рассматриваемой переменной. Кригинг – метод интерполяции, который учитывает все эти факторы, был придуман южноафриканским горным инженером Д. Криге и потом усовершенствован Ж. Матероном.

В большинстве методов интерполяции сначала задается диаметр поискового круга (или эллипса). Все точки, попавшие в поисковый круг, используются для расчета взвешенного среднего, которое будет приписано середине элементарного блока. Веса, с которыми будут учитываться исходные точки, зависят (в той или иной мере) от расстояния от узла до этой точки. Разные методы интерполяции – это разные способы взвешивания исходных данных в зависимости от расстояния. В кригинге, как методе интерполяции, взвешивание производится сложнее, чем в других методах. Допустим, что в поисковый круг попали несколько проб. Расстояния между пробами и расстояния между серединой оцениваемого блока или его границами используется для снятия вариограмных значений с модельной вариограммы. Затем вариограмные значения заносятся в матрицы системы линейных уравнений; рассчитываются коэффициенты уравнений, которые и являются весами значений компонента в пробах. После рассчитывается оценка элементарного блока модели рудной залежи.

При решении способом, выбранным Ж. Матероном, появляется небольшое по величине число μ – множитель Лагранжа. Чем множитель меньше, тем более надежно решена система линейных уравнений.

Кригинговая оценка рассчитывается по формуле:

$$Z_k = \sum_{i=1}^{n} a_i Z_i,$$

где Z_k – кригинговая интерполяционная оценка изучаемой переменной; Z_i – значения переменной в n точках, попавших в круг поиска; a_i – веса. Обычно на практике в поисковый круг попадает несколько десятков или также сотен окружающих проб. Соответственно и матричное уравнение расширяется до сотен строк и столбцов. Считается, что кригинг – это интерполяционная процедура, дающая оценки с наименьшей дисперсией.

Другие методы интерполяции основаны на наличии заданной аналитической зависимости между значениями в пространстве, выраженной формулой. Наиболее часто используются линейные интерполяторы. К ним относится *метод обратных расстояний (IDW)*.При его использовании учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Значение параметра z в ячейке находят по формуле средневзвешенного:

$$z = \sum_{i=1}^{n} (z_i p_i / \sum p_i),$$

где z_i – значения параметра в разведочных выработках; p_i – весовые коэффициенты, зависящие от расстояния r ячейки от разведочных выработок; n – количество

близлежащих разведочных выработок. Весовые коэффициенты определяют по формуле $p_i = 1/r_i^2$. В расчет параметра *z* включают разведочные выработки, расположенные не далее некоторого заранее заданного расстояния от ячейки. Если центр ячейки совпадает с какой-либо разведочной выработкой, значение *z* принимается таким же, как в разведочной выработке (Поротов, 2004).

В ГКЗ за последние два десятилетия накоплен достаточно большой опыт применения блочного моделирования при подготовке ТЭО и подсчете запасов. Примерами объектов, где блочное моделирование использовалось для решения сформулированных задач, являются золоторудные месторождения (Наталкинское, Тасеевское, Куранах, Дегдекан, Чертово Корыто, Верненское, участок Перевальный, Попутненское, Штурмовское и др.), урановорудные (Орловское, Березовское, Горное), медно-порфировые (Михеевское, Песчанка, Молмыж, Томинское и др.), редкометалльные (Зашихинское), а также ряд других. Запасы золоторудного месторождения Кючус утверждены ГКЗ по данным блочного моделирования (Рекомендации…, 2014).

Удовлетворительная сопоставимость результатов подсчета запасовдля разных вариантов кондиций отмечается для месторождений с зональным типом пространственного размещения оруденения, например, на медно-порфировых объектах (Песчанка, Томинское, Михеевское, Молмыж). Для корректной геометризации запасов в них может быть применена методика локального анизотропного кригинга (ЛАК). Она позволяет определить ориентировку осей анизотропии в локальных участках объекта на основе минимизации дисперсии по пробам, попадающим в границы эллипсоида при разных вариантах его положения. Эта процедура наиболее эффективна при достаточно плотной сети наблюдений.

На месторождениях сложного строения с высокой изменчивостью геологоразведочных параметров расхождения в оценке запасов отмечаются наиболее часто. Дополнительными факторами, осложняющими применение блочного моделирования, являются недостаточная плотность сети по отдельным участкам месторождения и высокие значения эффекта самородков. К объектам этого типа можно отнести жильные зоны, штокверки и штокверкоподобные золоторудные месторождения.

Основным приемом, позволяющим добиться удовлетворительной сопоставимости результатов для разных способов подсчета запасов, является построение каркасов, опирающихся на рудные интервалы, выделенных по соответствующим кондиционным показателям. Этот прием требует построения отдельных «жестких» каркасов для каждого варианта бортового содержания, но считается достаточно трудоемким.

Таким образом, информационные технологии являются т*ехническим*, а геостатистическое и блочное моделирование месторождений твердых полезных ископаемых – *методическим средством* подсчета запасов и технико-экономического обоснования кондиций, удовлетворяющим требованиям международного аудита. Учет их необходим для рационального недропользования в Российской Федерации, а также привлечения иностранных инвестиций.

Контрольные вопросы по теме 4

1. Содержание и назначение промышленных кондиций

2. Основные кондиционные показатели
3. Применение и определение бортового содержания
4. Применение и определение минимального промышленного содержания
5. Виды контуров запасов полезных ископаемых
6. Последовательность оконтуривания запасов
7. Методические приемы оконтуривания запасов
8. Определение параметров подсчета запасов
9. Характеристика ведущих методов подсчета запасов
10. Особенности подсчета запасов попутных полезных ископаемых

Тема 5
Геолого-экономическая оценка месторождений

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ГЭО

Геолого-экономическая оценка (ГЭО) месторождений заключается в определении количества и качества запасов полезного ископаемого в недрах, выявлении условий залегания и добычи, обосновании технико-экономических показателей разработки. ГЭО – важнейшая составная часть геологоразведочного процесса. Она призвана определить промышленную значимость объекта в наиболее эффективном варианте его возможного промышленного освоения.

Основными задачами ГЭО являются (Временное…, 1998):

- определение количества и качества балансовых и забалансовых запасов, а также обоснование кондиций для их подсчета;
- расчет технико-экономических показателей промышленной ценности месторождения;
- обоснование оптимального варианта освоения месторождения;
- расчет размера регулярных платежей за право пользования недрами и др.

ГЭО промышленного значения месторождений производится на всех без исключения стадиях геологоразведочных работ и разработки (см. раздел 5 «Стадийность ГРР»). Однако содержание этого вида исследования во многом зависит от фактического материала, позволяющего дать объективную оценку качества и количества выявленных запасов или прогнозных ресурсов. Только на стадии разведки, в меньшей степени на стадии оценочных работ, могут быть получены достаточно полные сведения о геологическом строении объекта, позволяющие объективно охарактеризовать качество и количество запасов полезного ископаемого, технологические свойства минерального сырья, горнотехнические, гидрогеологические, экологические условия отработки. На стадиях регионального геологического изучения недр и поисковых работ оцениваются лишь прогнозные ресурсы. Практическая значимость прогнозных ресурсов определяется по результатам их ГЭО, когда устанавливается вероятное промышленное значение прогнозируемых месторождений.

Геологическое обоснование прогнозных ресурсов осуществляется в соответствии с Методическим руководством (Методическое руководство по оценке…, Богданов и др., 1986) и с учетом современных представлений по геолого-промышленных типам месторождений (на основе принципиальных геолого-генетических моделей процессов рудообразования).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЭО

Географо-экономическая характеристика района

Приводится географическое и административное положение месторождения, его удаленность от ближайшей железнодорожной станции, автомобильных дорог, населенных пунктов и возможного потребителя сырья; природно-климатические условия; освоенность района, население, его занятость, возможные источники энергоснабжения, обеспеченность стройматериалами.

Геологическое строение района

Приводятся краткие сведения об изученности и геологическом строении района, о закономерностях размещения месторождений всех видов минерального сырья.

Геологическое строение месторождения

Особенности геологического строения; структурные, литологические и иные факторы, определяющие условия залегания, морфологию рудных тел, вещественный состав руд, распределение основных и попутных компонентов, а также вредных примесей; наличие обогащенных участков и закономерности их размещения; сведения об изменчивости основных параметров рудных тел по простиранию и падению. Наличие промышленных (технологических) типов и сортов полезного ископаемого, подлежащих раздельной добыче и переработке; характеристика их качества. Наличие и закономерности распределения безрудных прослоев, характеристика слагающих их пород.

Для россыпных месторождений – характеристика особенностей формы, размеров и состава продуктивного «пласта», состава и мощности «торфов», строение плотика; содержание ценных компонентов; размер, форма и прочие особенности зерен полезных минералов, пробность золота.

Группа сложности месторождения в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов.

Методика геологоразведочных работ

Сведения о проведенной топографической съемке, системе координат и привязке разведочных выработок.

Изученность поверхности месторождения – геологическая съемка, геохимические и геофизические исследования, проходка шурфов и канав.

Изученность глубоких горизонтов месторождения – система разведки; плотность разведочной сети; обоснование участка, разведанного по более высокой категории; сводная таблица видов и объемов геологоразведочных работ; объем выработок, участвующих в подсчете запасов.

Глубина, диаметры и конструкция разведочных скважин, способ и технология бурения, результаты замеров зенитных и азимутальных искривлений скважин. Выход керна линейный, по массе или объемный; интервалы с низким выходом керна, избирательное истирание керна, поправочные коэффициенты, выход шлама по массе или объемный при шарошечном или ударном бурении.

Методика и техника геофизических работ – основные результаты, случайные и систематические погрешности геофизических измерений.

Методика опробования буровых скважин и горных выработок, качество опробования, оценка достоверности результатов, наличие систематических погрешностей, поправочные коэффициенты, схема обработки проб. Групповые пробы, методика их составления.

Аналитические работы: объемы, методы проведения основных, контрольных и арбитражных анализов, соответствие их действующим стандартам или другим нормативным документам. Результаты обработки данных контроля, качество анализов, оценка влияния низкого качества анализов на результаты подсчета запасов (определение

мощности, площади рудных тел, содержания и т. п.). Обоснованность предполагаемых поправочных коэффициентов.

Методы и число определений объемной массы для разных типов и сортов полезных ископаемых. Обоснование значений объемной массы, принятых для подсчета запасов.

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Основные водоносные горизонты, наиболее обводненные участки и зоны, их взаимосвязь с поверхностными водотоками, химический состав и бактериологическое состояние поверхностных и подземных вод; величина ожидаемых, а также максимально возможных водопритоков в горные выработки. Для россыпных месторождений, предназначенных для дражной отработки – возможность устройства плотин с целью подъема воды.

Источники питьевого и технического водоснабжения горного предприятия, оценка дальнейшего использования подземных вод месторождения для целей водоснабжения или извлечения ценных компонентов, а также их очистки при сбросе в поверхностные водотоки.

Инженерно-геологические особенности пород месторождения – состав, трещиноватость, тектоническая нарушенность, способность полезных ископаемых к самовозгоранию, радиационная характеристика полезного ископаемого и вмещающих горных пород, возможность возникновения оползней, селевых потоков и т. д. При наличии многолетней мерзлоты необходимо выявить глубины распространения и температурный режим.

ГОРНОТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Способ разработки месторождения

Выбор способа разработки месторождения зависит от глубины и условий залегания тел полезных ископаемых и производится с учетом экономико-географических и горно-технологических факторов. Оценке подлежат следующие варианты освоения месторождения:

- открытый способ,
- подземный,
- открытый и подземный (комбинированный),
- геотехнологический.

Применение открытого способа разработки устанавливается с помощью предельного коэффициента вскрыши ($К_в^п$), вычисляемого по формуле:

$$К_в^п = (С_п – С_о) / С_в,$$

где $С_п$ – себестоимость добычи 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $С_о$ – то же при открытых работах без учета затрат на выемку пустых пород; $С_в$ – себестоимость 1 т вскрыши, руб.

При комбинированном способе границу освоения месторождения открытым способом устанавливают исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого открытым и подземным способами.

Система разработки

Выбор системы разработки и ее основных элементов производится исходя из анализа геологических и горнотехнических условий месторождения.

Потери и разубоживание

Их величину следует устанавливают в значениях, характерных для принятой системы разработки с учетом горно-геологических условий месторождения.

Величина потерь обычно составляет:

- 3-7 % при системах отработки с креплением и закладкой очистного пространства;
- 8-20 % с открытым выработанным пространством и магазинированием руды;
- 15-20 % с массовым обрушением;
- 4-6 % при открытом способе разработки.

Величины разубоживания:

- 5-10 % при системах с магазинированием, креплением и закладкой выработанного пространства;
- 15-20 % при системах с массовым обрушением;
- 5-10 % при открытом способе разработки.

Производительность предприятия и продолжительность периода разработки являются важнейшими оценочными показателями, определяющими себестоимость добычи, капитальные вложения в промышленное строительство и сроки строительства предприятия. Устанавливаются в зависимости от запасов месторождения, особенностей геологического строения, горно-технических условий эксплуатации. Если существуют ограничения потребности в данном сырье, особые природоохранные и другие факторы, регламентирующие добычу, то ограничивается и производительность предприятия.

В зависимости от величины эксплуатационных запасов, горно-геологических особенностей месторождения и способа отработки, годовую производительность можно определить, руководствуясь горно-техническими условиями. Порядок ее расчета установлен в нормах технологического проектирования и осуществляется при оценке объекта по результатам разведки в базовых вариантах оконтуривания.

Для расчета годовой производительности по добыче руды при оценке по результатам поисковых и оценочных работ можно использовать метод аналогии или рекомендовать упрощенные методы, отражающие статистическую зависимость между величиной эксплуатационных запасов и средней продолжительностью работы рудника. В этих целях используются табличные материалы, подготовленные ВИЭМС и представленные в методических разработках для практических занятий.

Для расчета эксплуатационных запасов руд ($З_э$) используется следующая формула:

$$З_э = З \cdot (1 - п) / (1 - р),$$

где З – запасы полезного ископаемого в недрах, тыс. т; п – потери при добыче, доли ед., р – разубоживание при добыче, доли ед.

Коэффициент изменения качества руды при добыче (Р) можно рассчитать, допуская отсутствие полезного компонента в засоряющих породах, по формуле:

$$Р = 1 – р.$$

Этот упрощенный метод, предложенный Тэйлором (Хилл, 1999), позволяет рассчитывать годовую производительность как частное от деления эксплуатационных запасов на срок эксплуатации.

Следует подчеркнуть, что рассчитанная тем или иным способом годовая производительность предприятия является проектной и ее достижение требует

определенного срока. Применительно к оценочным расчетам в условиях рыночных отношений неучет фактора времени достижения проектной производительности приводит к существенному искажению результатов экономической эффективности освоения месторождения независимо от того, проводится ли оценка по результатам поисковых, оценочных или разведочных работ.

Нужно учитывать также опыт рационального обеспечения запасами горнорудных предприятий:

- на 20-25 лет обычно обеспечиваются запасами рудники и карьеры черной металлургии, а крупные горнодобывающие комбинаты – не менее чем на 40 лет;
- на 30-40 лет – крупные горнорудные предприятия алюминиевой, медной, свинцово-цинковой и никелевой промышленности;
- на 20-30 лет – крупные предприятия по добыче вольфрама, молибдена, олова и др.;
- на 15-20 лет – золоторудные предприятия;
- на 5-10 лет – небольшие предприятия, эксплуатирующие богатые месторождения цветных металлов, золота и ценных видов неметаллического сырья, а также россыпные месторождения благородных и редких металлов, горнодобывающие предприятия химической промышленности и промышленности строительных материалов.

При определении фактического коэффициента вскрыши отстраивают схему освоения месторождения открытым способом. Верхний контур карьера откладывают соответственно результирующему углу наклона бортов карьера. Эти углы зависят от крепости пород (по М. М. Протодьяконову) и глубины карьера. Рекомендуемые значения также приводятся в специальных таблицах, представленных в методических разработках для практических занятий.

Для выполнения расчетов следует:

- вынести на план контуры верхнего и нижнего оснований карьера, а при необходимости и промежуточного контура (на уровне рыхлых отложений);
- определить объем карьера ($V_к$) по формулам:

$$V_к = [(S_в + S_н) / 2] \cdot H \text{ или } V_к = [(S_в + S_н + \sqrt{S_B \cdot S_H}) / 3] \cdot H,$$

где $S_в$ и $S_н$ – площади верхнего и нижнего оснований карьера, м^2; H – глубина карьера, м. Вторая формула применяется, если $S_в > S_н$ на 40 %;

- вычислить объемный коэффициент вскрыши ($K_в$):

$$K_в = (V_к - V_р) / V_р,$$

где $V_к$ – объем карьера, м^3; $V_р$ – объем руды, м^3;

- рассчитать (при необходимости) предельный коэффициент вскрыши ($K_в^п$):

$$K_в^п = (З_п - З_о) / З_в,$$

где $З_п$ – затраты (себестоимость) на добычу 1 т руды при подземном способе разработки, руб.; $З_о$ – то же при открытых работах; $З_в$ – затраты на выемку 1 т вскрышных пород при открытом способе, руб.

Если фактически коэффициент вскрыши меньше предельного ($K_в < K_в^п$), то целесообразен открытый способ разработки месторождения; если отмечена обратная зависимость ($K_в > K_в^п$), то подземный.

Расчет годовой производительности горнодобывающего предприятия во многом определяется горнотехническими условиями отработки и зависит, в первую очередь, от

величины эксплуатационных запасов. Таблицы для упрощенного определения годовой производительности также приводятся в методических разработках для лабораторных занятий (Угрюмов, Дворник, 2004; Баранников, Макарова, 2002).

Годовая производительность по руде ($A_р$) может быть также определена по формуле:

$$A_р = З / T,$$

где T – срок существования рудника, лет.

Производительность горнодобывающего предприятия по горной массе ($A_{гм}$) определяется по формуле:

$$A_{гм} = A_р \cdot (1+K_в).$$

Для расчета производительности по горной массе также можно воспользоваться эмпирической зависимостью:

$$A_{гм} = 42S – 10^5 \cdot S^2,$$

где S – средняя по глубине горизонтальная площадь проектного карьера.

Расчет годовой производительности по нормам технологического проектирования осуществляется, как правило, в базовых вариантах оконтуривания. В промежуточных вариантах годовую производительность по руде ($A_р$) рассчитывают по формуле:

$$A_р = \sqrt[a+b]{З_э},$$

где $З_э$ – эксплуатационные запасы руды, тыс. т; a, b – числовые коэффициенты, определяемые путем решения системы уравнений:

$$\begin{cases} A_{p1} = \sqrt[a+b]{З_{э2}} \\ A_{p2} = \sqrt[a+b]{З_{э1}} \end{cases}$$

В соответствии с принятой системой разработки и выбранной производительностью в горнотехнической части также рассматриваются: условия воздухо- и водоснабжения, вентиляции, откатки и подъема полезного ископаемого при подземной разработке, транспортировки вскрыши в отвал, а полезного ископаемого на фабрику. С учетом этого выбирается основное оборудование, режим работы предприятия, определяются укрупнено объемы работ по электро-, тепло- и водоснабжению.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

Обоснование технологии переработки минерального сырья. Базируется на данных изучения его вещественного состава, структурно-текстурных особенностей, физико-механических и других свойств, на результатах технологических испытаний, а также передового опыта переработки (обогащения) аналогичных видов минерального сырья. При наличии на месторождении нескольких технологических типов руд, подлежащих раздельной переработке, технология переработки обосновывается для каждого из них.

Объемы и виды технологических исследований. Должны быть достаточны для выбора технологической схемы переработки минерального сырья и обоснования ее основных показателей. К ним относятся качество получаемой товарной продукции, ее выход от исходного минерального сырья, а для рудных месторождений – извлечение основных и попутных компонентов в товарную продукцию в процентах.

В соответствии с выбранной схемой обогащения составляется материальный баланс, согласно которому количество металла, поступившего на обогащение, равно количеству металла, просуммированного по продуктам обогащения. Связь основных показателей обогащения выражается в виде следующей формулы:

$$И_{об} = (В_к \cdot М_к) / М_р,$$

где $И_{об}$ – извлечение при обогащении, %; $В_к$ – выход концентрата, %; $М_к$ и $М_р$ – содержание металла в концентрате и добытой руде, соответственно, %.

При упрощенных расчетах, когда широко используются технико-экономические показатели предприятий-аналогов, коэффициент извлечения металла в концентрат иногда принимают по аналогии. В этом случае может оказаться необходимым обосновать уже другой показатель – выход концентрата (Вк) в тоннах по формуле:

$$В_к = [И_{об} \cdot М_р \cdot (1 - р)] / М_к,$$

где р – показатель разубоживания, доли ед.

При этом расход руды на получение 1 т концентрата (q):

$$q = 1 / В_к.$$

Добытое полезное ископаемое может перерабатываться на вновь построенной на месторождении обогатительной фабрике или на действующих в регионе предприятиях, имеющих свободные мощности или требующих увеличения мощностей по переработке сырья. Выбор местонахождения обогатительной фабрики обосновывается экономическими расчетами.

Производительность обогатительной фабрики по руде в конкретных условиях зависит от масштаба производства снабжающих ее рудников. Как правило, при оценке месторождений она принимается равной годовой производительности предприятия по добыче руды.

При оценке рудных месторождений конечной товарной продукцией обычно является сам металл. Поэтому процесс переработки минерального сырья следует оценивать, включая металлургический передел. Для этого необходимы сведения о технологической схеме переработки концентратов, извлечении полезных компонентов в конечную товарную продукцию, а также перечень выпускаемой конечной товарной продукции по маркам. Эти показатели принимаются по фактическим данным металлургических предприятий, на которых предусматривается переработка концентратов и промпродуктов из руд оцениваемого месторождения.

Сквозное извлечение металла в конечный товарный продукт (И) с учетом металлургического передела:

$$И = И_{об} \cdot И_м,$$

где $И_м$ – извлечение при металлургическом переделе, доли ед.

Изучение поведения попутных компонентов в процессе переработки. Изучается содержание попутных компонентов в продуктах обогащения, баланс распределения каждого попутного компонента по минералам и продуктам.

Определение состава и свойств отходов. Исследуется состав и свойства отходов, возможность их промышленного использования, целесообразность учета количества отдельных видов отходов или утверждение их запасов.

ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Изучение и прогнозирование воздействия результатов геологоразведочных работ, а также разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду, является обязательной составной частью ГЭО (Временное…, 1998). Полученные при этом данные должны способствовать ликвидации их негативных последствий, получению исходных данных, необходимых для комплексного промышленного освоения, а также разработке рационального комплекса природоохранных мероприятий, определению их стоимости на разных стадиях изучения и геолого-экономической оценке месторождений. Результаты отмеченных исследований проходят экологическую экспертизу.

Влияние геологоразведочных работ и промышленного освоения месторождений на окружающую среду многоаспектно. Оно может выражаться в нарушении природного ландшафта территории, изменении режима поверхностных и подземных вод, загрязнении воздушного и водного бассейнов, выводе из хозяйственного оборота или снижении продуктивности плодородных земель и других негативных воздействиях. Характер и степень этого влияния в значительной мере обусловлены способом ведения геологоразведочных работ и отработки месторождения, а также составом добываемых и перерабатываемых полезных ископаемых, технологией их обогащения, металлургического и химического передела, степенью очистки отходящих газов и сточных вод.

Предотвращение или нейтрализация отрицательного воздействия освоения месторождения на природную среду возможны только при наличии максимально полной информации о характере объекта и условиях его эксплуатации. Она должна быть получена в процессе разведочных работ и использована для выработки соответствующих проектных решений и природоохранных мероприятий.

Все эти вопросы, разобранные с той или иной степенью достоверности (в зависимости от собранного материала), находят отражение в разрабатываемых ТЭД и ТЭО.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНКИ

В данном разделе приводится обоснование величины инвестиций (капитальных вложений и оборотных средств) в освоение месторождения, а также эксплуатационных затрат, связанных с добычей и обогащением полезного ископаемого. Рассчитываются показатели эффективности освоения месторождений, выбирается оптимальный вариант их освоения.

В практике оценки месторождений полезных ископаемых существует два основных метода определения капитальных затрат и производственных (эксплуатационных) расходов: 1 – прямой расчет и 2 – метод аналогии. *Прямые расчеты* более точны и надежны. Они позволяют учесть все специфические особенности проекта. Однако на ранних стадиях изучения объекта данных для прямого расчета недостаточно, и тогда для предварительной оценки необходимых вложений используется *метод аналогии*, который может применяться в двух модификациях. В первом случае выбирается непосредственный объект-аналог – месторождение того же геолого-промышленного типа, расположенное в том же регионе, близкое по геологическим, горнотехническим и горно-технологическим условиям. Технико-экономические показатели объекта-аналога

принимаются за основу для проведения расчетов. Вторая модификация предусматривает оценку необходимых затрат с помощью укрупненных показателей – удельных капиталовложений на разные виды работ. Удельные капвложения – это затраты, отнесенные на единицу объема работ – на 1 т руды, на 1 км строительства дороги, на 1 км проведения ЛЭП и т. д. Удельные показатели определяются отраслевыми институтами – ВИЭМС в Москве, ИГД в Екатеринбурге и др. на основе анализа деятельности профильных предприятий, и позиционируются как соответствующие нормативы.

Обоснование инвестиций в освоение месторождений

Инвестиции включают в себя капитальные вложения на фонды промышленного и непромышленного назначения, а также инвестиции в оборотный капитал.

К *фондам промышленного назначения* относятся рудник с комплексом горно-капитальных выработок, зданий, сооружений и оборудования; обогатительная фабрика с объектами хвостового хозяйства и оборотного водоснабжения; участок автомобильных дорог и железнодорожных путей от месторождения до существующих путей сообщения; службы энерго-, водо- и теплоснабжения, канализации и т. д. *Непромышленные фонды* – это объекты социального, жилищного и бытового назначения.

1. Капитальные вложения в строительство рудника.

Определяются в соответствии с намеченным способом разработки, исходя из годовой производительности и капитальных удельных вложений на горно-капитальные работы, оборудование, здания и сооружения в соответствии с глубиной разработки и с учетом территориального поправочного коэффициента. Учитываются также затраты на получение лицензий: права на пользование землей и недрами, на определенные виды деятельности; организационные расходы, включая регистрацию предприятия; затраты по компенсации потерь от изъятия земель и другие расходы, связанные со строительством объектов.

Капитальные вложения в строительство карьера, рудника могут быть определены по формуле:

$$K_{\text{р}} = K_{\text{ур}} \cdot A_{\text{р}},$$

где $K_{\text{ур}}$ – удельные капитальные затраты на 1 т годовой производительности по руде или горной массе, руб.; $A_{\text{р}}$ – производительность рудника по руде или горной массе, т/год. Удельные показатели принимаются в соответствии с действующими нормативами, приведенными в методических разработках к лабораторным занятиям.

2. Капитальные вложения в строительство обогатительной фабрики.

Определяются с учетом ее производительности и удельных затрат на 1 т производственных мощностей по переработке минерального сырья, а также территориального поправочного коэффициента.

Для определения капитальных вложений в строительство обогатительной фабрики на основе удельных показателей используется формула:

$$K_{\text{ф}} = K_{\text{уд}} \cdot A_{\text{ф}},$$

где $K_{\text{уд}}$ – удельные капвложения на 1 т годовой производительности, руб.; $A_{\text{ф}}$ – годовая производительность фабрики.

3. Капитальные вложения в строительство автомобильных и железных дорог, линий электропередач, водоснабжение и прочее также определяются в соответствии с нормативами удельных капитальных вложений на 1 км сооружений, их протяженностью и поправочными коэффициентами, учитывающими район строительства и рельеф местности.

4. Капитальные вложения на предстоящие геологоразведочные работы учитываются, исходя из запасов месторождения, а также из удельных затрат на разведку 1 т руды запасов категорий $A+B+C_1$, и относятся к первому году строительства горнорудного предприятия. Они определяются по данным объектов-аналогов или методом прямого расчета путем составления сметы на проведение геологоразведочных работ.

5. Прочие капитальные вложения в строительство объектов жилищного, коммунального и культурно-бытового назначения определяются исходя из числа трудящихся на горном предприятии и удельных затрат на одного человека при строительстве этих объектов.

6. Общие капитальные затраты ($K_{общ}$) определяются как сумма затрат на строительство рудника (карьера), обогатительной фабрики, затрат на транспорт, строительство линий электропередач, затрат на геологоразведочные работы и прочих.

Прочие капитальные вложения ориентировочно можно принять в размере 10-15 % для малых и средних объектов и 20-25 % для крупных от суммы капитальных затрат на строительство рудника (карьера) и обогатительной фабрики.

Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты, связанные с добычей и обогащением полезного ископаемого, состоят из цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов. Они определяют себестоимость продукции горно-обогатительного предприятия. Эксплуатационные затраты также устанавливаются прямым расчетом или с использованием показателей существующих предприятий, разрабатывающих аналогичные месторождения в сходных географо-экономических условиях.

1. Цеховые эксплуатационные затраты

При подземной добыче полезного ископаемого цеховые эксплуатационные затраты определяются с помощью укрупненных нормативных показателей себестоимости добычи руды в зависимости от годовой производительности рудника, глубины разработки, варианта вскрытия и системы добычи.

При открытой добыче цеховые затраты рассчитываются с помощью укрупненных нормативов в зависимости от годовой производительности, типов и размеров основного оборудования, транспортных средств, глубины карьера и коэффициента вскрыши.

Затраты на рекультивацию нарушенных земель, которые входят в цеховые эксплуатационные затраты, определяются исходя из площади нарушенных земель и удельных затрат на рекультивацию 1 га.

Затраты по обогащению полезного ископаемого определяются с помощью укрупненных нормативных показателей цеховой себестоимости в соответствии с намеченной производительностью фабрики, способом обогащения и составом руд.

2. *Общекомбинатские расходы* зависят от цеховой себестоимости добычи, обогащения и составляют обычно 8-10 % от цеховых расходов.

3. *Внепроизводственные расходы* складываются из цеховых погрузочно-разгрузочных работ и транспортировки концентрата до линии железной дороги общего пользования. Укрупненно они могут быть приняты в размере 3-5 % от цеховой себестоимости.

Затраты по охране окружающей среды зависят от характера производственной деятельности и местных условий, рассчитываются отдельно и включаются в эксплуатационные затраты.

Общая величина эксплуатационных затрат определяется как сумма цеховых, общекомбинатских и внепроизводственных расходов, а также затрат по охране среды.

Показатели эффективности освоения месторождения

При оценке эффективности освоения месторождения соизмерение разновременных затрат и показателей осуществляется путем приведения (дисконтирования) их к базисному моменту времени – началу строительства горнодобывающего предприятия. Это реализуется их умножением на коэффициент дисконтирования:

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{(1+\text{E})^{t}},$$

где t – номер расчетного года, начиная от начала строительства горнодобывающего предприятия; Е – норма дисконтирования, которая принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода или прибыли на капитал (процентная ставка). Эта норма устанавливается на таком уровне, который позволил бы инвестору не только компенсировать риск, но и получить требуемую прибыль. Обычно эта норма при постоянных ценах в горной промышленности колеблется в следующих пределах:

- от 10-12 % при разработке месторождений строительных материалов;
- 15-18 % при разработке месторождений черных и цветных металлов;
- до 20-25 % при разработке месторождений золота.

Кроме того, для учета фактора времени в экономических расчетах применяется коэффициент ежегодной ренты (аннуитета), который определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{а}} = \frac{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} - 1}{(1+\text{E})^{\text{Тэ}} \text{ x E}}$$

Коэффициенты дисконтирования и аннуитета, рассчитанные для разных значений Е и t, приводятся в виде справочных таблиц в методических разработках по практике ГЭО.

Основными показателями экономической эффективности освоения месторождения являются:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- срок окупаемости капитальных вложений (То);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- рентабельность предприятия по отношению к производственным фондам (Рф);

- рентабельность предприятия по отношению к эксплуатационным затратам (Рэ).

Чистый дисконтированный доход определяется как сумма чистых доходов за весь расчетный период:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot \frac{1}{(1+\text{E})^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+\text{E})^t}\right),$$

где t = 1, 2, 3…T – количество лет от начала строительства до ликвидации предприятия; Ц_t – стоимость продукции (выручка) в t-м году, руб.; З_t – эксплуатационные затраты, произведенные в том же году без учета амортизационных отчислений, руб.; K_t – капитальные вложения (инвестиции) в t-м году, руб.; E – норма дисконтирования.

С использованием соответствующего коэффициента дисконтирования формула несколько упрощается:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t - \text{З}_t)\cdot K_{\text{д}}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot K_{\text{д}}\right).$$

Если ЧДД положителен, освоение месторождения эффективно; при отрицательном ЧДД освоение окажется неэффективным как не отвечающее установленной норме дохода.

На начальных стадиях изучения месторождения не представляется возможным определить величину выручки, эксплуатационных затрат и капитальных вложений по отдельным годам. Поэтому величины выручки и затрат принимаются постоянными за все время разработки, а величину капитальных вложений – постоянной за все время строительства. Средняя величина дохода определяется по формуле:

$$\text{Д}_\text{г} = \text{Ц}_\text{г} - \text{З}_\text{г},$$

где $\text{Д}_\text{г}$ – среднегодовой доход; $\text{Ц}_\text{г}$ – среднегодовая стоимость продукции (выручка) за год; $\text{З}_\text{г}$ – среднегодовые эксплуатационные затраты, включая амортизационные отчисления.

Среднегодовой доход с амортизационными отчислениями ($\text{Д}^1_\text{г}$) будет:

$$\text{Д}^1_\text{г} = \text{Д}_\text{г} + \text{А}_\text{о},$$

где $\text{А}_\text{о}$ – амортизационные отчисления.

В этом случае ЧДД определяется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_\text{э}}-1}{(1+\text{E})^{T_\text{э}}\text{ x E}} - K_\text{г}\cdot\frac{(1+\text{E})^{T_\text{с}}-1}{(1+\text{E})^{T_\text{с}}\text{ x E}},$$

где $K_\text{г}$ – среднегодовая величина капитальных вложений; $T_\text{э}$ – срок эксплуатации месторождения; $T_\text{с}$ – срок строительства предприятия.

Подставляя коэффициенты дисконтирования и аннуитета, формулу можно значительно упростить:

$$\text{ЧДД} = \text{Д}^1_\text{г}\cdot K_{\text{аэ}}\cdot K_{\text{дс}} - K_\text{г}\cdot K_{\text{ас}},$$

где $K_{\text{аэ}}$ – коэффициент аннуитета на срок эксплуатации, $K_{\text{дс}}$ – коэффициент дисконтирования на срок строительства, $K_{\text{ас}}$ – коэффициент аннуитета на срок строительства.

Индекс доходности (ИД) показывает, во сколько раз приведенные доходы превышают приведенные капитальные вложения:

$$\text{ИД} = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[(\text{Ц}_t-\text{З}_t)\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t\cdot\frac{1}{(1+\text{E})^t}\right)}$$

Или на начальных этапах изучения месторождения:

$$\text{ИД} = \frac{Д^1_г \cdot \frac{(1+\text{Е})^{T_э}-1}{(1+\text{Е})^{T_э}\cdot \text{Е}} \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^{T_с}}}{\text{Кг} \cdot \frac{(1+\text{Е})^{T_с}-1}{(1+\text{Е})^{T_с}\ \text{x Е}}}.$$

Или с использованием коэффициентов:

$$\text{ИД} = (Д^1_г \cdot К_{аэ} \cdot К_{дс}) / (К_г \cdot К_{ас}).$$

Разработка месторождения эффективна, если индекс доходности больше 1.

Срок окупаемости капитальных вложений ($T_о$) – временной интервал с момента начала разработки месторождения, за который приведенные доходы уравнивают приведенные капитальные вложения. Срок окупаемости определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[(Ц_t - З_е)\ \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t\ \cdot \frac{1}{(1+\text{Е})^t}\right)$$

или на начальных стадиях изучения месторождений

$$T_о = -\frac{\log\left\{1-\frac{K_г}{Д^1_г}[(1+\text{Е})^{tc}-1]\right\}}{\log(1+E)}.$$

Логарифмирование производится по любому основанию, так что можно применять как натуральные логарифмы, так и десятичные.

Возможно определение $T_о$ и графическим способом (рис. 49).

Внутренняя норма доходности (ВНД) представляет собой ту норму дисконта, при которой величина приведенных доходов уравнивает приведенные капитальные вложения. ВНД определяется из условия (в неявной форме):

$$\sum_{t=1}^{T}\left[(Ц_t - З_е)\ \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t\ \cdot \frac{1}{(1+\text{ВНД})^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения месторождения ВНД определяется из условия:

$$Д^1_г\ \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_э}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_э}\cdot \text{ВНД}} = К_г\ \cdot \frac{(1+\text{ВНД})^{T_с}-1}{(1+\text{ВНД})^{T_с}\cdot \text{ВНД}}$$

Ориентировочная величина ВНД определяется соотношением: ВНД = 75 / $T_о$, %.

На практике часто применяется простой графический способ определения ВНД. Для этого рассчитывается 3 значения ЧДД при разной величине Е и строится график, на котором в выбранном масштабе по вертикальной оси откладываются ЧДД, а по горизонтальной – Е. По трем точкам проводится прямая, которая пересечет горизонтальную ось в точке, соответствующей значению ВНД (рис. 50).

Рентабельность разработки месторождения по отношению к основным производственным фондам ($Р_ф$) вычисляется по формуле:

$$Р_ф = П_ч / Ф\ \cdot 100\ \%, \text{ или } Р_ф = Д_г / К\ \cdot 100\ \%,$$

где $П_ч$ – среднегодовая прибыль после уплаты налогов; Ф – стоимость производственных фондов предприятия (основных и оборотных средств); $Д_г$ – среднегодовой доход; $К$ – капитальные вложения в освоение месторождения.

Рентабельность предприятия по отношению к годовым эксплуатационным затратам ($Р_з$) может быть определена по формулам:

$$Р_з = П_ч / З_г\ \cdot 100\ \% \text{ или } Р_з = Д_г / З_г \cdot 100\ \%,$$

где $З_г$ – годовые затраты, руб.

С учетом, платежей, налогов и отчислений расчет показателей ГЭО осуществляется в следующем порядке.

Величина годовой прибыли ($П_г$) определяется по формуле:

$$П_г = Ц_г – (З_г + Н_э),$$

где $Ц_г$ – среднегодовая стоимость продукции без налога на добавленную стоимость (выручка); $З_г$ – среднегодовые эксплуатационные затраты с учетом амортизационных отчислений; $Н_э$ – величина налогов, платежей, отчислений, учитываемая в структуре эксплуатационных затрат. К ним относятся, в первую очередь, налог на добычу и дорожный налог.

Величина чистой годовой прибыли ($П_ч$) определяется по формуле:

$$П_ч = П_г – Н_п,$$

где $Н_п$ – величина налогов, платежей, отчислений, изымаемая из прибыли. Основную их часть составляют налоги на прибыль и на имущество.

Величина чистой годовой прибыли с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) определяется по формуле:

$$П^1_ч = П_ч + А_о,$$

где $А_о$ – амортизационные отчисления, определяемые в соответствии с действующими нормами амортизации.

При расчетах показателей эффективности используется чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями ($П^1_ч$) за исключением расчета рентабельности ($Р_ф$, $Р_з$), где используется чистая годовая прибыль $П_ч$.

Вычисление показателей экономической эффективности освоения месторождения с учетом существующих налогов, платежей и отчислений осуществляется по формулам:

$$ЧДП = \sum_{t=1}^{T}\left[П^1_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] - \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right),$$

$$ИП = \frac{\sum_{t=1}^{T}\left[П^1_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right]}{\sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)}$$

$T_о$ определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{To}\left[П^1_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right] = \sum_{t=1}^{To}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+Е)^t}\right)$$

ВНП определяется из условия:

$$\sum_{t=1}^{T}\left[П^1_t \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right] = \sum_{t=1}^{T}\left(K_t \cdot \frac{1}{(1+ВНД)^t}\right)$$

На начальных стадиях изучения используются соответственно следующие формулы:

$$ЧДП = П_ч \cdot \frac{(1+Е)^{T_э}-1}{(1+Е)^{T_э}\cdot Е} - K_г \cdot \frac{(1+Е)^{T_с}-1}{(1+Е)^{T_с}\cdot Е} \text{ или}$$

$$ЧДД = П_ч \cdot К_{аэ} – K_г \cdot K_{ас},$$

$$ИП = \frac{П^1_ч \cdot \frac{(1+Е)^{T_э}-1}{(1+Е)^{T_э}\cdot Е}\cdot\frac{1}{(1+Е)^{T_с}}}{Кг \cdot \frac{(1+Е)^{T_с}-1}{(1+Е)^{T_с}\cdot Е}}, \text{ или } ИП = П_ч \cdot K_{аэ} / K_г \cdot K_{ас},$$

$$T_о = - \frac{\log\left\{1-\frac{K_г}{П^1_ч}[(1+Е)^{T_с}-1]\right\}}{\log(1+E)},$$

ВНП определяется из условия:

$$П^1_ч \cdot \frac{(1+ВНД)^{T_э}-1}{(1+ВНД)^{T_э}\cdot ВНД} = K_г \cdot \frac{(1+ВНД)^{T_с}-1}{(1+ВНД)^{T_с}\cdot ВНД},$$

$$Р_ф = П_ц / Ф \cdot 100\ \%,$$
$$Р_з = П_ц / З_г \cdot 100\ \%.$$

Денежный поток при разработке месторождения является дополнительным показателем эффективности освоения. Его составляющими являются приток и отток средств по годам с начала деятельности горного предприятия. Источниками притока средств являются выручка от реализации производственной продукции и реализации остаточных производственных фондов при ликвидации предприятия, сокращение величины оборотных средств. Основными составляющими оттока средств являются эксплуатационные расходы, налоговые выплаты, платежи и отчисления, которые не входят в структуру эксплуатационных затрат, увеличение оборотных средств, отчисления в развитие геологоразведочных работ и т. д. Суммарная разность между притоком и оттоком средств за весь период существования предприятия называется *чистым денежным потоком*. Если величины этого потока приводят к началу разработки месторождения, то суммарная величина этих значения является дисконтированным чистым денежным потоком. При определении денежного потока при разработке месторождения конкретным частным предприятием при оттоке средств, кроме того, учитывается погашение взятого кредита банка на строительство горного предприятия и выплата процентов по этому кредиту.

ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обоснование оптимального варианта освоения месторождения осуществляется на основе сопоставления его технико-экономических показателей при разных значениях бортового содержания, а именно: величины запасов полезных компонентов, размера капитальных вложений, эксплуатационных затрат, чистого дисконтированного дохода и т. д. Полный перечень этих показателей, а также пример повариантных технико-экономических расчетов для полиметаллического месторождения приводится в методических разработках для лабораторных занятий по дисциплине «Разведка и ГЭО МПИ».

Ни один из показателей не является достаточным для окончательного вывода о предпочтении того или иного варианта оконтуривания или подсчета запасов. Однако каждый из них должен отвечать заранее обусловленным требованиям инвестора: чистый дисконтированный доход и внутренняя норма доходности должны быть не меньше заранее установленной величины; срок окупаемости капитальных вложений – не более намеченного времени и т. п.

В целом, промышленное значение месторождения определяется экономической эффективностью его разработки. Наряду с этим необходимо учитывать потребность промышленности в данном виде минерального сырья, наличие трудовых ресурсов, а также социальное положение населения в районе расположения объекта, экологическую ситуацию и т. п. Неполное удовлетворение потребности конкретного района в минеральном сырье может служить основанием для предложения о снижении налогов и предоставлении льгот при разработке месторождения.

Контрольные вопросы к теме 5

1. Цели и задачи ГЭО МПИ
2. Геологические показатели ГЭО
3. Горнотехнические показатели ГЭО
4. Технологические показатели ГЭО
5. Обоснование инвестиций в освоение месторождения
6. Определение эксплуатационных затрат при разработке
7. Назначение и применение коэффициента дисконтирования, ставки дисконта, коэффициента аннуитета
8. Основные показатели эффективности освоения месторождения
9. Определение чистого дисконтированного дохода
10. Определение индекса доходности
11. Определение срока окупаемости инвестиций
12. Определение внутренней нормы доходности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Становление учения о разведке недр прошло длинный исторический путь, постепенно накапливая опыт и знания при изучении и оценке различных типов месторождений полезных ископаемых. К настоящему времени *разведка* представляет *самостоятельную научную дисциплину*, имеющую объекты изучения, методологические подходы, геолого-экономическую основу оценки полученных результатов.

Накопленный опыт разведки и геолого-экономической оценки месторождений получил отражение в многочисленных литературных источниках: монографиях, учебниках и учебных пособиях, научных статьях, методических разработках и рекомендациях. Направления совершенствования геологоразведочных работ, обоснованные еще в 80-90-е годы XX столетия, во-многом актуальными и в настоящее время. К числу сформулированных при этом задач следует отнести (Комплексная…, 1990):

- повышение достоверности утверждаемых по результатам разведки запасов;
- обоснование комплексного использования минерального сырья на основе совершенствования рациональной технологии переработки полезных ископаемых;
- совершенствование методов опробования и способов обработки проб;
- повышение уровня изученности вещественного состава и технологических свойств полезного ископаемого;
- повышение роли геофизических и геохимических исследований при оконтуривании залежей полезных ископаемых, изучении их внутреннего строения;
- совершенствование методики разведки и геолого-экономической оценки месторождений на основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта.

В то же время нельзя оперировать только накопленным опытом. С течением времени меняются экономические условия хозяйствования, совершенствуются подходы к оценке промышленной значимости месторождений. В современных условиях необходимо внедрение в геологоразведочный процесс геоинформационных технологий. При этом возможны следующие направления сбора информации и её обобщения:

- перевод накапливаемой геологической информации по месторождениям с бумажных носителей на цифровые;
- создание банка цифровых данных по всем разведанным пересечениям, включающим результаты опробования, аналитических, инженерно-геологических и иных исследований;
- разработка цифровых моделей месторождений, позволяющих на базе 3D моделирования анализировать форму и условия залегания тел полезных ископаемых, пространственное распределение качественных показателей в объеме рудных тел, оценивать роль и значение рудоконтролирующих факторов на прилегающих к месторождению территориях (в пределах рудных районов и узлов);
- производить подсчет запасов и ГЭО, обосновывать кондиции на минеральное сырье, укреплять и стабилизировать добычу минерального сырья требуемого качества на горнорудных предприятиях и т. д.

Все изложенное определяет высокую актуальность подготовки квалифицированных кадров в рамках высшей школы, владеющих не только глубокими

геологическими знаниями, но и современными приемами сбора и обработки накопленной информации с использованием IT-технологий.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____ В. А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.В.13 МЕТАЛЛОГЕНИЯ

для обучающихся специальности:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
геологии, поисков и разведки МПИ
Протокол № 1 от 10.09.2020

Екатеринбург
2020

По своему содержанию металлогения – ветвь науки о геологии месторождений полезных ископаемых, главной задачей которой является установление закономерностей размещения месторождений в земной коре. Познание этих закономерностей и использование их при организации и проведении геологических работ составляют основные цели данного направления. Металлогенические исследования являются заключительным этапом всех геологических изысканий, направленных, в конечном итоге, на выявление месторождений полезных ископаемых. В этой связи особенностью курса «Металлогения» является обилие фактического материала по разнообразным дисциплинам геологического профиля от геотектоники и региональной петрографии до курса промышленных типов месторождений полезных ископаемых, что, естественно, накладывает свой отпечаток на подготовку и проведение практических и лабораторных занятий.

Концентрированным выражением установленных закономерностей размещения полезных ископаемых в конкретном районе исследований является металлогеническая карта или при крупномасштабных работах карта закономерностей размещения полезных ископаемых. Поэтому умение составлять подобные карты являются необходимым элементом подготовки грамотного инженера-геолога в современных условиях.

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Общие вопросы металлогенического анализа. Введение. История развития металлогении, основные металлогенические концепции. Основные виды современной металлогении. Связь геологических и рудных формаций: металлогенические формации. Металлогеническое районирование (металлогенические пояса, зоны, узлы).

Раздел 2. Металлогения главных типов структур земной коры и ведущих геодинамических обстановок. Металлогения покровно-складчатых поясов. Металлогения платформ. Металлогения областей тектоно-магматической активизации, срединных массивов и импактных структур. Металлогения океанов.

Раздел 3. Специальная металлогения. Металлогения черных металлов. Металлогения цветных и благородных металлов. Металлогения редких и радиоактивных металлов.

Раздел 4. Региональная металлогения. Основные металлогенические провинции России. Металлогения подвижных поясов. Металлогенические провинции древних и молодых платформ.

Раздел 5. Методы и этапы металлогенических исследований. Геологические, аэрокосмогеологические, геофизические, геохимические методы исследований. Этапы металлогенических исследований. Принципы и методика составления металлогенических карт. Компьютерное сопровождение металлогенических исследований. Виды и формы отчетных материалов.

В настоящее время действующим учебным планом по курсу «Металлогения» на лабораторные занятия отводится 20 и 6 часов для студентов очного и заочного факультетов.

План лабораторных занятий по дисциплине «Металлогения»

1. Знакомство с металлогеническими картами
2. Прогнозно-металлогенический анализ территории на основе геологической арты
3. Составление металлогенограммы и фрагмента металлогенической карты (рудный узел)
4. Локализация перспективной площади на основе выявления рудоконтролирующих факторов
5. Моделирование структурно-геологической позиции потенциально рудоносной площади (с использованием принципа аналогии)
6. Составление паспорта перспективного объекта

Металлогенические карты классифицируются по назначению, масштабам и видам полезных ископаемых. По назначению различают металлогенические, прогнозные и прогнозно-металлогенические карты.

На металлогенических картах отражаются связи месторождения с геологической обстановкой. Рельефно показываются пространственные, а иногда и генетические связи месторождений с геологическими формациями, структурами, фациями метаморфизма и другими рудоконтролирующими факторами.

На прогнозных картах показываются поисковые признаки и оконтуриваются площади, перспективные на выявление новых месторождений и залежей полезных ископаемых. На прогнозных картах отражаются также все рекомендации по дальнейшему изучению территории, направлениям геологосъёмочных, поисковых, разведочных работ, геохимических и геофизических исследований. В случае относительно простой геологической обстановки удается на одной карте совместить отражение связей месторождений с геологической обстановкой, поисковых признаков и рекомендаций по дальнейшим направлениям исследований. Такие карты называются прогнозно-металлогеническими.

По масштабам различают мелко, средне и крупномасштабные металлогенические и прогнозные карты. К мелкомасштабным относят карты масштаба 1: 1000 000 и мельче, составляемые для глобальных структур. Среднемасштабные карты включают от 1: 500 000 до 1: 100 000, что соответствует металлогеническим провинциям, структурно-металлогеническим зонам. Крупномасштабными считаются карты масштаба 1: 50 000, 1: 10 000 и крупнее. Это карты закономерностей размещения полезных ископаемых, составляемые для рудных районов, рудных полей, рудных узлов.

По видам полезных ископаемых металлогенические и прогнозные карты могут быть мономинеральными, либо биминеральными или полиминеральными. Для металлогенических провинций или структурно-металлогенических зон часто составляются комплексные металлогенические карты – на все виды полезных ископаемых, известных и прогнозируемых на данной площади. Комплексные карты могут составляться отдельно на эндогенные и отдельно на экзогенные месторождения. Для платформ нередко составляются отдельно металлогенические карты фундамента и отдельно чехла.

Принципы и методика составления карт. Принципы составления металлогенических карт определяются металлогенической концепцией, принятой авторами. В России в качестве основной принимается геолого-историческая концепция, согласно которой набор полезных ископаемых того или иного региона определяется типом геотектонического развития его на отдельных этапах. Для каждого этапа и стадии развития характерны определенные геологические формации, а с последними связаны соответствующие рудные формации. В зависимости от особенностей геологического строения и развития района, теоретических представлений авторов, в той или иной мере, используются другие металлогенические концепции: тектоническая, метаморфическая, новой глобальной тектоники и пр.

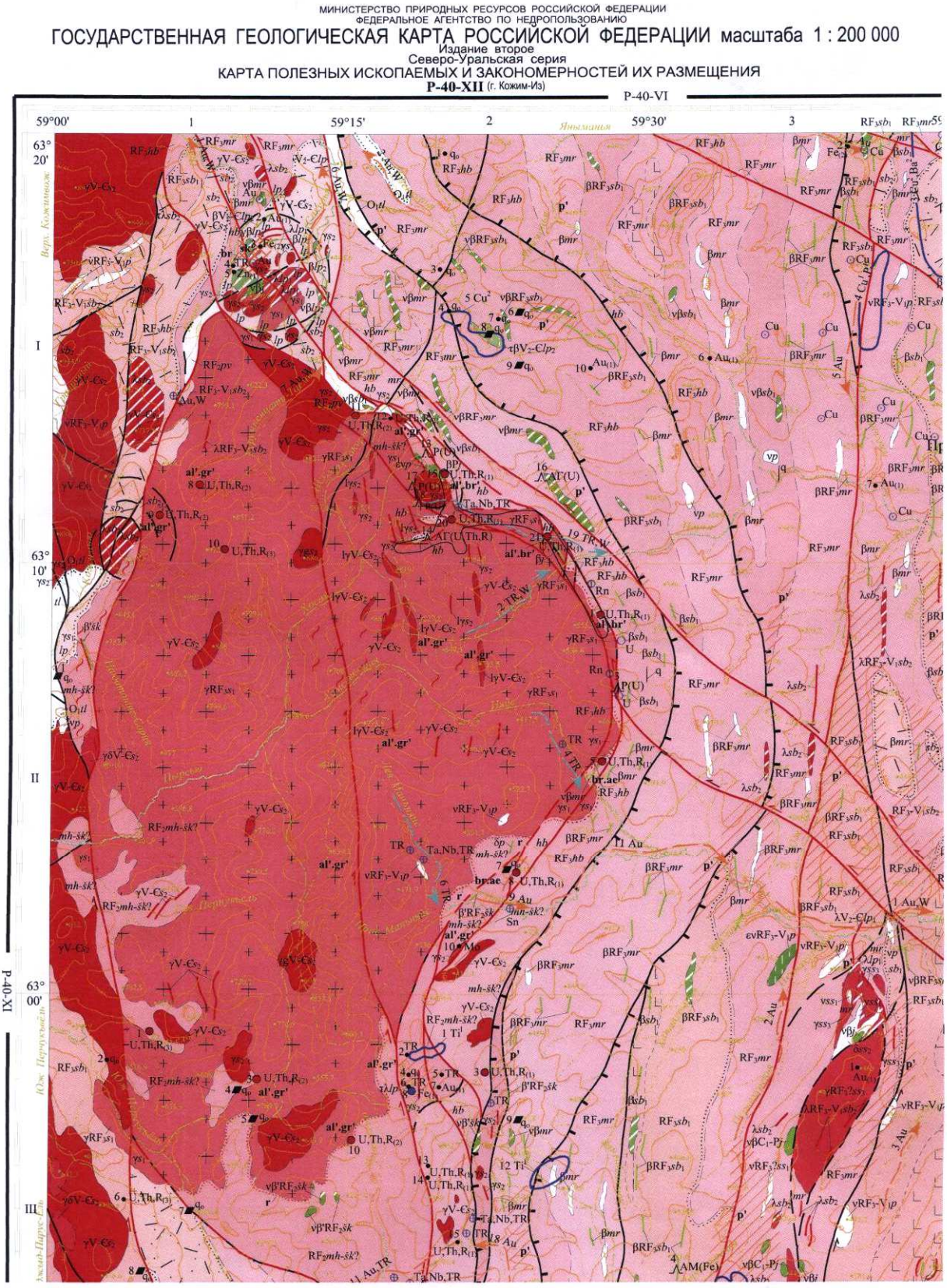
Каждая металлогеническая карта обычно сопровождается комплектом вспомогательных карт. В первую очередь в этот комплект могут входить карты, предусмотренные инструкцией о геологической съемке: геологическая, месторождений полезных ископаемых, геоморфологическая, шлиховая и др. Если же металлогеническая карта составляется в процессе геолого-съемочных работ, то этот комплект является обязательным.

Для металлогенических карт эндогенных месторождений могут составляться специальные карты: магматизма, палеовулканизма, метаморфизма. В качестве специальных для металлогенических карт экзогенных месторождений могут быть палеогеографическая, литолого-фациальная, кор выветривания и др. Важное значение, для оценки перспектив на многие полезные ископаемые, имеют геохимические, геофизические и аэрофотогеологические карты. В каждом отдельном случае комплект карт определяется геологическим заданием.

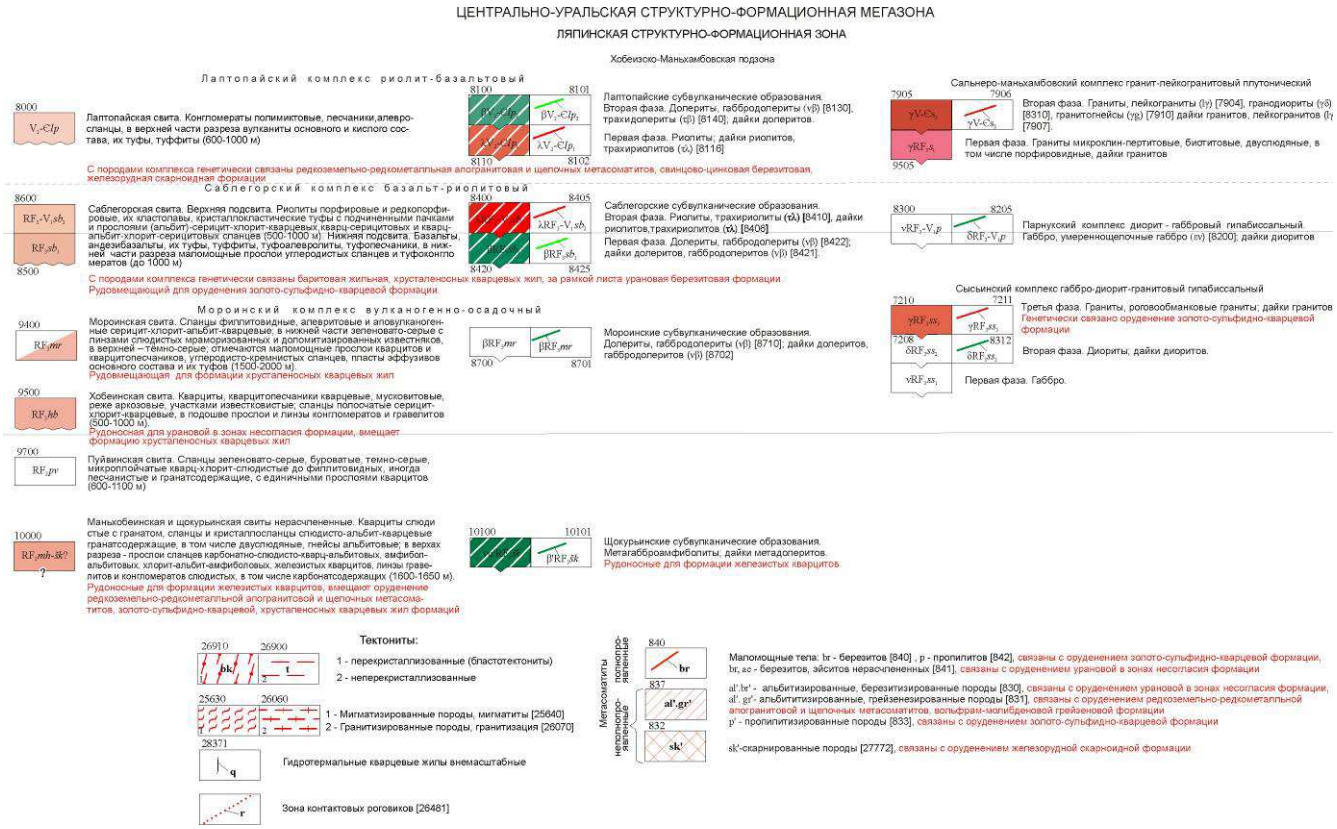
Составление металлогенических карт сопровождается разработкой легенды, включающей условные обозначения и металлогенограмму, и тестовой объяснительной записки, облегчающей чтение карты. Составление легенды металлогенической карты являются ответственной работой, требующей большого напряжения мысли. Условные обозначения может оставить наиболее квалифицированный из авторов, владеющий всей суммой фактических материалов и предвидящий конечные результаты составления металлогенической карты. Обычно легенда является плодом коллективного труда и подлежит широкому обсуждению.

Легенда к карте состоит из 2-х частей: а) геологические объекты, определяющие размещение полезных ископаемых (металлогенические факторы), б) полезные ископаемые.

Первая часть легенды строится по тому же принципу, что и легенда к геологической карте. В тексте легенды дается характеристика формации (комплекса). Приводится краткая петрографическая характеристика. Для подразделений, играющих роль металлогенического фактора излагаются сведения о генетических или парагенетических связях с ними полезных ископаемых, метасоматитов их рудоконтролирующей и рудолокализующей роли. Условные знаки подразделений (металлогенических факторов) закрашиваются также как в легенде к геологической карте, остальные нет. Кроме геологических условных обозначений сюда включают все прочие знаки, которые вынесены на карту полезных ископаемых, а также факторы второго рода. В условные знаки геологических границ вводят обозначения, которые могут отсутствовать в легенде к геологической карте.



Карта полезных ископаемых и закономерностей их размещения
(фрагмент листа P-40-XII, г. Кожим-Из)



Первая часть легенды к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения (лист P-40-XII, г. Кожим-Из)

Вторая часть легенды «Полезные ископаемые» представляет собой таблицу, в которой приведены условные обозначения всех разновидностей полезных ископаемых по их виду, рудным формациям, генетическим типам, возрасту и размерам. Под основной таблицей помещают сведения о дополнительных характеристиках месторождений и о поисковых признаках на полезные ископаемые.

Металлогенограмма представляет собой наглядное изображение генетических и парагенетических связей полезных ископаемых с геологическими формациями и с этапами геологического развития территории. В левой части перечисляются тектоно-магматические циклы, этапы, геологические и рудные формации. В правой – в той же последовательности – геологические подразделения и полезные ископаемые с ними связанные.

Зоны рудной минерализации показываются на карте обычно цветными точками, а гидротермально-метасоматические изменения пород – яркими цветами. Структурно-тектонические элементы, включающие контуры геологических структур различного порядка, разрывные нарушения, зоны рассланцевания, показываются линиями различной жирности, нередко с зубцами определенной формы.

Металлогеническое районирование лучше показывать цветными линиями, соответствующими возрасту минерализации. Около линий можно показывать химические индексы состава минерализации.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Группа	Подгруппа, вид	Проявления	Пункты минерализации	Генетические типы	Рудные формации
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Черные металлы Железо	51330 $Fe_{(1)}$		Метаморфизованный	Железистых кварцитов (1)
			51382 $Fe_{(2)}$	Гидротермальный плутоногенный	**Железорудная скарноидная (2)**
	Железо, медь		51383 $Fe_{(3)}$	Магматический	Не определена
	Цветные металлы Медь	52890 $Cu_{(1)}$	53031 $Cu_{(1)}$	Гидротермальный вулканогенный	Медно-цинково-колчеданная (1)
			53032 $Cu_{(2)}$	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая (2)
	Цинк		53050 Zn	Гидротермальный плутоногенный	Свинцово-цинковая березитовая
	Молибден		53080 Mo	Гидротермальный плутоногенный	Вольфрам-молибденовая грейзеновая
	Редкие металлы, редкоземельные элементы Редкие земли		55330 TR	Гидротермальный плутоногенный	Редкоземельно-редкометалльная апогранитовая и щелочных метасоматитов
	Благородные металлы Золото	56740 $Au_{(1)}$	56771 $Au_{(1)}$	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая
			56772 $Au_{(2)}$	Гидротермальный вулканогенный	Медно-цинково-колчеданная
		Au 82811		Осадочный механический	Золотоносных россыпей
	Серебро		56780 Ag	Гидротермальный плутоногенный	Золото-сульфидно-кварцевая
	Радиоактивные элементы Уран, торий, редкие металлы	57801 $U,Th,R_{(1)}$	57821 $U,Th,R_{(1)}$	Полигенный	Урановая в зонах несогласия (1)
		57802 $U,Th,R_{(2)}$	57822 $U,Th,R_{(2)}$	Гидротермальный плутоногенный	Редкоземельно-редкометалльная апогранитовая и щелочных метасоматитов (2)
		57803 $U,Th,R_{(3)}$	57823 $U,Th,R_{(3)}$	Инфильтрационный	Урановых торфяников (3)
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ	Оптические материалы Кварц оптический	59920 q_o	59950 q_o	Гидротермальный плутоногенный	Хрусталеносных кварцевых жил
	Химическое сырье Барит	60660 ba	60750 ba	Гидротермальный плутоногенный	Баритовая жильная
	Абразивные материалы Гранат		65550 gr	Гидротермальный плутоногенный	Не определена
	Горнотехническое сырьё Асбест амфиболовый		66700 asb_a	Метаморфический	Амфибол-асбестовая апогипербазитовая
	Тальк		66740 t	Метаморфический	Тальковая апогипербазитовая
	Драгоценные и поделочные камни Яшма		66770 $Jš_{кп}$	Метаморфический	Камнесамоцветная метаморфическая

ЛИТОХИМИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

Cu^1,Ba^1 Литохимические ореолы в рыхлых отложениях [85009]
Концентрация элементов:
Cu^1,Ba^1 - от 2 до 4 фонов;
Cu^2- от 5 до 10 фонов

Точечные и невыражающиеся в масштабе карты комплексные и монолитохимические аномалии:

Cu Литохимическая (единичная) проба в коренных породах [85060]

Ni Литохимическая (единичная) проба в рыхлых отложениях [85070]

U Гидрохимическая (единичная) проба [85080]

Rn Атмохимическая (единичная) проба [85100]

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ АНОМАЛИИ

АМ(Fe) Линейно-вытянутые, не выражающиеся в масштабе карты [85131]

АГ(U) Изометрические, не выражающиеся в масштабе карты [85130]

Буквенный символ справа - геофизический метод:
АМ - аэромагнитометрия
АГ - аэрогаммаспектрометрия
Р - радиометрия
После символа метода в скобках символ полезного ископаемого

ШЛИХОВЫЕ ПОТОКИ

150 Au Линейный поток золота

151 Au,TR Линейный поток золота, монацита, ортита

152 Au,W Линейный поток золота, шеелита

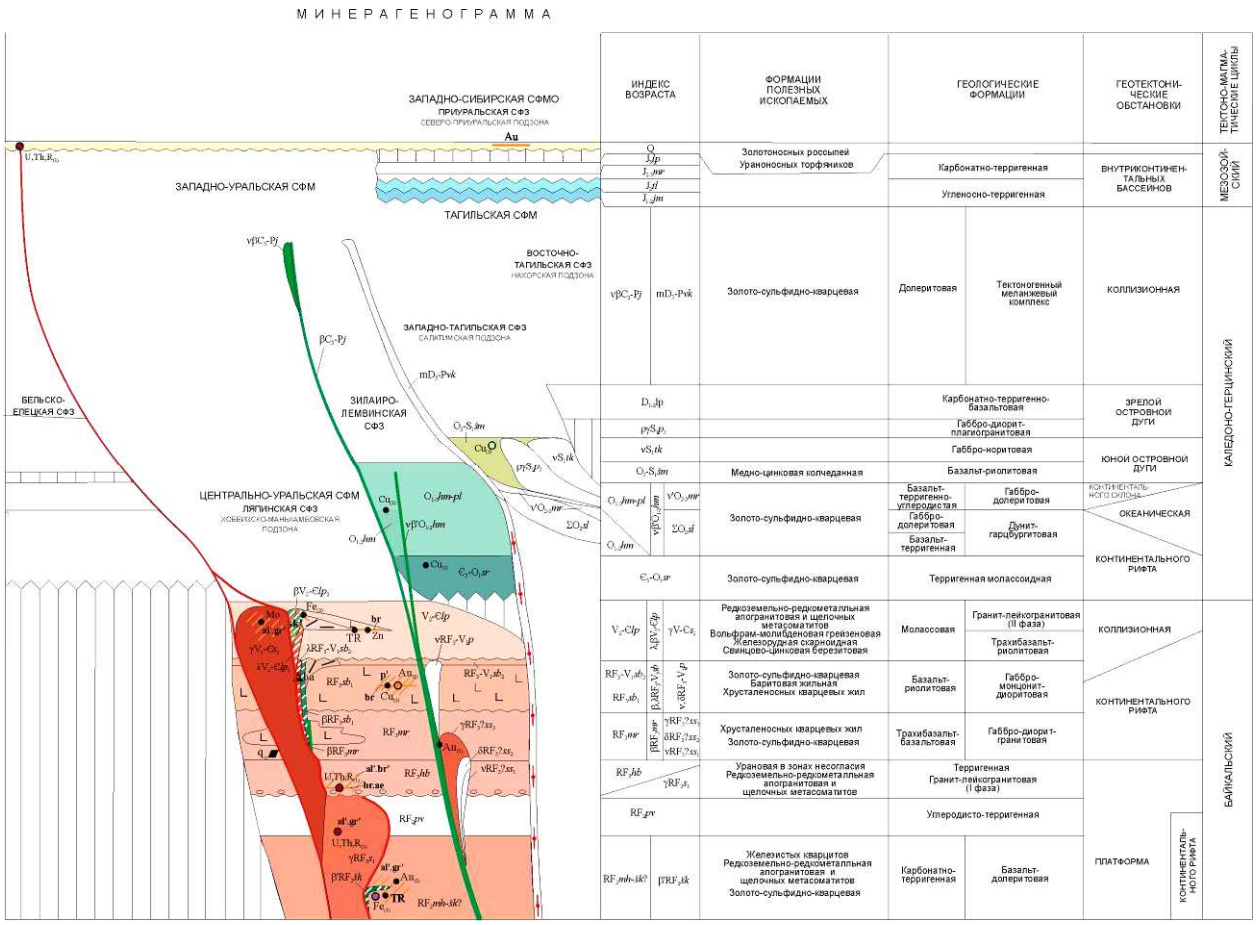
153 TR,W Линейный поток ортита, шеелита

154 TR Линейный поток ортита, монацита

ШЛИХОВЫЕ ПРОБЫ

Au Точечная шлиховая проба (Au,W - золото, шеелит [20200]; Sn - касситерит [20201]; TR - ортит, монацит, ксенотим [20202]; Ta,Nb,TR - танталониобаты, монацит, ксенотим, ортит [20203])

Вторая часть легенды к карте полезных ископаемых и закономерностей их размещения (лист P-40-XII, г. Кожим-Из)



Минерагенограмма (лист P-40-XII, г. Кожим-Из)

Для изучения дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на примерный перечень докладов (рефератов), которые будут озвучиваться при опросе студентов по мере изучения дисциплины.

Примерная тематика докладов (рефератов), используемых при опросе

1. Исторические вехи в учении о металлогении
2. Методы выделения и изучения металлогенических формаций
3. Основные задачи металлогении
4. Металлогения различных геодинамических обстановок
5. Металлогеническое развитие с позиций мобилизма
6. Металлогенические эпохи
7. Перечислить основные металлогенические концепции
8. Цели и задачи металлогенического районирования
9. Металлогения черных, цветных, благородных и редких металлов
10. Основные этапы металлогенических исследований

Ниже приводятся контрольные вопросы по курсу «Металлогения» , в экзаменационных билетах содержатся два теоретических и одно практик ориентированное задание

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТАЛЛОГЕНИЯ»

1. Цели и задачи современной металлогении
2. Понятия «металлогения», «минерагения»
3. Эвгеосинклинали и особенности их металлогении
4. Рудные формации и их связь с метасоматическими формациями
5. Формации и металлогения океанической стадии
6. Металлогеническое районирование: цели, задачи, примеры
7. Металлогения рифтовых зон
8. Миогеосинклинали и особенности их металлогении
9. Рудные формации и их связь с осадочными формациям
10. Рудные формации и их связь с магматическими формациями
11. Рудные формации и их связь с метаморфическими формациями
12. Металлогения срединных массивов
13. История развития металлогении
14. Металлогения чехла платформ
15. Металлогения щитов
16. Металлогения областей автономной тектономагматической активизации
17. Металлогения областей отраженной тектономагматической активизации
18. Металлогения срединных массивов
19. Металлогения рифтовых зон
20. Металлогеническое развитие складчатых поясов с позиций новой глобальной тектоники
21. Миогеосинклинали и особенности их металлогении
22. Металлогения пассивных континентальных окраин
23. Металлогения чехла платформ
24. Металлогения щитов
25. Металлогения активных континентальных окраин андийского типа
26. Металлогения окраинных морей
27. Металлогения геосинклинально-складчатых областей
28. Металлогения срединно-океанических хребтов
29. Металлогения островных дуг
30. Металлогения океанического ложа
31. Формация и металлогения орогенных стадий развития
32. Типы платформ и особенности их металлогении
33. Особенности металлогении вулканических поясов
34. Составление и перспективы освоения дна морей и океанов
35. Этапы металлогенических исследований
36. Применение геохимических и геофизических методов в металлогенических исследованиях
37. Легенды металлогенической карты (принципы, методика составления)
38. Построение легенды прогнозной карты
39. Классификация металлогенических карт
40. Региональная металлогеническая зональность

41. Что понимается под терминами «Специальная металлогения», «Рудная и металлогеническая формация», «Геолого-промышленный тип»?
42. Перечислите генетические типы месторождений полезных ископаемых
43. Каковы основные металлогенические эпохи формирования руд черных металлов?
44. Металлогенограмма (назначение, содержание)
45. Методика и техника составления металлогенических карт
46. Металлогеническое районирование: цели, задачи, примеры
47. Назначение и содержание металлогенических и прогнозных карт
48. Задачи и методы металлогенических исследований
49. Каковы основные металлогенические эпохи формирования руд черных металлов
50. Назовите ведущие провинции руд черных металлов
51. Назовите основные металлогенические эпохи и провинции руд цветных и благородных металлов
52. Перечислите важнейшие рубежи проявлений алмазоносных кимберлитов и лампроитов в России и мире
53. Назовите основные алмазоносные провинции в России и мире
54. С какими эпохами проявлено редкометалльное оруденение в России?
55. Где сосредоточена основная сырьевая база руд редких металлов в России?
56. Перечислите и охарактеризуйте основные урановосные эпохи и провинции в пределах территории России
57. Что понимается под термином «металлогеническая провинция»?
58. Перечислите основные металлогенические провинции России
59. Дайте краткую характеристику Средиземноморского металлогенического пояса
60. Кратко охарактеризуйте металлогению Тихоокеанского пояса
61. Кратко поясните металлогению Урало-Монгольского пояса
62. Прокомментируйте специфику Восточно-Европейской мегапровинции
63. Дайте краткую характеристику Восточно-Европейской провинции
64. Охарактеризуйте Западно-Сибирскую мегапровинцию
65. Металлогения Уральской провинции (районирование и эпохи)
66. Охарактеризуйте металлогению Алтае-Саянской провинции
67. Дайте краткий обзор плитной металлогении
68. Охарактеризуйте металлогению фундамента платформ: Карело-Кольской, Воронежской, Анобарской
69. Охарактеризуйте металлогению Байкало-Витимской, Охотской, Охотско-Чукотской, Верхояно-Колымской, Калымо-Омолонской провинций
70. Поясните металлогению Сихоте-Алинской, Карякско-Камчатской и Курильской провинций
71. Какова металлогения Пайхой-Новоземельской, Таймыро-Северо-Земельской и Новосибирско-Чукотской провинций?

ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Раздел 1

Покажите на карте металлогенические таксоны различных рангов (пояс-зона)

Раздел 2

Покажите на карте металлогенические провинции и зоны, относимых к различным типам геодинамических обстановок (внутриплитные, островодужные, рифтовые, горячих точек и др.)

Раздел 3

По образцам из коллекции кафедры определите геолого-промышленный тип оруденения и ведущие закономерности его размещения (руды черных, цветных, благородных металлов и др.)

Раздел 4

Покажите на карте основные металлогенические провинции и мегапровинции России (Русская, Кавказская, Уральская, Западно-Сибирская, Алтае-Саянская и др.)

Раздел 5

По образцу из коллекции кафедры диагностируйте его геолого-промышленный тип и определите, какие металлогенические факторы 1 рода (металлотекты) его определяют

МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Курсовая работа выполняется в 9 семестре для очного обучения и в 10 для заочного.

Целевое назначение - углубление полученных теоретических знаний в целом по курсу и особенно по разделу «Региональная металлогения». Тему курсовой работы рекомендуется выбирать как будущую основу для написания спецглавы в дипломном проекте.

Она выполняется на основе материалов, собранных на производственной (преддипломной) практике, либо с использованием информации ВСЕГЕИ по Госгеолкарте-200 (1000/3) номенклатурных листов, соответствующих району работ. https://vsegei.ru/ru/info/catalog_ggk/ *Цифровые каталоги ГГК:*

Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:1 000 000 (третье поколение), изданных КФ ВСЕГЕИ

Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение), изданных КФ ВСЕГЕИ

Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение), изданных МФ ВСЕГЕИ

Цифровой каталог Государственных геологических карт РФ м-ба 1:200 000 (второе поколение). Авторские комплекты, апробированные НРС Роснедра

В работе обязательно должны быть использованы результаты собственных наблюдений или исследований.

Для выполнения курсовой работы рекомендуются следующий примерный перечень тем:

1. Металлогения золота (Fe, Mn, Ca) Тагило-Магнитогорской металлогенической зоны
2. Металлогения Предуральского прогиба
3. Металлогения Западно-Сибирской мегапровинции
4. Минерагения импактных структур
5. Закономерности размещения Cu-порфирового оруденения в Уральской провинции

6. Закономерности размещения уранового оруденения в чехле Западно-Сибирской провинции

Курсовая работа включает два главных компонента: металлогеническую карту (карту закономерностей….) с условными обозначениями, металлогенограмму и объяснительную записку, объемом 10-20 страниц машинописного текста и содержать следующие разделы:

1. Введение. Приводятся сведения о районе: административное положение, рельеф, климат, география, степень обнаженности, экономическая особенность.

2. История металлогенических исследований. Дается краткий по годам обзор важнейших исследований минеральных ресурсов региона.

3. Принципы и методика составления карты. Тезисно, по методическим указаниям с привлечением специальной литературы излагается методика работ.

4. Основные черты геологического строения территории. В начале раздела дается перечень ведущих стратиграфических подразделений, начиная с наиболее древних толщ. Далее в той же последовательности дается характеристика выделенных осадочных и магматических формаций. При этом их описание (названия и краткая характеристика) приводятся по структурным этажам и ярусам.

5. Ведущие рудные формации. В начале раздела приводятся общие сведения о наличии полезных ископаемых в регионе. Затем дается перечень и краткое описание (название формации, основные рудные объекты, кратко геологическое строение объекта, морфология, размеры и внутреннее строение рудных тел, вещественный (минеральный, химический) состав руд, сопутствующие компоненты, структуры и текстуры руд, наличие и строение зоны окисления, запасы, геолого-промышленный тип месторождения) ведущих рудных формаций. В конце перечень металлогенических эпох.

6. Закономерности размещения полезных ископаемых и оценка перспектив района. В начале раздела приводится описание различных генетических обстановок и соответствующих каждой обстановке металлогенических факторов первого и второго рода с указанием роли каждого фактора в локализации определенных (одного по выбору) видов полезных ископаемых. Характеризуются стратиграфический, литологический, фациальный, петрографический, магматический, метаморфический, структурный, геоморфологический, палеогеографический, палеотектонический и др. факторы (в зависимости от конкретной рудной формации), рассматривается связь между геологическими и рудными формациями, приводится описание метасоматических изменений, зональности и размещения полезных ископаемых.

Далее (если есть материалы) приводятся сведения о прогнозируемых месторождениях (либо перспективных участках) по видам сырья: номер по карте, название, оценка прогнозных ресурсов по категориям, общие ресурсы, рекомендуемые виды, объемы и методы геологоразведочных работ, их очередность.

Заключение. Кратко перечисляются важнейшие дискуссионные или не решенные вопросы и предлагаются возможные пути их решения.

Список литературы. Проводится раздельно для изданных и фондовых материалов.

Курсовая работа рецензируется преподавателем кафедры. При необходимости проводится защита работы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Основная литература

1. Душин В. А. Металлогения. Учебное пособие. Изд. УГГУ. Екатеринбург, 2017. - 308с.
2. Старостин В. И. Металлогения. Учебник 2-е изд. МГУ, 2012. - 560с.

2. Дополнительная литература

3. Щеглов А.Д. Основы металлогенического анализа. М: Недра, 1978
4. Минерагения осадочных бассейнов континентов палеоконтинентальных областей. Ред. Межеловский Н. В. М., 1978. WWWgeokniga.org
5. Основы металлогенического анализа при геологическом картировании. Ред. Межеловский Н. В. М., 1985. - 468с.WWWgeokniga.org
6. Радкевич Е.А. Региональная металлогения. М.: Недра, 1987.
7. Методологические основы составления прогнозно-металлогенических карт масштаба 1: 200 000 рудных и потенциально рудных районов. СПб. ВСЕГЕИ.1999, 86с.

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучение рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к лабораторным занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в т. ч. изучение каменного материала по ведущим месторождениям.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.14 ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Баранников А. Г., профессор, доктор геол.-минер. наук

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ

Целью предлагаемых к решению работы (задания 1-12, рисунки 1-12) является – приобретение студентами навыков проектирования оценочных работ в пределах рудоперспективных участков.

Порядок выполнения работы.

1) Ознакомившись с геологической ситуацией, отображенной на бланке задания, необходимо сделать заключение о возможном геолого-промышленном типе месторождения, руководствуясь литературными сведениями [3, 4, 5]. Для отнесения оцениваемого объекта к определенному промтипу следует учитывать: форму, размеры, условия залегания выходящих на поверхность залежей полезного ископаемого; состав, условия залегания рудовмещающих пород; уровень установленных при опробовании концентраций полезных компонентов.

2) Привести примеры месторождений-эталонов. Охарактеризовать возможный минеральный и химический состав полезного ископаемого (руководствуясь рекомендованными источниками).

3) Обосновать возможную группу прогнозируемого месторождения по сложности геологического строения для целей разведки, взяв рекомендации инструкции ГКЗ [6].

4) Сформулировать задачи, решаемые при проведении оценочных работ. Уточнить их применительно к конкретной геологической обстановке.

5) Обосновать систему разведочных работ (форму, плотность разведочной сети). Нанести проектные выработки на план и отстроенные проектные геологические разрезы – 1-2 шт. (размещенные в нижней части листа – на бланке задания).

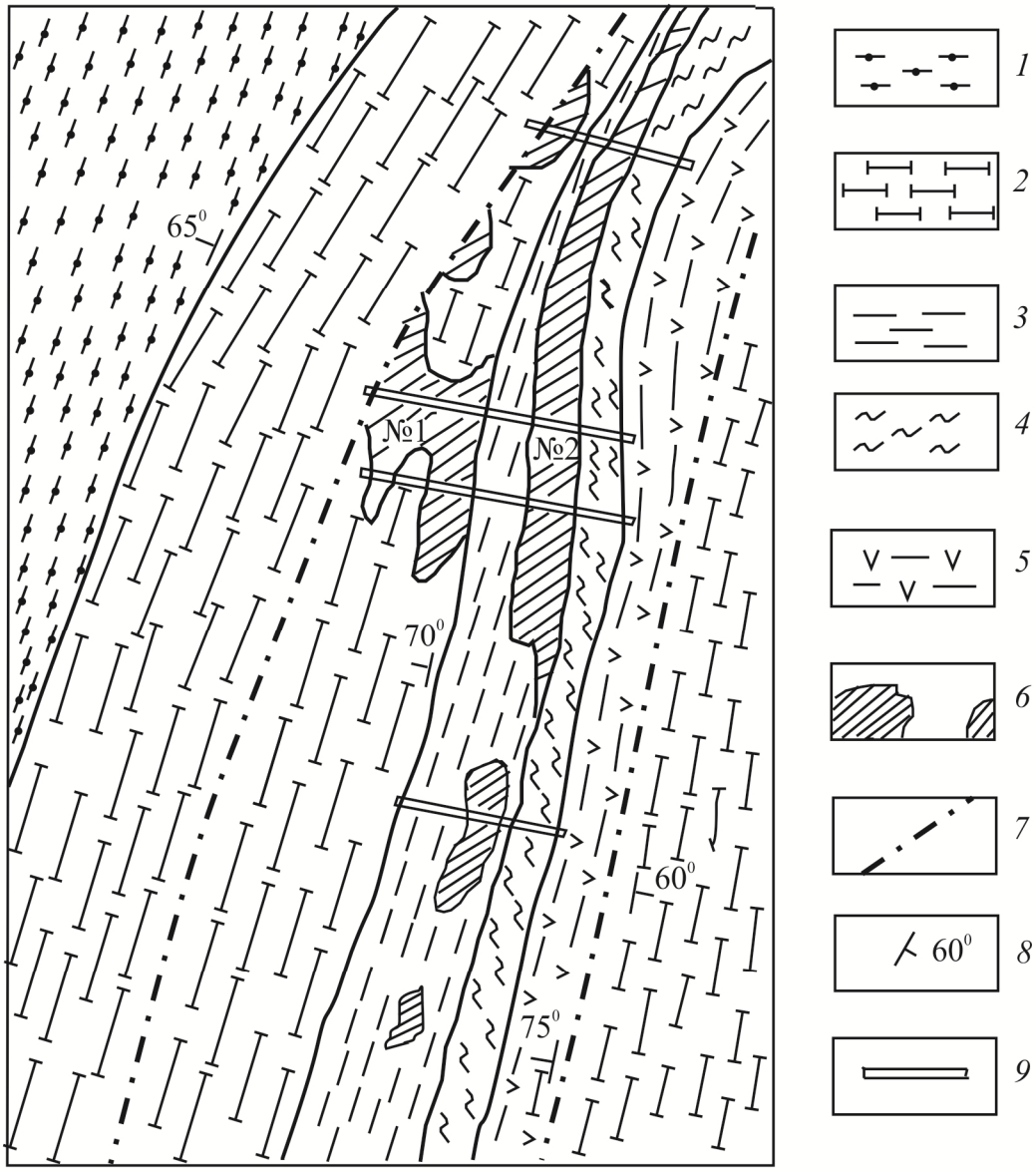
6) Наметить виды и способы отбора проб применительно к конкретному типу полезного ископаемого. Для каждого вида опробования (химического, геохимического, минералогического, технологического, технического, геофизического) обосновать цель исследования, способы отбора проб, параметры проб (сечение, длину, массу пробы).

Составить схему обработки проб. Все запланированные виды исследований отразить в табличной форме.

7) Подсчитать проектные запасы полезного ископаемого по категории C_1 (для отдельных блоков), C_2, а также прогнозные ресурсы по категории P_1. Ограничить проектные выработки глубиной до 100-150 м, в отдельных случаях – до 200 м (в зависимости от типа полезного ископаемого). По запроектированным выработкам предусмотреть возможные (вероятные) параметры (мощность залежи, содержание полезного компонента, объемная масса руды и т. д.). Обосновать метод подсчета запасов и выполнить его, отразив результаты в табличной форме.

Отчетными документами являются графический материал и пояснительная записка к нему. На приведенной на бланке задания схематической геологической карте следует нанести проектные разведочные выработки (горноразведочные, буровые скважины), отразив номерами последовательность их проходки. Проектные выработки должны быть также нанесены и на отстроенные геологические разрезы, а также при необходимости на продольную вертикальную проекцию. На графике отразить контуры блоков проектных запасов категории C_1, C_2 и прогнозных ресурсов категории P_1. В пояснительной записке обосновать методику оценочных работ, объем аналитических исследований. Геолого-промышленную значимость оцениваемого объекта сравнить с литературными сведениями [3, 4, 5, 7]. Время выполнения задания – 6-8 часов.

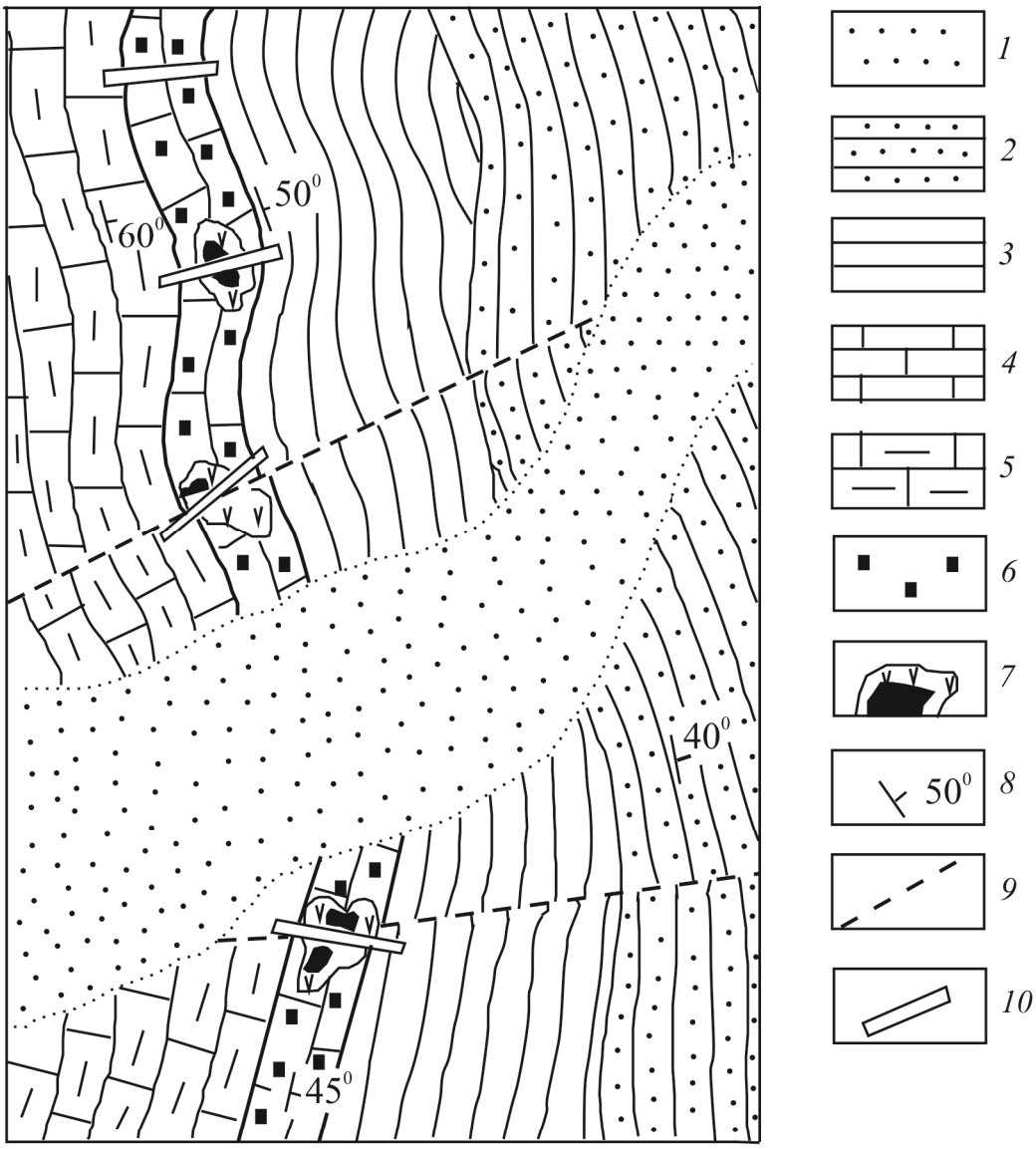
Задание 1



М 1:5000

Рис. 1. Геологический план участка работ:
1 - роговики (гидрогематит-мартитовые) (PR_2); *2* - роговики (мартитовые) (PR_2); *3* - джеспилиты (мартитовые) (PR_2); *4* - хлоритовые сланцы с прослоями роговиков (PR_2); *5* - углисто-кварцево-хлоритовые сланцы (PR_2); *6* - выходы богатых гематит-мартитовых руд (Fe = 40-58 %), номера рудных тел; *7* - тектонические нарушения; *8* - элементы залегания пород; *9* - пройденные канавы

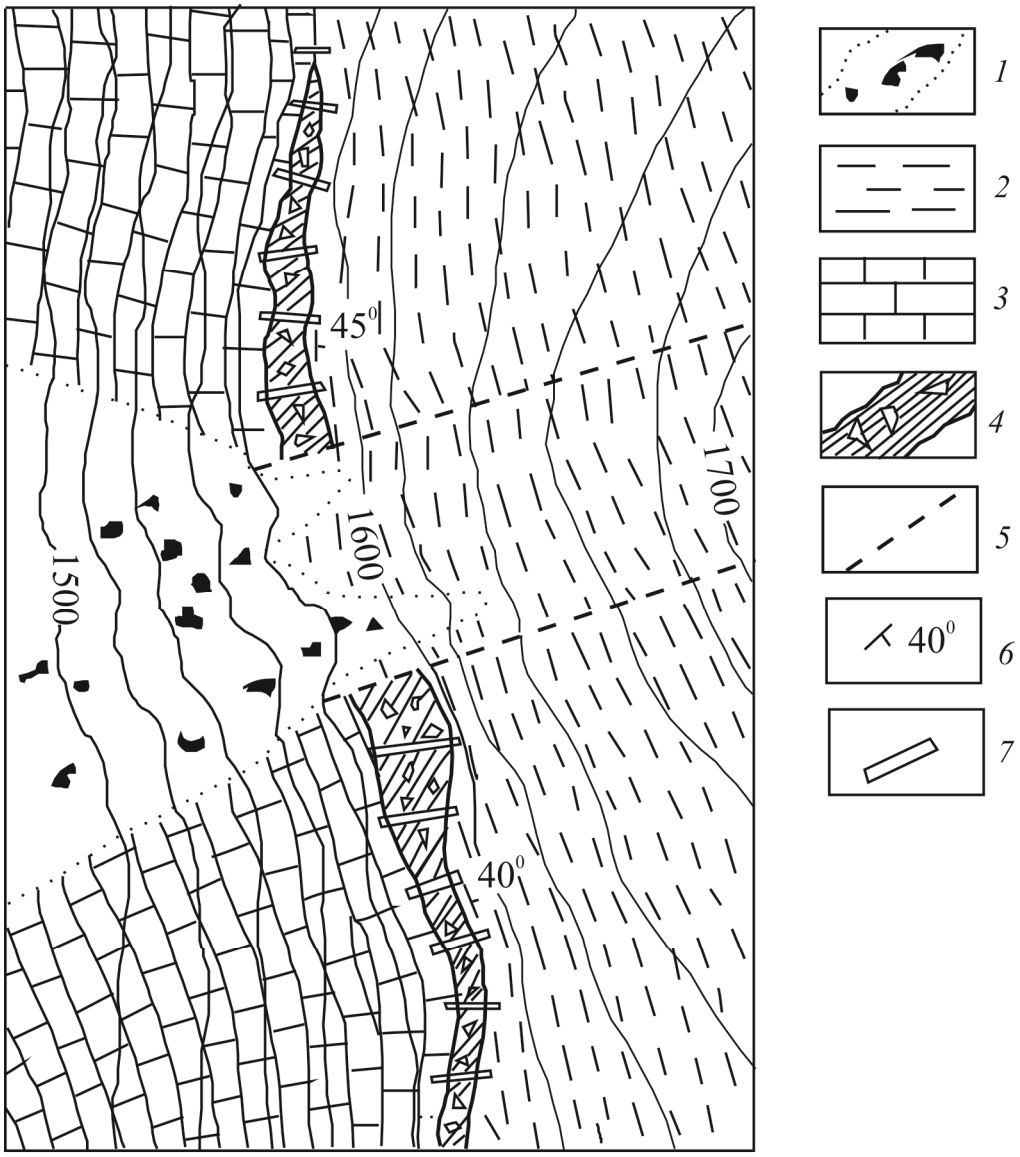
Задание 2



М 1:10000

Рис. 2. Геологический план участка работ:
1 - аллювиальные отложения мощностью до 10 м (*Q*); *2* - песчаники, алевролиты (C_2);
3 - сланцы углисто-глинистые (C_2); *4* - известняки доломитизированные (C_1);
5 - известняки с углистым веществом (C_1); *6* - вкрапленность сульфидов (галенита, сфалерита), содержание в породе Pb - 1,2-2,0 %; *7* - участки развития доломита с гнездами массивных полиметаллических руд, содержание Pb - 5,0-6,5 %;
8 - элементы залегания пород; *9* - разрывные нарушения;
10 - пройденные канавы

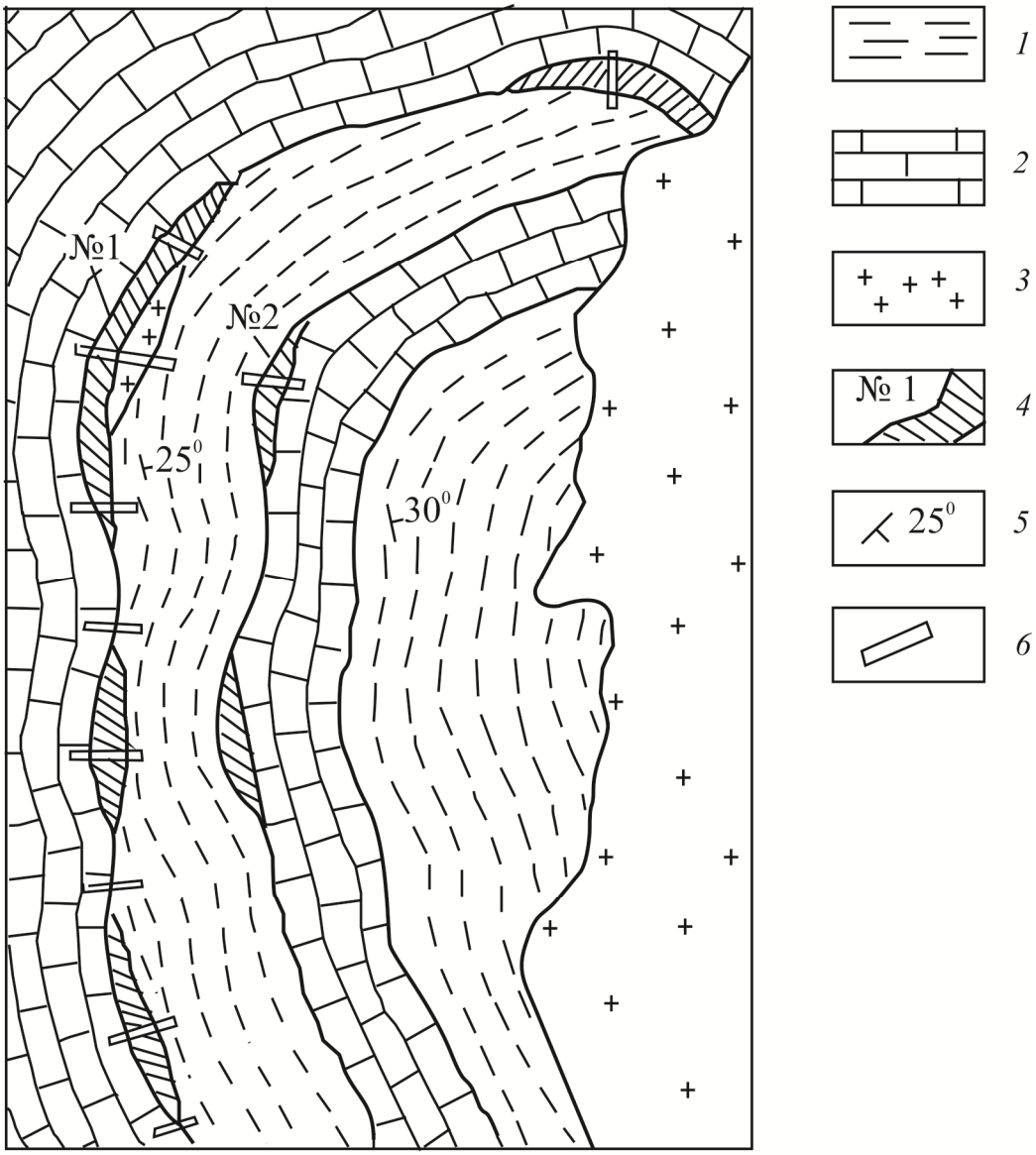
Задание 3



М 1:10000

Рис. 3. Геологический план участка работ:
1 - делювий с рудными обломками (Q_{3-4}); *2* - сланцы глинистые (C_1);
3 - известняки (D_3); *4* - субсогласная залежь джаспероидных брекчий с антимонитом (Sb - в среднем 2,2 %, коэффициент рудоносности 0,42);
5 - разрывные нарушения; *6* - элементы залегания пород;
7 - пройденные канавы

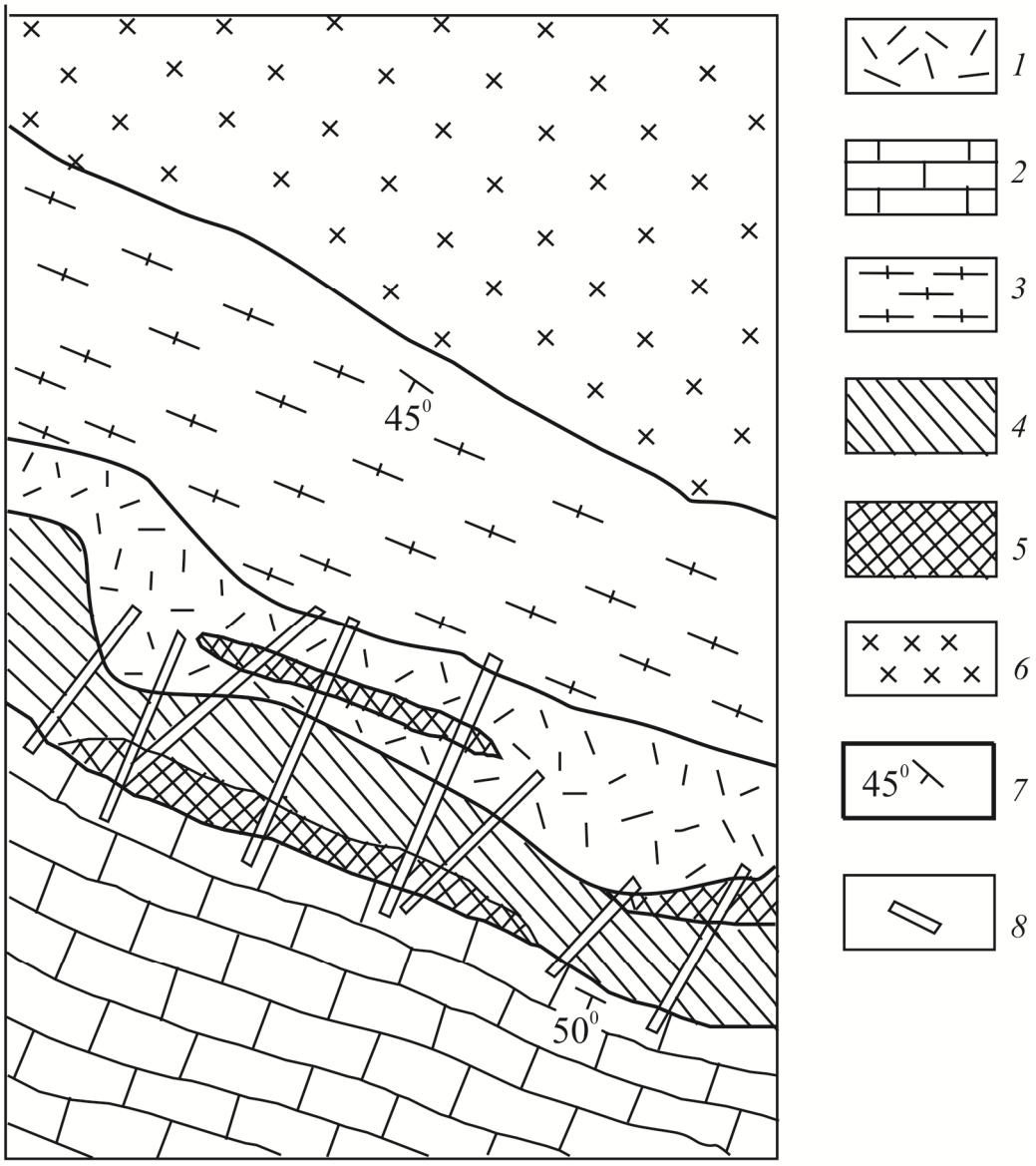
Задание 4



М 1:5000

Рис. 4. Геологический план участка работ:
1 - сланцы, алевролиты, песчаники (P_2); *2* - известняки мергелистые (P_2);
3 - граниты; *4* - зоны шеелитоносных скарнов (№ 1 - содержание WO_3 - 0,71 %,
коэффициент рудоносности - 0,65; № 2 - содержание WO_3 - 0,33 %,
коэффициент рудоносности - 0,33); *5* - элементы залегания пород;
6 - пройденные канавы

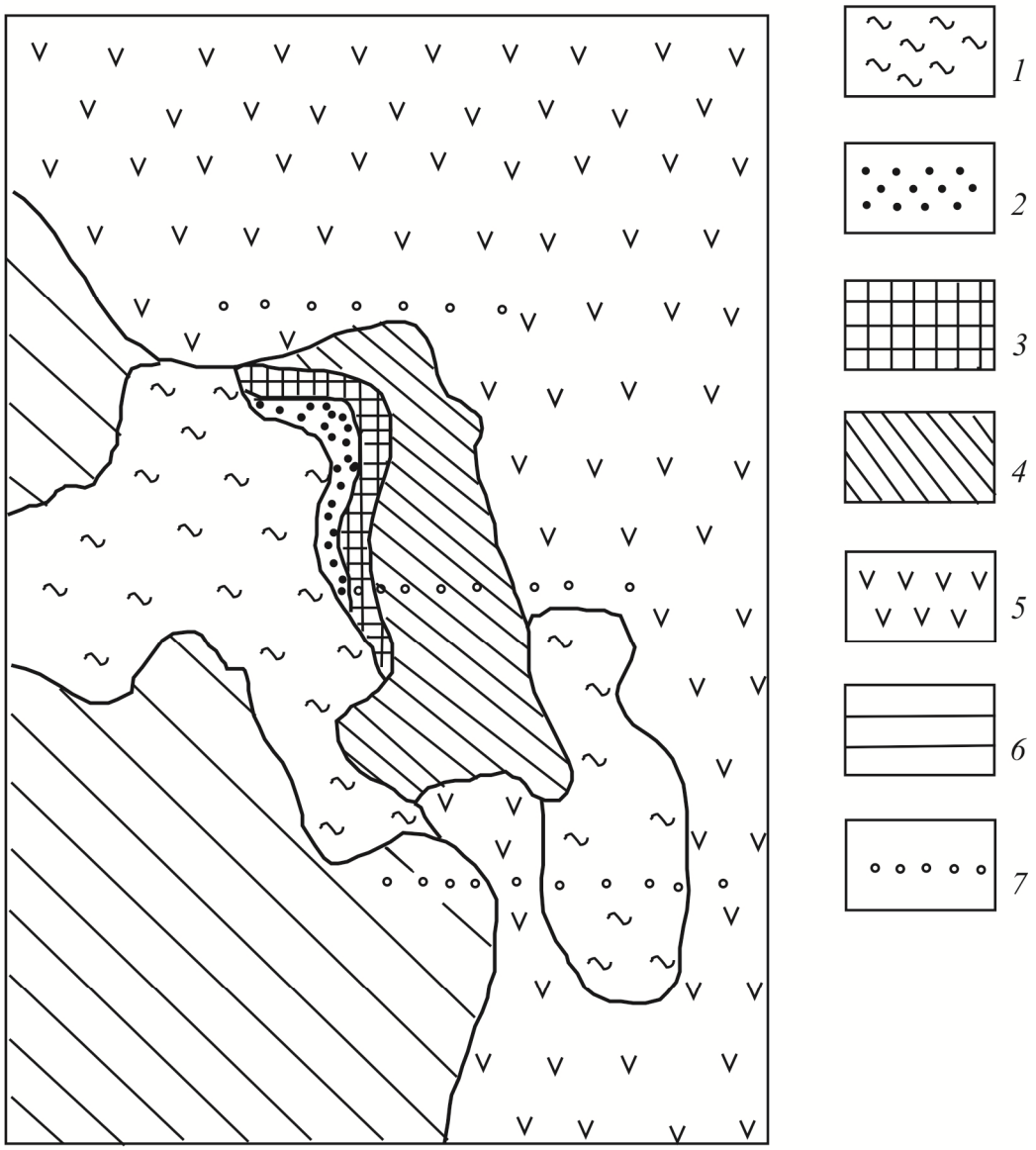
Задание 5



М 1:5000

Рис. 5. Геологический план участка работ:
1 - вулканогенные породы (трахиты с порфировой структурой) (D_3);
2 - известняки (D_3); *3* - роговики; *4* - скарны (содержание Fe - 25-35 %);
5 - магнетитовые массивные руды (содержание Fe - 40-55 %); *6* - сиениты;
7 - элементы залегания пород; *8* - пройденные канавы

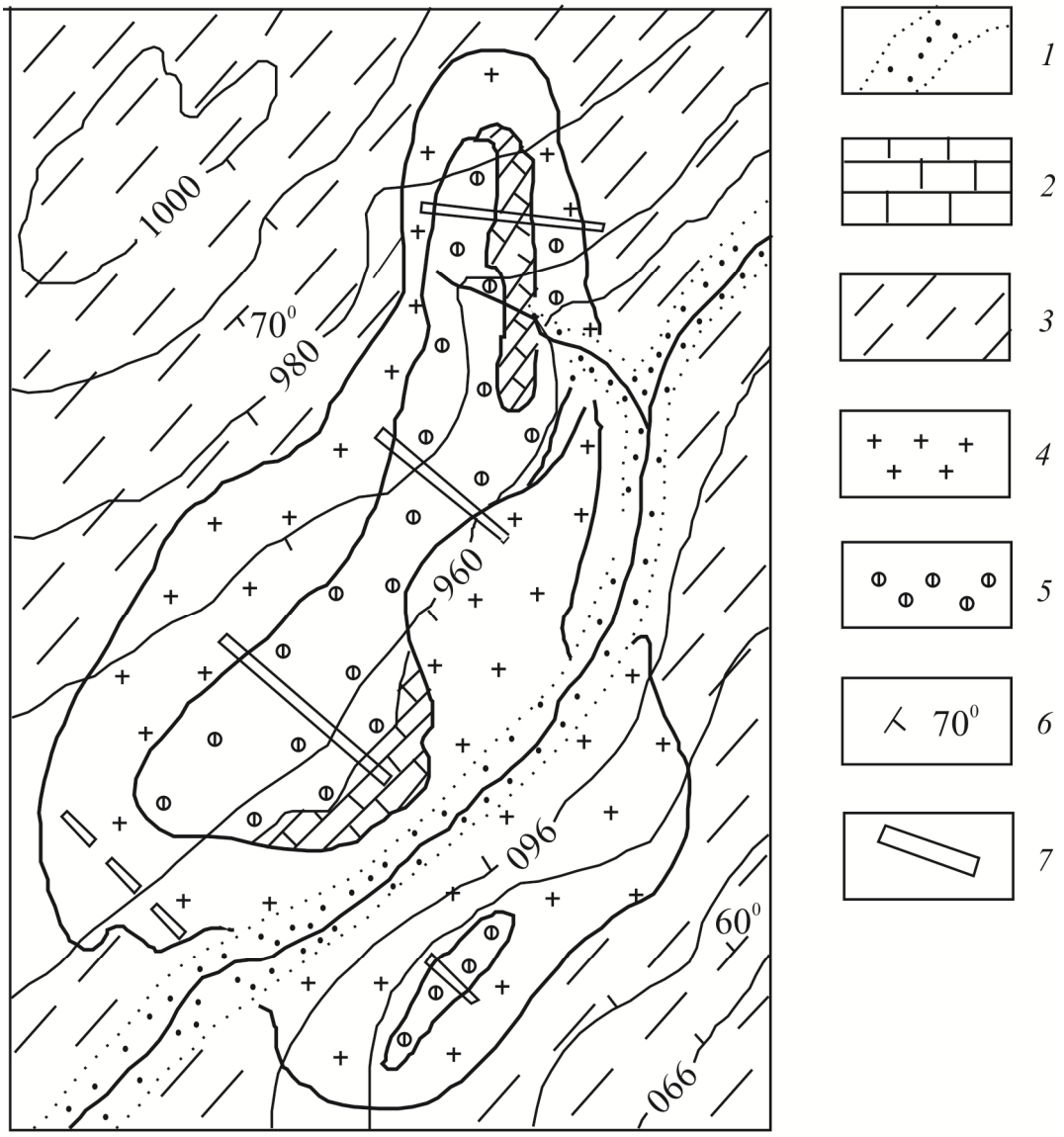
Задание 6



М 1:10000

Рис. 6. Геологический план участка работ:
1 - покровные отложения (N_2 - Q); *2* - охристо-кремнистые породы (гидрогетит, галлуазит, гарниерит, асболан; содержание Ni = 0,92-1,05 %); *3* - серпентинит выветрелый (нонтронит, гарниерит, керолит, гидрогетит; содержание Ni = 1,1-1,3 %); *4* - серпентинит выщелоченный (серпентин, гарниерит, керолит, гидрогетит; содержание Ni = 0,08 %); *5* - серпентинит апоперидотитовый слабо измененный; *6* - сланцы кристаллические (PZ_1); *7* - скважины поисково-картировочные

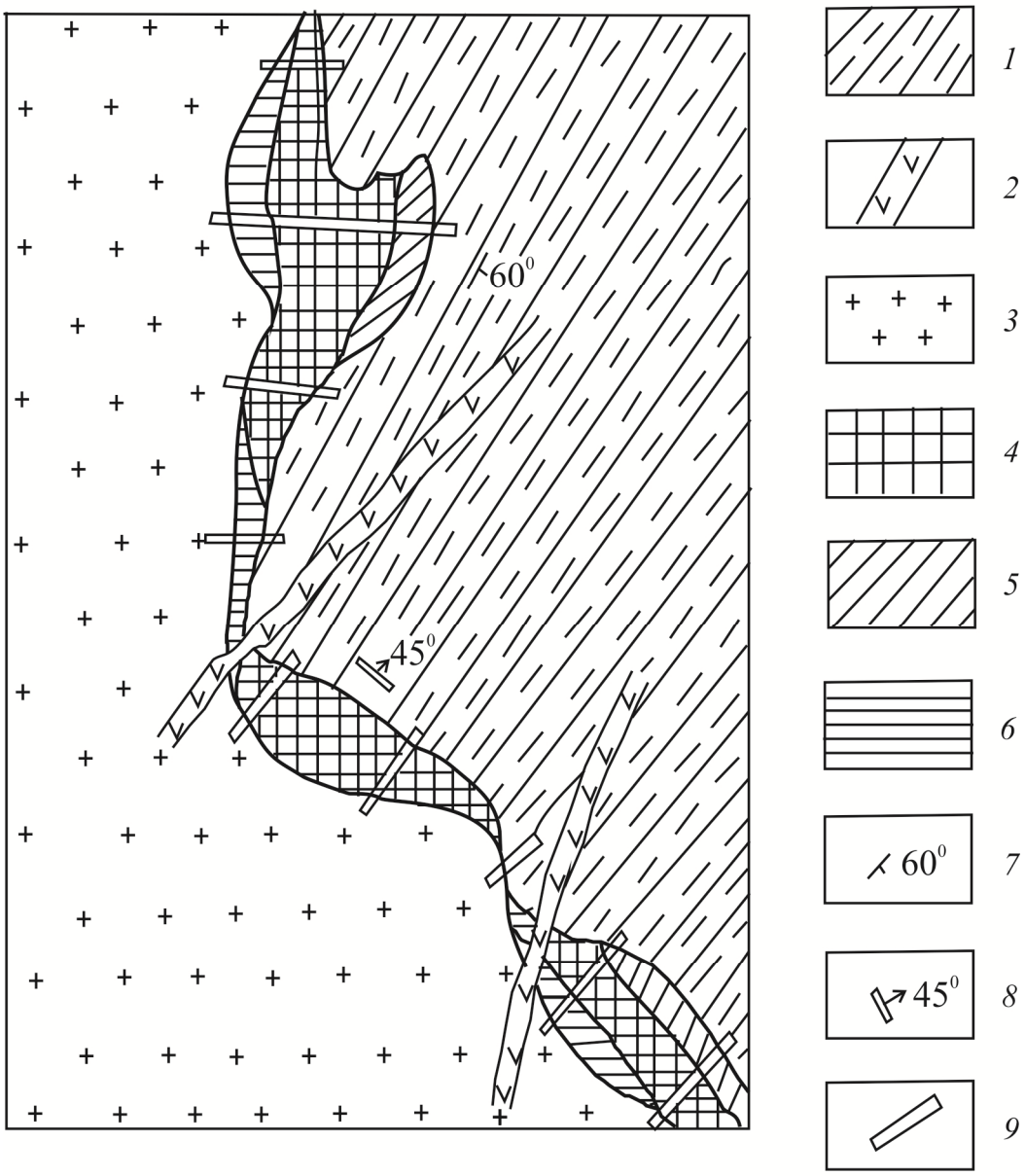
Задание 7



М 1:5000

Рис. 7. Геологический план участка работ:
1 - аллювиальные отложения (Q_4); *2* - мраморизованные известняки (C_1); *3* - кварц-биотитовые сланцы (D_{2-3}); *4* - гранодиориты; *5* - скарны (ориентировочная мощность - 60 м, содержание WO_3 - 1,35 %, коэффициент рудоносности - 0,10); *6* - элементы залегания пород; 7 - пройденные канавы

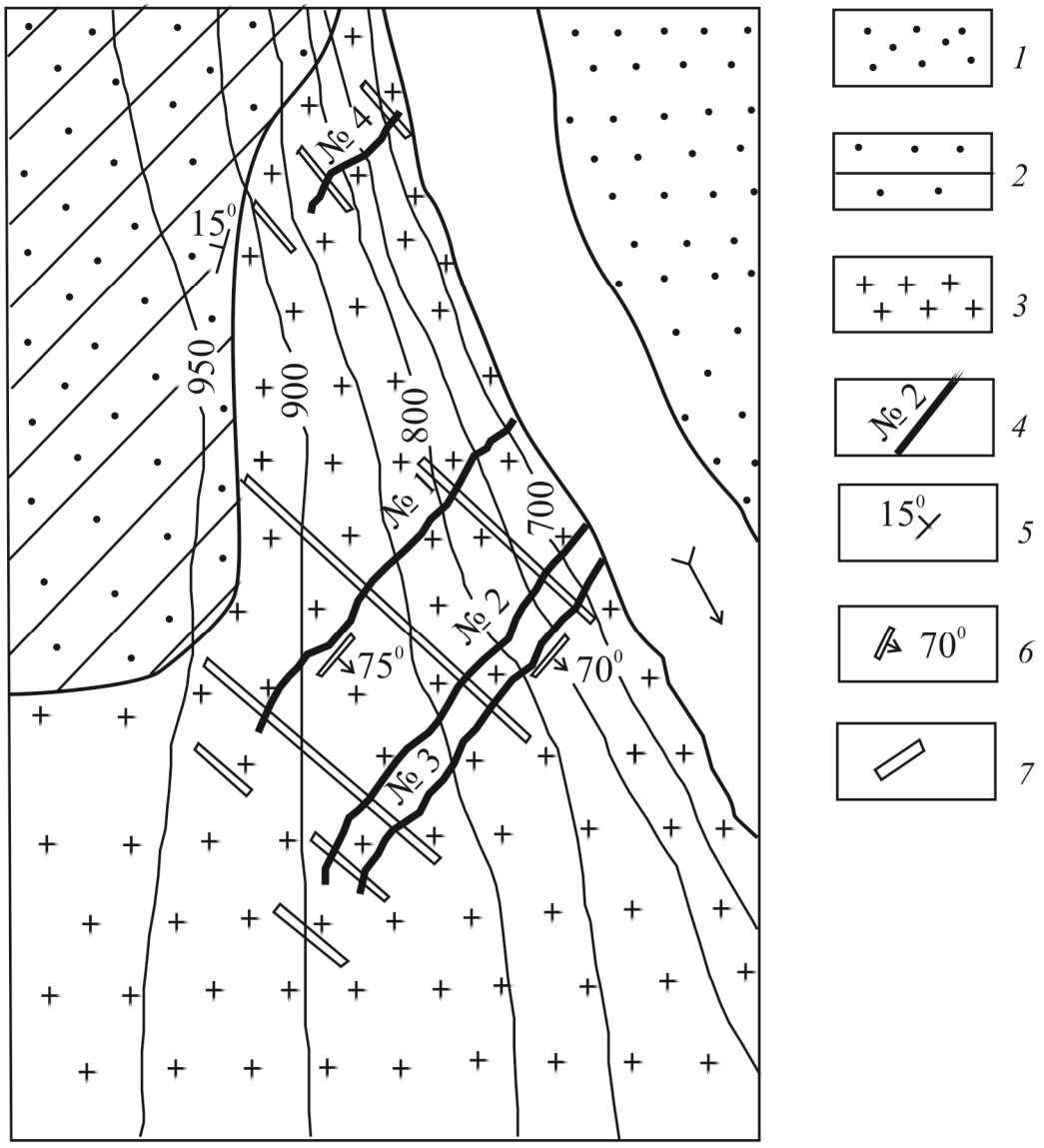
Задание 8



М 1:10000

Рис. 8. Геологический план участка работ:
1 - вулканогенно-осадочные породы (D_2); *2* - дайки пород основного состава; *3* - гранодиориты; *4* - гранатовый скарн с вкрапленностью магнетита (содержание Fe 32-46 %); *5* - то же (содержание Fe 18-31 %); *6* - то же (содержание Fe менее 18 %); *7* - элементы залегания пород; *8* - элементы залегания рудоносной залежи; *9* - пройденные канавы

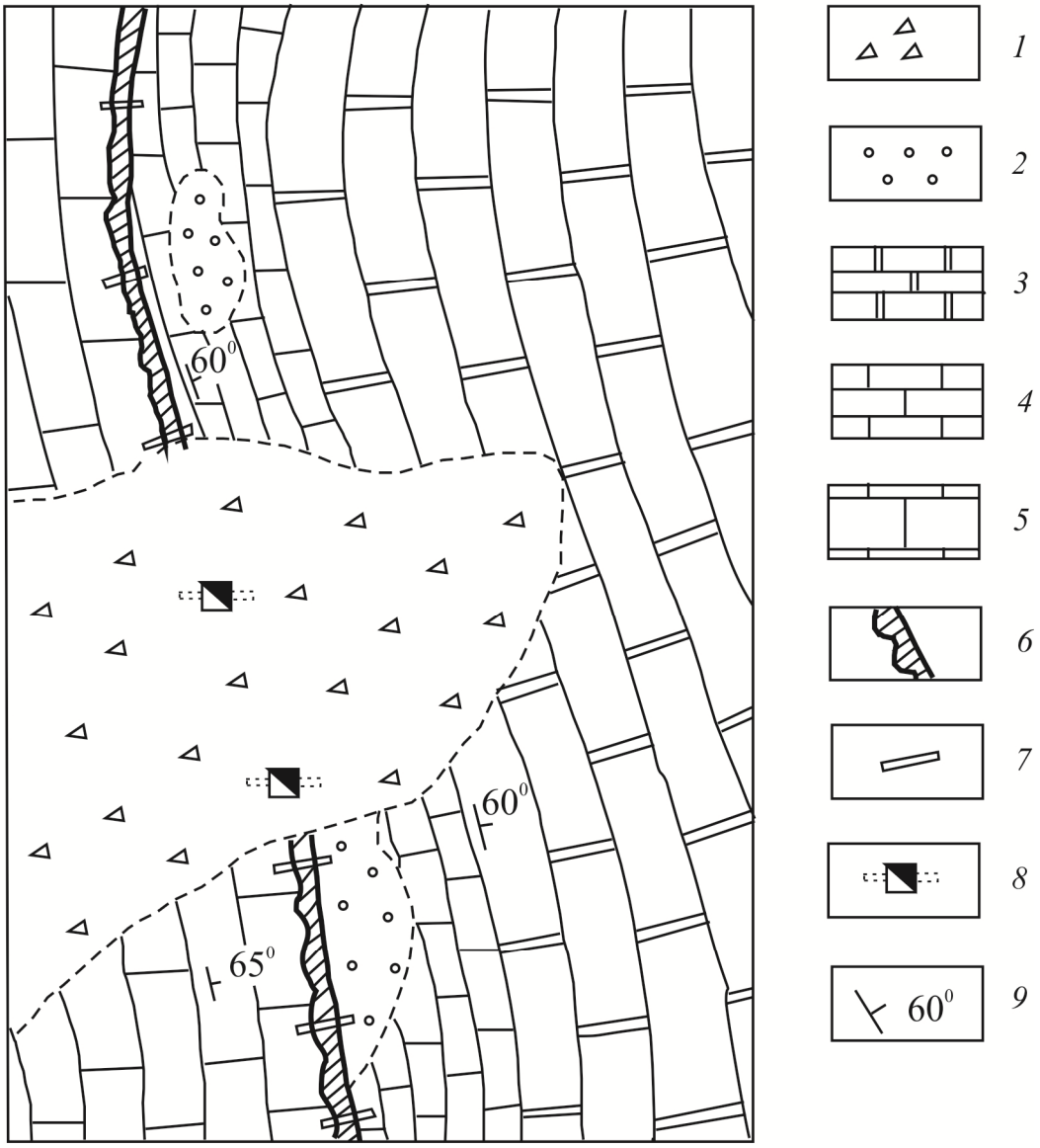
Задание 9



М 1:10000

Рис. 9. Геологический план участка работ:
1 - аллювиальные отложения (мощность 18 м) (*Q*); *2* - песчаники полимиктовые (I_1); *3* - гранитоиды (I_3); *4* - кварцевые жилы с молибденитом, их номера (мощность жил 1,5-2 м, содержание Mo 0,60-0,85 %, коэффициент рудоносности 0,1); *5* - элементы залегания пород; *6* - элементы залегания рудоносных жил; *7* - пройденные канавы

Задание 10



М 1:10000

Рис. 10. Геологический план участка работ:
1 - делювиальные отложения (мощность до 8 м) (Q_{3-4}); *2* - ледниковые отложения (Q_2); *3* - известняки темно-серые массивные (D_2); *4* - известняки черные тонкослоистые (D_2); *5* - известняки розовых тонов массивные (D_2); *6* - боксит пестроцветный (средняя мощность пласта 10 м); *7* - пройденные канавы; *8* - пройденные шурфы с рассечками; *9* - элементы залегания

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.

2. *Каждан, А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки) / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1984. – 285 с.

3. *Авдонин, В. В.* Месторождения металлических полезных ископаемых / В. В. Авдонин, В. Е. Бойцов, В. М. Григорьев [и др.]. – М.: Трикста, 2005. – 720 с.

4. *Малахов, И. А.* Промышленные типы металлических полезных ископаемых / И. А. Малахов, П. Л. Бурмако, А. П. Алексеев. - Екатеринбург: УГГУ, 2007. – 209 с.

5. *Яковлев, П. Д.* Промышленные типы рудных месторождений / П. Д. Яковлев. – М.: Недра, 1986. – 358 с.

6. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых.* – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.

7. *Баранников, А. Г.* Прогнозирование и поиски месторождений полезных ископаемых: лабораторный практикум с основами теории / А. Г. Баранников, А. Н. Угрюмов, Г. П. Дворник. – Екатеринбург: УГГУ, 2004. – 104 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В. А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.15 ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ И АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Хасанова Г. Г., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ
1.1. Основные сведения о геометризации горно-геологических свойств месторождений полезных ископаемых……...3
1.2. Понятие о геологическом поле и его свойствах……..3
1.3. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций
Понятие о регулярной и случайной составляющих геологических полей……..4
1.4. Требования, предъявляемые к аппроксимирующим геологические поля функциям. Математические действия с заданными графически функциями…….7
1.5. Типизация математических решений геологоразведочных задач…. ……..……..8

2. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ
2.1. Изучение закономерностей распределения компонентов в залежах полезных ископаемых ……..……12
2.2. Оценка качества минерального сырья в недрах ……...14
2.3. Морфометрический анализ рудных тел пласто- и линзообразных форм……..16
Контрольные вопросы по курсу «Геометризация и анализ геологических полей» ……18
Рекомендуемая литература ……19

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДИКИ РЕШЕНИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ

1.1. Основные сведения о геометризации горно-геологических свойств месторождений полезных ископаемых

Основоположником геометризации, как метода изучения земных недр, является П. К. Соболевский. Им разработаны теоретические основы изучения месторождений на базе представления о недрах как о совокупности геохимических и геотектонических полей. В качестве основного метода изучения таких полей предлагался способ изолиний, с помощью которого можно выразить размещение геологического признака в пространстве недр в любом плоском сечении. Графической основой для построения системы изолиний (топоповерхности) является проекция с числовыми отметками на горизонтальную, наклонную или вертикальную плоскости. Аппарат математических действий с топоповерхностями и предложенная П.К.Соболевским точечная объемная палетка сделали разработанный им графоаналитический метод универсальным при изучении недр. Высказанные П.К.Соболевским идеи послужили теоретической основой геометризации разнообразных месторождений полезных ископаемых: пластовых осадочных и жильных, рудных моно- и полиметаллических, россыпных, нефтяных и газовых, стройматериалов и др. Методы горной геометрии позволяют прогнозировать развитие во времени и в пространстве различных процессов происходящих в земных недрах естественным путём или в результате деятельности человека. Однако следует подчеркнуть, что в практике геологических исследований термином “геометризация” обозначаются два разных по сущности понятия:

- во-первых, геометризацией называют графические построения контуров рудных тел и выделяемых в их пределах блоков при подсчёте запасов минерального сырья;
- во-вторых, геометризация – это комплекс графоаналитических операций над пространственно заданными совокупностями человека значений характеристик свойств геологических тел, производимых с целью выявления и последующего графического изображения описывающих их функций, представляющих собой математические модели объектов исследования. Именно последнее определение геометризации составляет содержательную основу метода изучения земных недр, разработанного П.К.Соболевским, что, пользуясь терминами прикладной математики, было бы правильнее назвать не геометризацией, аппроксимацией.

1.2. Понятие о геологическом поле и его свойствах

Фундаментальным понятием геометризации (аппроксимации) является понятие о геологическом поле. Существуют два взаимно дополняющих друг друга определения этого понятия: содержательное, данное ещё П.К.Соболевским в 1930 г. и формализованное.

Содержательное определение геологического поля:

- геологическим полем называется совокупность форм, свойств, явлений и процессов, связанных единством происхождения и пространственного положения.

Согласно формализованному определению:

- геологическим полем называется пространство, каждому элементарному объёму которого может быть поставлено в соответствие определённое значение характеристики какой-либо величины. Эти два определения геологического поля взаимно дополняют одно другое: содержательное определение принимается во внимание при обобщении и интерпретации результатов математических описаний объектов исследования, а формализованное ─ при обосновании применения методов математической обработки геологической информации. При поисках, разведке оценке месторождений полезных ископаемых на всех стадиях их изучения приходится иметь дело с пространственно заданными совокупностями весьма разнообразных в качественном и количественном отношении характеристик свойств, форм, явлений

и процессов, фиксируемых при исследовании как самого тела полезного ископаемого, так и окружающего его пространства. Как следствие, общее понятие геологического поля в реальном воплощении расчленяется на ряд частных понятий, относящихся к объектам изучения иногда даже различных отраслей геологии.

Принято различать поля:

1) морфометрических и морфоструктурных свойств тел полезных ископаемых и месторождений (мощность, отметки кровли и подошвы рудных тел, отметки поверхности напластований и дизъюнктивных нарушений);

2) поля химических свойств или геохимические поля (содержания химических элементов в околорудном пространстве и рудных телах)

3) поля физических свойств руд и пород или геофизические поля (плотность, электрическое сопротивление, радиоактивность, магнитная восприимчивость и т.д.);

4) поля гидрогеологических и инженерно-геологических свойств руд и окружающих их пород;

При этом значительная продолжительность и стадийность формирования многих свойств месторождений полезных ископаемых и, следовательно, отвечающий им состав различных полей по природе своего образования может быть гомогенным или гетерогенным.

Поле называется гомогенным, если характеризуемое свойство имеет только одну форму проявления или нахождения. Если таких форм проявления или нахождения несколько, то поле этого свойства называется гетерогенным. Например, геохимическое поле серы в рудных телах алтайских полиметаллических месторождений является гетерогенным, так сера входит в состав пирита, халькопирита, сфалерита и галенита, соотношение которых по стадиям минерализации к тому же существенно изменяются. Гомогенным следует считать поле той части серы, которая входит в состав определённого минерала, если последний не имеет в руде нескольких генераций. В ином случае и это поле гетерогенно.

Морфометрическое поле отметок подошвы залежи полезного ископаемого также будет считаться гетерогенным, если она совместно с вмещающими породами участвовала в наложенных процессах складкообразования или нарушена пострудными дизъюнктивами.

1.3. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций. Понятие о регулярной и случайной составляющих геологических полей

В соответствии с формализованным определением понятия геологического поля какое- либо его свойство может быть записано в математических символах следующим образом: $U = f(x,y,z,t)$, где U – характеристика свойства, x, y, z – координаты пространства, t – координата времени. Если влиянием времени можно пренебречь (поле стационарно), то запись трехмерного случая будет иметь вид - $U = f(x,y,z)$, для двумерного случая (плоское поле) – $U = f(x,y)$ и для одномерного случая (изменение поля по линии профиля или выработки) - $U = f(x)$.

Известно три способа задания функций, описывающих, одно- двух- и трехмерные геологические поля: табличный, графический, аналитический. Табличный способ (например, журнал опробования) используется лишь в качестве средства сбора и хранения информации, т. К. из- за обычной громоздкости фактического материала основные тенденции в строении поля и его изменения в пространстве, как правило, не просматриваются. В геологической практике наиболее широко применяется графический способ задания функций, при котором строятся графики функции $U = f(x)$ и $U = f(x,y)$. При этом двухмерный функции представляют собой, как правило, довольно сложную по рельефу поверхность, изображаемую с помощью изолиний свойства, а одномерные графики, являющиеся сечениями плоского поля, - нелинейные, реже линейные зависимости (рис.1).

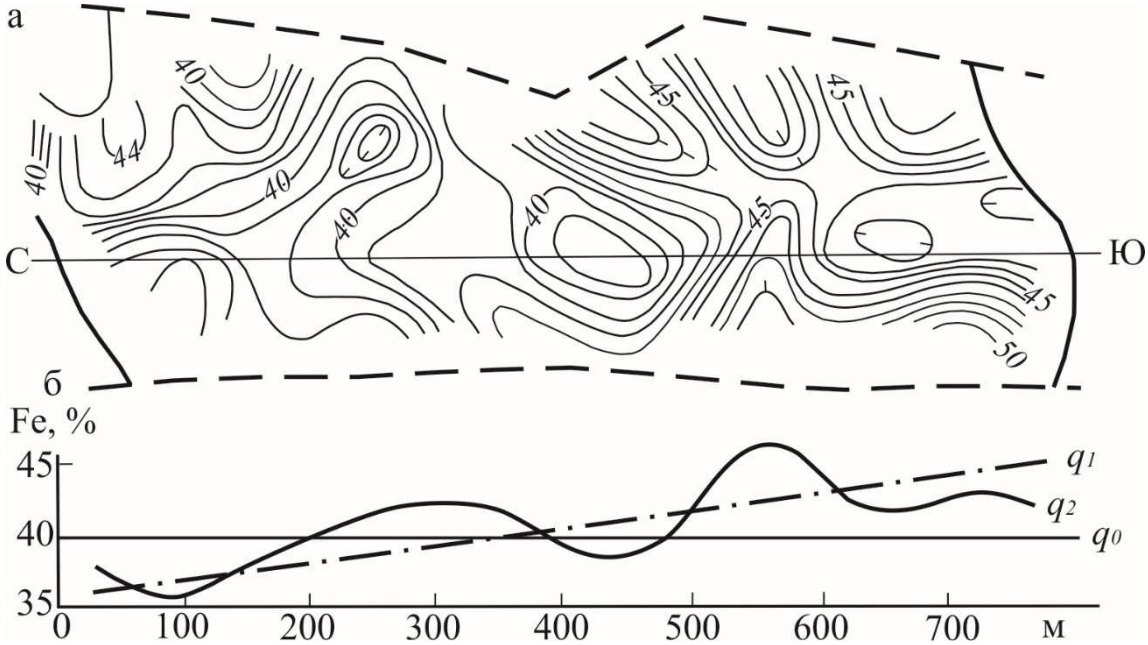


Рис. 1. Графики функций пространственного распределения железа в залежи Покровского месторождения.

а – график двухмерной функции; б – график одномерной функции по сечению С-Ю (q – уровни изменчивости геохимического поля железа).

Поле считается заданным аналитически, если известен конкретный вид формулы, описывающий его функции. Обычно вид этой функции достаточно сложен и, как правило, не может быть выражен простыми линейными и нелинейными зависимостями. Чаще всего это комбинации различных, простых зависимостей, для описания которых приходится использовать функциональные полиномы, что стало возможным с внедрением в практику компьютерных технологий. Однако широкое применение этого способа сдерживается из-за отсутствия объективных методов определения минимального количества членов функционального ряда, которое целесообразно удерживать для того, чтобы считать описание достаточно хорошим.

Решение вопроса, осложняется тем, что частные значения характеристик реального поля в точках пространства неоднородны по своему составу. Они представляют собой алгебраическую сумму двух величин, называемых регулярной и случайной составляющими (компонентами) поля $U_i = f(x_i, y_i) + \delta_i$ (двумерный вариант), $U_i = f(x_i) + \delta_i$ (одномерный вариант), - где Ui - значение переменной, в "*i*" - той точке пространства с координатами x_i, y_i, $f(x_i, y_i)$. $f(x_i)$ - значение регулярной (или закономерной) составляющей, δ_i - значение случайной составляющей (рис. 2)

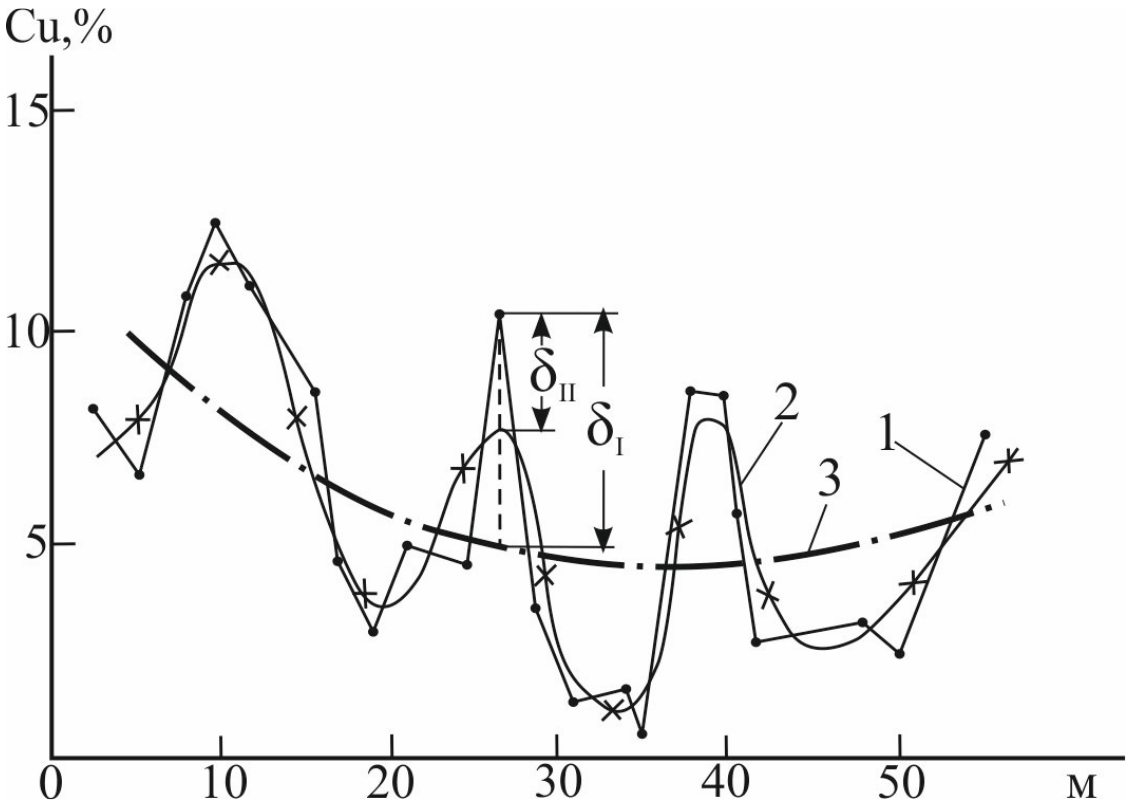


Рис. 2. График функции распределения меди по данным опробования скважины (Вадимо-Александровское месторождение).

1 – эмпирические данные, 2 – изменение регулярной компоненты поля на втором уровне изменчивости, 3 – то же на первом уровне изменчивости; δ – случайные составляющие на первом (δ_I) и втором (δ_{II}) уровнях изменчивости.

Регулярной составляющей поля называется детерминированная компонента, фиксирующая направленность изменения изучаемого свойства в пространстве геологического объекта: например закономерность выклинивания линзообразного рудного тела от центра к периферии залежи.

Случайной компонентной поля называется составляющая, обуславливающая флуктуацию ее значений относительно детерминированной переменной. Ее наличие определяется влиянием как геологических, так и технологических факторов: например, флуктуацию мощности относительно генеральной тенденции к выклиниванию линзовидного тела от центра к периферии в случае экзогенного месторождения обусловлена не только неровностями дна бассейна седиментации, но и погрешностями принятого способа измерений. Разделить эти флуктуации по факторам влияния очень сложно, да и к этому особенно не стремятся, оценивая их влияние совместно методами математической статистики. Так, при геохимических методах поисках месторождений полезных ископаемых при выделении аномалии, как поискового признака, в геохимическом поле рассеяния вещества широко пользуются соотношением:

$C_a = C_ф + 3б$, где C_a – минимальное аномальное содержание, $C_ф$ - предел рассеяния вещества (фон), *б* - среднеквадратичное отклонение, вычисленное по данным опробования безрудных пород, т.е. на уровне изменения фоновых значений. Здесь среднеквадратичное отклонение представляет собой оценку флуктуаций частных значений относительно ф – предела, к которому стремится с удалением от рудного тела при рассеянии вещества описывающая поле функция $C = a * exp[-\alpha * x^2]$, где С – регулярная компонента поля, а,α, - параметры, *x* – координата. Причем размер флуктуаций относительно фона определяется как анизотропией свойств среды рассеяния вещества, так и погрешностями спектрально приближенно-количественного анализа.

Важными свойствами распределения случайной компоненты относительно регулярной составляющей являются знакопеременность и симметричность отклонений (иногда их логарифмов), вследствие чего

$\sum \delta_i / n \to 0$ при $n \to \infty$,

но обладает дисперсией:

$\sigma_q^2 = \sum \delta_i^2 / n$ (n- число измерений).

Как видно, и более высокочастотные уровни изменчивости, и случайная компонента поля обладает одним и тем же свойством знакопеременности. Это обстоятельство и снижает возможности применения аналитического способа описания поля. Все определяется тем, какой точностью при описании мы зададимся, и в зависимости от этого в состав случайной компоненты поля может включаться та или иная часть его регулярной составляющей относительно высокочастотного уровня.

1.4. Требования, предъявляемые к аппроксимирующим геологические поля функциям.

Наличие у любого геологического поля случайной и регулярной составляющих и в большинстве случаев, уровенного строения последней предполагает невозможность точного восстановления описывающей поле функции. Наши знания в силу относительности самих понятий случайной составляющей и уровенного строения всегда относительны, в связи с чем имеет смысл говорить не о точном восстановлении поля, а лишь о его приближенном описании - аппроксимации, соответствующей уровню наших знаний (стадии разведки).

Аппроксимирующие геологические поля функции, должны удовлетворять следующим основным требованиям: однозначности, непрерывности и плавности, Эти требования определяются целесообразностью и необходимостью их графического изображения, даже если они первоначально были заданы аналитически.

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *однозначной*, если она пересекается с перпендикуляром, восстановленным из точки плоскости или линии проецирования сечения поля, один раз. Например, на рис. 3 изображено поперечное сечение скарново-магнетитовой залежи Северопесчанского месторождения. Как видно, ни на одной из обычно применяемых проекций (горизонтальной или вертикальной) невозможно изобразить в изолиниях морфометрические и геохимические поля рудного тела. Для изображения такой залежи в изолиниях свойства требуется либо подобрать иную (наклонную) плоскость проецирования, либо изобразить её по частям.

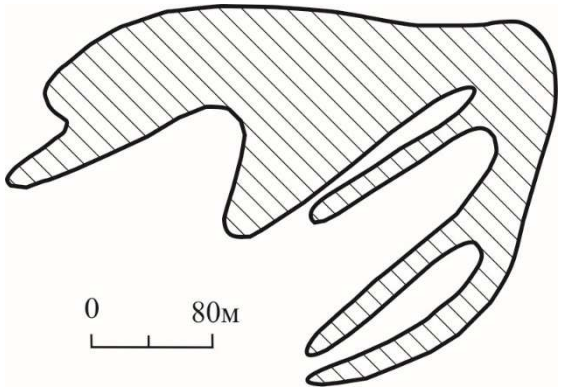


Рис. 3. Форма поперечного сечения рудного тела № 2 Новопесчанского мкарново-магнетитового месторождения (по данным Воронцовской ГРП).

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *непрерывной*, если незначительному изменению координат пространства соответствует столь же незначительное изменение значения свойства. Следовательно, в рудных телах сплошность которых нарушена дизъюнктивами более или менее значительной амплитуды, поля морфоструктурных, морфо-

метрических и геохимических свойств прерывисты. Такие поля могут быть описаны поблочно кусочно-непрерывными функциями (рис. 4). Причинами нарушений сплошности строения геохимических полей рудных тел могут быть также резкое несоответствие геометрической базы пробы (объема и пространственной ориентировки) текстурно-структурным свойствам руд и наличие включений пустых пород. При несоответствии геометрической базы пробы прерывистость устранима. Решение этой задачи имеет в геологоразведочном деле самостоятельное и очень важное значение, так как теснейшим образом связано с оценкой качества минерального сырья (проблема выявления и учета проб с ураганными содержаниями). При наличии включений пустых пород в рудном теле блоки их развития перед геометризацией должны быть оконтурены. Они геометризации не подлежат. Геохимические поля в этих случаях будут непрерывными, если нет дизъюнктивов, но со своеобразными «окнами», соответствующими включениям пустых пород.

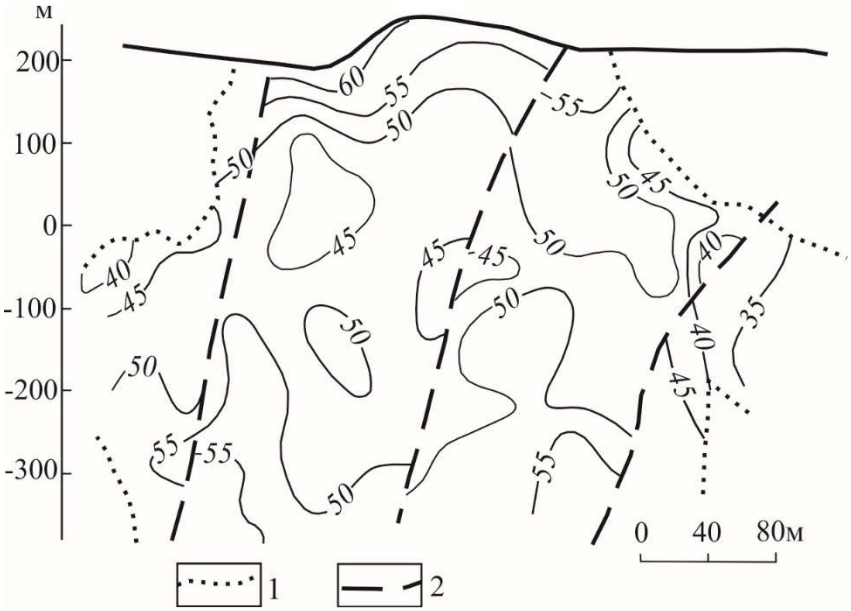


Рис. 4. График двумерной функции, аппроксимирующей распределение железа.

Аппроксимирующая геологическое поле функция называется *плавной*, если она дифференцируема в каждой точке пространства. Для этого необходимо уничтожить влияние случайной составляющей поля, что достигается путем осреднения результатов частных измерений свойств в пространстве объекта исследования на достаточно узких интервалах.

Функции, отвечающие требованиям однозначности, непрерывности и плавности могут быть заданы аналитически и изображены графически. При этом они могут описывать три вида поверхностей [Букринский]: во-первых, поверхности, существующие реально (поверхности кровли и подошвы рудных тел при четких контактах с вмещающими породами); во-вторых поверхности, являющиеся производными реально существующих поверхностей (изменение мощностей рудного тела представляющее собой разность отметок его кровли и подошвы) и, в-третьих, поверхности, которые в природе реально не существуют (геохимические поля рудных тел геофизические поля).

1.5. Типизация математических решений геологоразведочных задач

Принимая во внимание содержательное определение понятия геологического поля и учитывая возможность получений для каждой точки изучаемого пространства характеристик различных интересующих нас свойств, можно на основе изложенного произвести типизацию решений геологоразведочных задач. Опыт геометризации свидетельствует, что все многообразие геологических исследований, за исключением диагностических и классификационных

задач, может быть сведено к трем типовым решениям: задачам описания, картирования и изучения пространственных соотношений геологических полей [Мягков, 1982].

Задача описания поля включает в себя в качестве необходимых операций регуляризацию измерений и построение аппроксимирующей функции, определение уровенного строения поля, вычисление амплитудных и частотных характеристик аппроксимирующей функций, а также оценку точности аппроксимаций на уровне строения.

Операция регуляризации измерений осуществляется путем осреднения их значений на интервалах, не превышающих удвоенного значения радиуса геометрической автокорреляции, вычисляемого предварительно для трех-пяти взаимно перпендикулярных одномерных сечений плоского поля, изученных с максимально возможной для данной стадии плотностью разведочной сети или опробования:

$R_q = L/(1+2K_q)^{-1}$, где R_q - радиус геометрической автокорреляции (м), L - длина изученного одномерного сечения (м), K_q - число экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на сечении L (с учетом тенденций ее изменения на границах сечения).

Построение начальной аппроксимирующей поле функций на каждом одномерном сечении осуществляется по данным регуляризации измерений в соответствии с формулой, выведенной при условии четырехкратного последовательного сглаживания по двум точкам:

$$U_j = 0{,}0625\ (U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4\ U_{i+3} + U_{i+4}),$$

где U_j -значение регулярной составляющей поля, U_i -частные значения, полученные в результате измерений или опробования по совокупности пространственно сбли;енных точек. При этом координаты x_j определяются либо по аналогичной приведенной зависимости (вместо U_i в формулу подставляются значения x_i), либо по упрощенной формуле:

$x_j = x_i + (j + 1) + \Delta x$, если шаг наблюдений принят в качестве постоянной величины (j = i+2...).

Сглаживание исходных данных осуществляется путем последовательной подстановки в формулу 1-5, 2-6, 3-7 и т.д. значений измеренного свойства. По результатам сглаживания строится график кривой регрессии $U = f(x)$, для которого нисходящие и восходящие ветви кривой на отдельных участках аппроксимации должны быть подтверждены данными не менее, чем трех точек осреднения (регуляризации), включая на интервале максимальное, минимальное значение и, хотя бы, одну промежуточную точку. В ином случае наличие экстремума считается не доказанным.

В соответствии с установленными значениями радиусов геометрической автокорреляции принимается размер "скользящего окна" осреднения для регуляризации измерений на плоскости. Он не должен превышать $2R_q$, а шаг осреднения - самого значения R_q. В этом случае гарантированно будут вскрыты все периоды изменения аппроксимирующей функции, соответствующие достигнутой плотности разведочной сети (опробования) при изучении месторождения.

Определение уровенного строения поля осуществляется в нисходящем порядке путем последовательного осреднения данных на интервалах, равных $4R_q$ для самого высокочастотного уровня изменчивости регулярной компоненты поля. Для установленного более низкочастотного уровня снова определяется радиус геометрической автокорреляции с помощью которого аналогично можно выделить последующий еще более низкочастотный уровень и т.д., до тех пор, пока $4R_q$ не станет равным размерам объекта изучения (сечения). В этом случае осреднением данные будут равны среднему значению изучаемого свойства ($\bar{U}$). Если принять уровень среднего в качестве нулевого уровня изменчивости регулярной компоненты поля (q_0), то относительно его все последующие уровни целесообразно нумеровать в восходящем порядке; первый(q_1), второй (q_2), третий (q_3), и т.д. (рис. 2).

Оценка частотной характеристики поля для каждого из уровней (ν_q) его строения определяется как величина кратная периоду его изменения:

$$\nu_q=(4R_q)^{-1}.$$

Чем больше эта величина, тем меньше частота изменения аппроксимирующей функции на данном уровне изменчивости поля.

Амплитудная характеристика поля определяется для каждого из установленных уровней его строения. В качестве оценки принимается среднеквадратическая амплитуда, которая вычисляется относительно нулевого уровня:

$$A_q=[n^{-1}\times\Sigma(U_{j,q}-\bar{U})^2]^{0,5},$$

где $U_{j,q}$ – значение регулярной составляющей уровня q, n – число учитываемых разностей (уменьшается при переходе от уровня к уровню).

Одновременно вычисляется оценка среднеквадратического отклонения измеренных значений от аппроксимирующей функции fq(x) на данном уровне (остаточная дисперсия):

$$\sigma_q^2=n^{-1}\times\Sigma(Ui-Uj,q)^2.$$

Оценкой погрешности аппроксимации будет служить величина Δq:

$$\Delta q=2\ \sigma_q\ n^{-0,5}.$$

Характеристики $\bar{U}$, ν_q, Aq, σ_q^2, Rq, Δq исчерпывающе описывают поле на каждом уровне его строения. При этом следует иметь в виду, что для нулевого уровня строения поля, когда f0(x)= $\bar{U}$ (постоянная величина) оценки ν_q и Aq теряют физический смысл, а σ_q^2 равна среднеквадратическому отклонению:

$$\sigma_u=[n^{-1}\Sigma(U_j-\bar{U})^2]^{0,5}.$$

Аналогично такие же характеристик могут быть рассчитаны для плоского поля как средние, вычисленные по совокупности его одномерных сечений.

Задача картирования поля заключается в выделении на каждом поле, во-первых, главных структурных элементов и, во-вторых, участков с интересующими нас свойствами. Решение первой половины задачи обычно осуществляется путем расчленения поля на части, резко отличающиеся либо строением самого поля, либо плотностью сети наблюдений, либо особенностями геологического строения, как руд, так и вмещающих пород. Эта половина задачи, по существу, является логическим продолжением и завершением задачи описания поля.

Вторая половина задачи картирования поля является самостоятельным исследованием. Отличительная особенность его состоит в том, что для оконтуривания в геологическом поле области с интересующими нас свойствами требуется привлечь новую ограничительную функцию и решить систему уравнений: U=f (x,y) и U=ψ(x,y), где f (x,y) – аппроксимирующая поле функция, ψ(x,y) – ограничительная функция.

Оконтуривание области устойчивого отличия f(x,y) от ψ(x,y) производится по разности аппроксимирующей и ограничительной функции. Ее граница определяется как геометрическое место точек, на котором f (x,y) - ψ(x,y) = 0. При этом ограничительная функция принимается в соответствии с содержательными условиями решения задачи картирования поля. Так, при геохимических поисках она представляет собой постоянную, равную минимальному аномальному значению содержания химического элемента, определяемую в соответствии с инструкцией по проведению геохимических поисковых работ; при оконтуривании рудных тел и их технологическом картировании - также постоянные, принимаемые согласно требованиям промышленности к качеству минерального сырья.

Задача изучения пространственных соотношений полей представляет собой исследование закономерностей их соотносительных изменений как результата естественных геологических процессов или экспериментальных работ. Принципиально возможно существование трех граничных типов пространственных соотношений полей различных свойств в объекте исследования [Мягков, 1982]: конкордантного, когда сопоставляемые поля изменяются в пространстве как положительно согласованные (синфазно); антикордантного, когда их согласованность – отрицательная, и дискордантного, когда их относительное изменение в пространстве незакономерное (рис. 6).

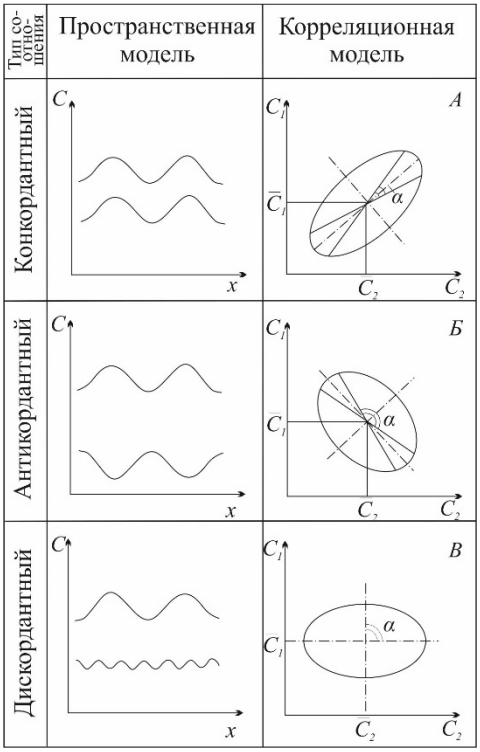


Рис. 6. Типы пространственных соотношений геологических полей и соответствующие им корреляционные модели.

А – прямая зависимость, Б – обратная зависимость, В – отсутствие зависимости.

В качестве оценки пространственной согласованности полей принимается среднее значение косинуса угла между градиентами аппроксимирующих поля функций:

$$Cos\varphi=\Sigma cos\varphi_j/n,$$

где $cos\varphi_j$ – частные значения косинусов углов в точках измерений на поле, n-число точек измерения углов (располагаются равномерно на плоскости проецирования поля, $n\geq 20$). При этом, если $cos\varphi$ больше +0,20, то соотношение полей считается конкордантным, при его значениях меньших -0,20 – антикордантным, а при значениях меньших по модулю 0,20 – дискордантным.

Эта пространственная по своей сущности задача при условии равномерно изучения геологических полей объекта в одних и тех же точках пространства и линейности их соотношений может быть сведена к математико-статистической задаче расчета оценки коэффициента корреляции.

Аналогично могут быть получены корреляционные оценки для анти- и дискордантных пространственных соотношений геологических полей, но они будут отличаться знаком и модулем: для антикордантных соотношений зависимость будет обратной, для дискордантных она будет отсутствовать.

В практике применения достижений теории корреляции для решения геологоразведочных задач обычно ограничиваются расчетом оценок коэффициентов корреляции, уравнений простой и среднеквадратической регрессии и уравнения эллипса рассеяния. При этом используется следующие формулы: для расчета оценок коэффициентов корреляции:

$$r=[(n^{-1}\Sigma U_i V_i)- \bar{U}\times \bar{V}\,][\delta_U\times\delta_V]^{-1};$$

для расчета уравнений простой среднеквадратической регрессии:

$$U=r\times\delta_U(\delta_V^{-1})(V-\bar{V})+\bar{U};$$

для расчета уравнений ортогональной среднеквадратической регрессии:

$$U=\beta\,(V-\bar{V})+\bar{U},$$
$$\beta=tg\theta,$$

$$tg2\theta = 2\, r\, \delta_U \delta_V (\delta_V^2 - \delta_U^2)^{-1};$$

для расчета эллипса рассеяния:

$$\frac{1}{1-r_2}\left\{\left(\frac{U-\bar{U}}{\sigma_U}\right)^2 + \left(\frac{V-\bar{V}}{\sigma_v}\right)^2 - 2r\left(\frac{U-\bar{U}}{\sigma_U}\right)\left(\frac{V-\bar{V}}{\sigma_v}\right)\right\} = 6{,}0516\,,$$

где: r - оценка коэффициента корреляции, U_i, V_i - измеренные частные значения коррелируемых переменных, $\bar{U}, \bar{V}$ - средние значения переменных, U, V- текущие значения переменных в уравнениях, δ_U, δ_v - среднеквадратические отклонения, θ – угол, образуемый пересечением прямой регрессии с осью переменной – аргумента.

Как видно, в процессе геометро-статистических обобщений результатов геологоразведочных работ, возможно получить ряд характеристик свойств объектов изучения в виде различных параметров, функций и их графических изображений. Естественно, геологическая интерпретация результатов исследования в каждом конкретном случае будет определяться содержательной сущностью самих решаемых задач. Важно в этом отношении то, что единый методологический подход к их решению на основе выполненной типизации создает благоприятные условия для унификации способов самих решений и обеспечивает, во-первых, быстрое овладение методами обобщения геологоразведочных данных, во-вторых, оперативность обработки информации и, в-третьих, возможность увязки и, следовательно, взаимной контролируемости результатов исследований в области прикладной и генетической геологии.

2. РЕШЕНИЕ ОСНОВНЫХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ

2.1. Изучение закономерностей распределения компонентов в залежах полезных ископаемых

Изучению закономерностей распределения компонентов руд в залежах месторождений полезных ископаемых придается исключительно важное значение. Для решения этого вопроса необходимо иметь результаты опробования руд, которые должны более или менее равномерно характеризовать изучаемые объемы, площади или пересечения тел полезных ископаемых. Очень важно, чтобы плотность наблюдений соответствовала подлежащему изучению уровню строения геохимического поля (определяется целями и задачами исследований), а их система – ориентировке структуры поля, так как она (система) сама по себе в состоянии конструировать наши представления о строении объекта исследования.

На рис. 12А приведен график двумерной функции, описывающей структуру пространственного изменения содержаний Nb_2O_5 в пегматитовой жиле: общее увеличение содержаний с глубиной и обогащение флангов рудного тела, хорошо согласующегося с установленной при геологической документации горных выработок минералогической зональностью строения жилы и стадийностью процесса концентрации металла. В строении жилы выделяются нефелин-полевошпатовое ядро, обрамленное альбитовой оболочкой, являющейся основным носителем пирохлора.

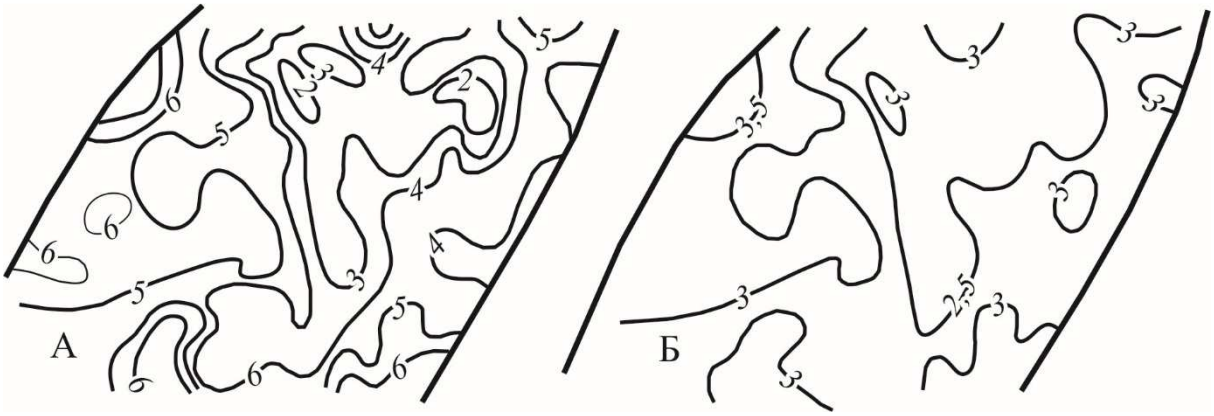


Рис. 12. Геохимические поля Nb_2O_5 (А) и ZrO_2 (Б)

Подобные графики, естественно, могут быть построены не для всех компонентов руд, потому что при опробовании минерального сырья широко применяются сокращенные анализы. Например, на месторождениях золота кварц-пиритовой формации определяются содержания только основного металла; на месторождениях полиметаллов – свинца, меди, цинка и т.п. для этих компонентов руд, определяющих основную промышленную ценность полезного ископаемого, оценки содержаний производятся во всех рядовых пробах. Однако в рудах наряду с главными компонентами содержатся полезные примеси, вредные примеси и шлакообразующие окислы, знание пространственных закономерностей распределения которых важно для решения горно-экономических, технологических и генетических задач. Поскольку содержания неглавных компонентов руд обычно оцениваются эпизодически по анализам групповых проб, то закономерности их пространственного распределения не могут быть изучены методом геометризации. Но они могут быть оценены косвенно, если известны функции, аппроксимирующие геохимические поля главных компонентов – U=f(x,y) и установлены достаточно тесные корреляционные связи их ($|r| > 0,5$) с неглавными компонентами (V), путем пересчета изолиний графиков функций главных компонентов по уравнениям простой среднеквадратической регрессии. Так, для примера рис. 12А установлена по данным анализам групповых проб корреляционная зависимости между содержаниями Nb_2O_5 и ZrO_2 (ZrO_2=0,20 Nb_2O_5+0,03, r=+0,57, n=57), которая позволяет трансформировать график функции Nb_2O_5=f(x,y) в график функции ZrO_2=f(x,y). Результаты трансформации представлены на рис. 12Б. Как видно, при этом структура новой функции не изменилась, потому что пространственное соотношение геохимических полей Nb_2O_5 и ZrO_2 конкордантно.

Выявление корреляционных связей между содержаниями компонентов руд, то есть оценку пространственной согласованности геохимических полей рудных тел при изучении закономерностей их внутреннего строения, следует всегда считать довольно актуальной задачей. Установленные корреляционные зависимости позволяют сокращать объемы химико-аналитических исследований, шире внедрять ядерно-физические способы опробования, уточнять наши генетические представления.

Тенденция развития горного производства такова, что в разработку вовлекается все более и более бедные руды, которые перед металлургическим переделом нуждаются в глубоком обогащении. Обогатимость руд зависит от многих переменных: размеров рудных обособлений, текстурно-структурных особенностей строения, состава минеральных ассоциаций и минеральных форм нахождения рудных компонентов, а их пространственное сочетание дает все многообразие технологических сортов руд, присущих объекту разработки. Но, так как каждый технологический сорт руды отличается, прежде всего, параметрами режима обогащения, то вопрос технологического картирования залежей полезных ископаемых приобретает все более и более важное значение.

Идеальным вариантом такого картирования было бы построение по данным опробования графиков функций, описывающих изменение технологических характеристик режимов обогащения в пространстве рудных тел. В этом случае задача технологического картирова-

ния не отличалась бы от описанной задачи изучения закономерностей распределения компонентов в рудном теле. Она сводилась бы к вынесению данных оценок технологических характеристик по пробам на проекцию рудного тела, регуляризации результатов частных измерений, проведению путем интерполяции изолиний технологического свойства и выделению по условиям решения задачи технологически однородных блоков. Однако, такое решение не всегда возможно потому что технологическое опробование, как правило, является фрагментарным. В этом случае также весьма полезно изучать корреляционные связи межу содержаниями главных компонентов и технологическими показателями обогащения и прогнозировать обогатимость руд с помощью вычисленных уравнений регрессий.

2.2. Оценка качества минерального сырья в недрах

Оценка качества минерального сырья в недрах является одной из главных задач геологического обеспечения планирования добычных работ. Фактической основой для ее решения служат результаты химического опробования руд и вмещающих пород. По этим данным в практике геологоразведочных работ и на рудниках рассчитывается два вида средних: среднеарифметическое значение - $\bar{C} = n^{-1} \cdot \sum C_i$ и средневзвешенное значение - $\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \, \Delta x_i)$ (линейный вариант), где C_i – содержание компонента в i-ой пробе, n – число проб, Δx_i- область влияния пробы (шаг опробования).

Формула арифметического среднего значения соответствует вероятностно-статистической модели. Она выведена при условии статистической устойчивости частных значений совокупности переменных и утверждении, что на интервале $C_{min} \div C_{max}$ в пространстве признака (C) существует точка с координатой $\bar{C}$, сумма квадратов отклонений от которой минмальна: $\sum (C_i - \bar{C})^2 = min$. Тогда, если приравнять частную производную этого выражения к нулю:

$$\frac{\partial}{\partial \bar{C}} \left(\sum C_i^{\,2} - 2\bar{C} \sum C_i + n\bar{C}^2 \right) = -2 \sum C_i + n\bar{C} = 0, \text{ то } \bar{C} = n^{-1} \sum C_i.$$

Формула взвешенного среднего значения соответствует геометро-статистической модели объекта исследорвания. Она представляет собой численный вариант интегрального среднего:

$$\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \, \Delta x_i) = (x_2 - x_i)^{-1} \cdot \sum f(x_i) \Delta x_i + + (x_2 - x_i)^{-1} \cdot \sum \delta_i x_i - (x_2 - x_i)^{-1} \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \;\; \text{при } \Delta x_i \to 0,$$

потому что при этом условии
$n = \Delta x^{-1}(x_2 - x_i) \to \infty$, а $(x_2 - x_i)^{-1} \cdot \delta_i \Delta x_i \to 0$.

В отличие от среднеарифметического интегральное среднее представляет собой ординату прямоугольника, построенного на интервале определения функции, площадь которого равновелика $\int f(x) dx$. Но так как геометро-статистическая модель обладает отмеченными преимуществами относительно вероятностностатистической содели, то предпочтение всегда должно отдаваться расчету средневзвешенной оценки, которая в общем случае не равна среднеарифметическому значению. Однако обе формулы дают один и тот же результат, если $\Delta x = const$:
$\tilde{C} = (\sum \Delta x_i)^{-1} \cdot (\sum C_i \, \Delta x_i) = n^{-1} \sum C_i$. В этом случае говорят, что пространственная задача сводится к задаче статистической.

Точность и надежность оценки взвешенного среднего значения определяется погрешностью аппроксимации. Например, для данных рис. 14 (10 метод) она равна ±2,6 г/т, т.е. около 11% (относительных). Эта погрешность зависит от регулярной составляющей поля и числа проб. Так, для того же примера на участках штрека, где $C_j > \tilde{C}$ ΔC_q=4,5 г/т (n=37), а на участках, где $C_j < \tilde{C}$ ΔC_q=2,8 г/т (n=40). Обычно, чем больше значение регулярной составляющей, тем больше по модулю ΔC_q – обстоятельство, которое до сих пор слабо учитывается при всех оценках качества минерального сырья.

Зависимость ΔC_q от числа проб очевидна: чем больше n, тем меньше ΔC_q. Число проб связано с длиной интервала опробования (или площадью блока). При уменьшении интервала до размеров шага опробования $\Delta C_q=(C_i-C_{j,q})$. Отсюда следует, что одна проба при оценке качества руд ничего не представляет, кроме содержания, в том элементарном объеме, из которого она отобрана. Представительной является совокупность проб, размещенных в определенном порядке на объекте исследования (система опробования или разведки). Поскольку размеры блоков (интервалов) оценивания качества руд в процессе разведки последовательно уменьшаются, то естественно стремление повышать плотность опробования (разведочной сети). Обычно увеличение плотности опробования по стадиям разведки кратно двум и резко увеличивается при переходе к эксплуатационному опробованию, благодаря чему надежность оценки средних содержаний возрастает. Но так как плотность опробования всегда принимается в экономически целесообразных пределах, то, при прочих равных условиях, оценка качества минерального сырья для укрупненных блоков будет всегда точнее, чем для мелких. Причина этого кроется в том, что погрешность аппроксимации определяется главным образом случайной составляющей поля, среднее значение которой с увеличением числа проб стремится к нулю. При расчете $\tilde{C}$ по конечному числу проб влияние случайной составляющей полностью не компенсируется. Как следствие, в оценке среднего всегда присутствует какая-то доля случайной составляющей и тем большая, чем меньше n.

Все сказанное справедливо не только для линейного варианта решения задачи, но и в условиях оценки качества минерального сырья, для плоских сечений (проекций) и трехмерных блоков рудных тел, в том числе эксплуатационных блоков. При этом вначале рассчитываются средневзвешенные оценки для секущих выработок, пройденных в направлении лежачий–висячий бок, затем – по сечению рудного тела, где взвешивание производится на расстояние между выработками, и, наконец, – по объему – на расстояния между сечениями.

Описанная схема расчета неприменима, если сечение рудного тела вскрыто веером скважин, на котором плотность опробования закономерно увеличивается от периферии к центру заложения веера. Следовательно, при расчете среднего любая закономерность, имеющая место в распределении компонента на сечении, будет влиять на объективность оценки качества сырья за счет изменения плотности опробования: например, среднее качество руд на сечении будет всегда завышаться, если обогащенными окажутся участки, прилегающие к центру заложения веера, и, наоборот, - заниженная, если будет обогащена периферия залежи. Расчет средневзвешенной оценки в этом случае должен быть выполнен для скважины: $\widetilde{C_j} = (n)^{-2} \cdot \sum C_i(2n_i - 1)$, а затем для сечения в целом: $\tilde{C} = (\sum_1^N S_j)^{-1} \cdot \sum_1^N S_j\, C_j$, где C_i – содержание в i-ой пробе, n_i – ее порядковый номер, считая от центра веера, n – число проб по скважине, N – число скважин, S_j – площадь сектора, ограниченная биссектрисами углов между направлениями соседних скважин S_j=0,5$l_j^2 \cdot \alpha_j$, l_j- длина скважины, α_j – угол между биссектрисами, в радианах, который для скважин, ограничивающих веер, принимается равным половине углов α_j и α_N).

Кроме числа и геометрии размещения проб на объекте исследования, оценка среднего качества руд в блоке зависит также от наличия в их совокупности членов с резко выдающимися значениями случайной составляющей поля: $\delta_i=C_i - C_j$. В общем случае они могут быть как положительными, так и отрицательными, но особый интерес для практики оценки качества минерального сырья представляют положительные выдающиеся отклонения, называемые ураганными содержаниями, когда $C_i >> C_j$. Несвоевременное выявление и учет этих содержаний оказывает сильное завышающее влияние на оценки как среднего значения, так и, в особенности, погрешности аппроксимации.

При подсчете запасов очень важным является выявление проб с ураганным значением. Для решения этой задачи предложено несколько десятков способов. Характерным для этих определений, за исключением способа, описанного Д. И. Коганом и известного под названием способа ГКЗ , является разработка решающих правил ограничения их влияния без учета уровня минерализации тех локальных участков (блоков) рудных тел, в которых они встречены. Недостатком способа ГКЗ является отсутствие строгого аналитического решения задачи.

Отмеченный недостаток может быть устранен, если воспользоваться методическим приемом статистической автокорррреляции регулярных составляющих, вычисленных по интерполяционному полиному: $U_j = 0{,}0625\ (U_i + 4U_{i+1} + 6U_{i+2} + 4\ U_{i+3} + U_{i+4})$, поскольку очевидно, что, по крайней мере, два соседних члена U_j и U_{j+1} будут зависимыми. Если это, то на корреляционном графике, построенном в координатах U_j и U_{j+1}, все точки должны группироваться вдоль прямой, проведенной под углом 45° к координатным осям, в соответствии с амплитудой и периодичностью изменения регулярной составляющей и симметричностью ее отклонений от теоретической корреляционной модели, так как (j+1)-ый член для следующей пары коррелируемых измерений станет j-тым членом. Отклонение от теоретической прямой и, как следствие, введение в рассмотрение именно корреляционной, а не функциональной зависимости обусловлено тем, что периодичность изменений регулярной составляющей не совсем правильная, а описывающая ее кривая регрессия является лишь аппроксимацией, не свободной от влияния случайной составляющей: Cj~f(x).

2.3. Морфометрический анализ рудных тел пласто- и линзообразных форм

Трактовка генезиса руд месторождений, тела полезных ископаемых которых имеют пласто- или линзообразные формы и залегают согласно с вмещающими породами, во многих случаях не является однозначной. Так, предметом научных дискуссий служит происхождение руд месторождений колчеданной формации. При этом морфометрические характеристики рудных тел, залегающих в стратифицированных вулканогенных комплексах, вообще не анализируется, хотя их формы, с одной стороны, являются основанием для принятия гипотезы вулканогенно-осадочного генезиса минерального сырья, а, с другой -, заставляют изощряться сторонников метасоматического образования руд при объяснении их происхождения.

Морфометрический анализ является составной частью морфологии рудных тел, т.е. отрасли геологии полезных ископаемых, обязанной по предложению Д.А. Зенкова, заниматься описанием форм залежей минерального сырья, изучением закономерностей изменения и соотношения их морфометрических характеристик, а также выяснение происхождения этих форм. Сущность морфометрического анализа заключается: во-первых, в разработке в соответствии с принятой генетической концепцией теоретических моделей корреляционных зависимостей, описывающих пространственные изменения и соотношения морфометрических характеристик рудных тел – абсолютных отметок кровли $h_к$ и подошвы $h_п$, а также мощностей m; во-вторых, в построении по геологоразведочным данным графиков аппроксимирующих морфометрические поля функций и их корреляционные зависимости - $h_к=f(x,y)$, $h_п=f(x,y)$, $m=f(x,y)$, $h_к=f(h_п)$, $m=f(h_п)$; в-третьих, в сравнении результатов исследований с теоретическими моделями и геологической интерпретации этих сравнений.

Для рудных тел пласто- и линзообразных форм теоретические модели корреляционных зависимостей морфометрических параметров удобно разрабатывать применительно к осадочному процессу. Это определяется тем, что его основные закономерности достаточно хорошо изучены: известен фактор осадкоосаждения, установлено влияние рельефа депрессий аккумуляции на мощность формирующегося осадка, выявлены условия образования основных форм рудных тел в зависимости от рельефа и размеров депрессий аккумуляции и, наконец, охарактеризованы различия в структурах поверхностей, ограничивающих сверху и снизу рудные тела. Поэтому с учетом наличия у поля свойства случайной составляющей между морфометрическими характеристиками залежей осадочного генезиса должны иметь место следующие основные корреляционные зависимости: для рудных тел пластообразной формы, у которых пространственные соотношения поверхностей кровли и подошвы конкордантны, $h_к=f(h_п)$, а $m\neq f(h_п)$; для линзообразных тел, поверхности кровли и подошвы которых залегают относительно друг друга дискордантно, аналогичные зависимости будут обратными - $h_к\neq f(h_п)$, а $m= f(h_п)$, что отражено на принципиальных схемах рис. 13).

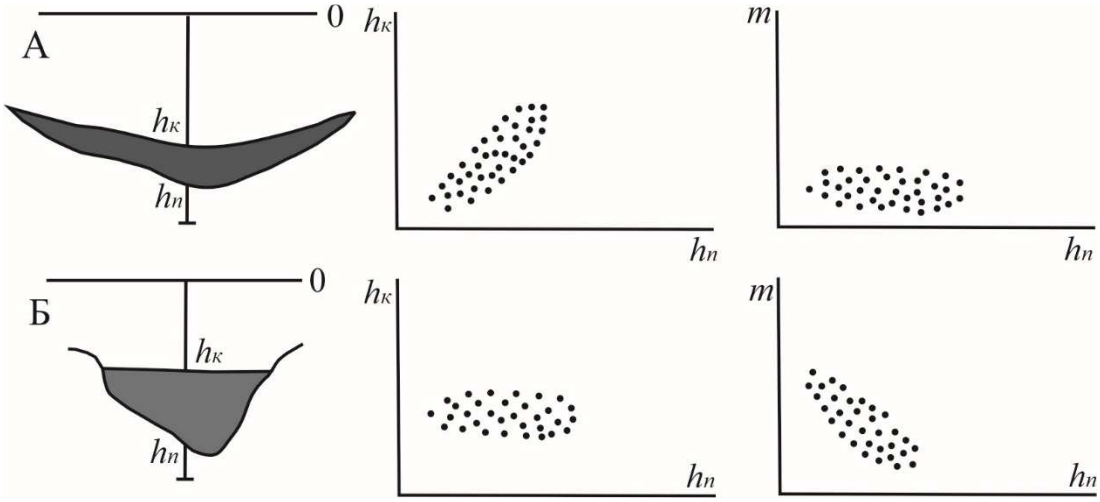


Рис. 13. Принципиальные модели корреляционных зависимостей морфометрических параметров для рудных тел пластообразной (А) и линзообразной (Б) форм.

Геологическая интерпретация результатов морфометрических исследований для конкретных объектов разведки состоит в сопоставлении реальных зависимостей с теоретическими моделями. При соответствии реальных зависимостей одной из теоретических моделей имеются весьма серьезные основания утверждать, что образование рудного тела не противоречит гипотезе осадочного происхождения. Однако если такое соответствие отсутствует, то альтернативное утверждение будет справедливо лишь при условии, что это несоответствие не является следствием особенностей строения рельефа депрессии аккумуляции или влияния пострудной тектоники.

Особенности рельефа депрессии аккумуляции приходится учитывать, когда в его строении чередуется резко выраженные западины с относительно слабо переуглубленными участками. При заполнении такой депрессии образуется пластообразная залежь, усложненная снизу линзообразными выступами, пространственные соотношения между морфометрическими параметрами которой будут описываться комбинацией корреляционных зависимостей, свойственных для рудных тел простых форм.

Тектоническая нарушенность сплошности и падения рудных тел также требует вносить коррективы в исходные теоретические модели. При этом, если изменение углов падения рудных тел влечет за собой лишь поворот линий регрессий относительно осей координат, то их дизъюнктивная нарушенность – разрыв структур корреляционных полей. Как следствие, каждый тектонический блок в поле корреляции морфометрических параметров обособляется и описывается специфическими зависимостями, кратчайшие расстояния между аппроксимирующими прямыми которых соответствуют амплитудам относительного перемещения блоков.

Влияние пликативной составляющей для осадочных рудных тел может быть исключено, если за начало отсчета измерений морфометрических параметров брать на абсолютные, а относительные отметки: относительно какого-либо осадочного маркирующего горизонта, залегающего в кровле вмещающего рудное тело пород, или, что значительно хуже, относительно осредняющей плоскости, проведенной параллельно кровле рудного тела. Пересчет параметров полезно осуществлять особенно в тех случаях, когда изменения углов падения сочетаются с усложениями форм залежей. Они в совокупности дают суммарный эффект, схожий с влиянием пострудных дизъюнктивов. Кроме того, выявление дизъюнктивов само по себе имеет важное практическое значение, поскольку они влияют на квалификацию запасов минерального сырья и оценку горнотехнических условий разработки месторождений.

На рисунке 14 приведены результаты морфометрического анализа по второ му рудному телу Талнахского месторождения, выполненному по данным Поляковской ГРП. Второе рудное тело вскрыто скважинами в слепом залегании, падение кровли залежи пологое (3-10̊) восточное. Руда преимущественно вкрапленная, медноцинковая. Контакты с вмещающими

породами нечеткие. Судя по результатам геометризации, рудное тело представляет собой по форме пластообразную залежь, осложненную в центральной части линзой. Для пластообразной части характерно наличие зависимости $h_к=f(h_п)$ и ее отсутствие между m и $h_п$. Для линзообразной части эти отношения обратные. Следовательно, относительно формы образование. Второго рудного тела месторождения не противоречит гипотезе вулканогенно-осадочного генезиса.

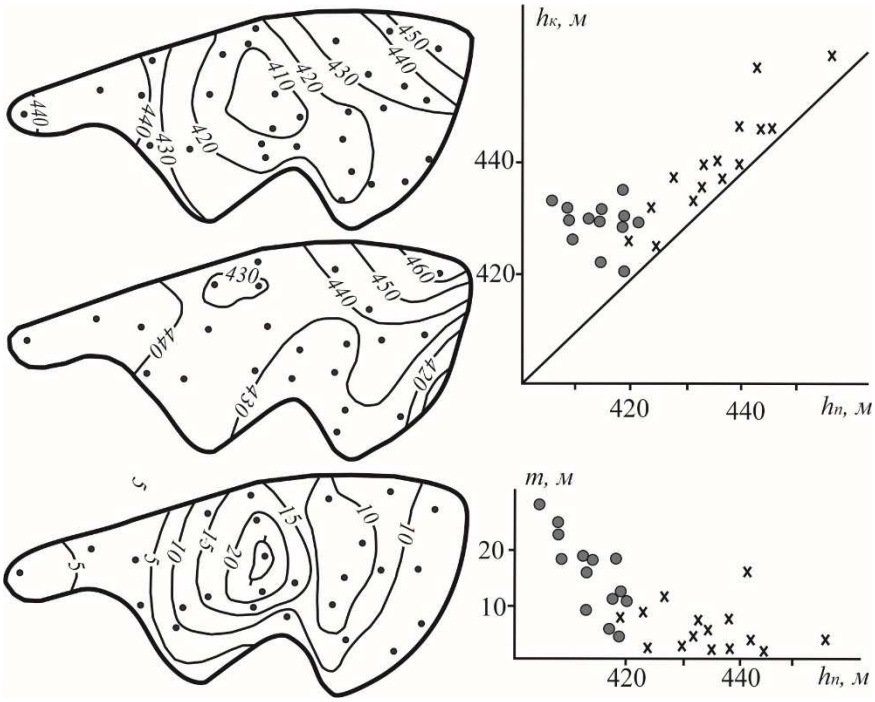


Рис. 14. Строение морфометрических полей рудного тела и корреляционные соотношения их параметров: А – кровля, Б – подошва, В - мощность

Контрольные вопросы по дисциплине
«Геометризация и анализ геологических полей»

1. Понятие о геологическом поле, свойства геологического поля.
2. Геометро-статистическая модель, отличие от вероятностно-статистической модели.
3. Геометризация как метод изучения земных недр.
4. Способы задания аппроксимирующих геологические поля функций
5. Регулярная компонента геологического поля, ее свойства.
6. Уровенное строение геологического поля (пример).
7. Случайная компонента геологического поля, ее свойства.
8. Математические действия с заданными графическими функциями.
9. Требования к графически заданным функциям.
10. Решение задачи описания геологического поля на основе геометро-статистической модели.
11. Задача картирования поля и ее решение на основе геометро-статистической модели.
12. Изучение пространственного соотношения полей. Основные типы граничных пространственных соотношений полей.
13. Количественная мера оценки пространственной согласованности полей.
14. Морфометрический анализ рудных тел линзо- и пластообразной формы.
15. Парагенетический анализ. Понятие о соотношении гетерогенных полей. Явление компенсации корреляционной зависимости.
16. Зональное строение рудных тел и соотношение гетерогенных геохимических полей.

17. Полигенерационность состава руд. Решение вопроса полигенерационности руд.
18. Статистическая проверка гипотез о наличии тренда (способ «скачков» и способ «смены знака»).
19. Основные способы сглаживания исходных данных.
20. Методика выявления и ограничения проб с ураганными значениями.
21. Обработка данных сопряженных наблюдений при контроле отбора и анализа проб.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букринский В.А. Вопросы геометризации физико-технических и горно-геологических показателей месторождения для моделирования на ПВМ. М.: изд. МГИ, 1966.
2. Каллистов П.Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. – Сов. Геология, 1956, сб. 53.
3. Мягков В.Ф. Геометризация и анализ геологических полей месторождений полезных ископаемых. Изв. ВУЗов. Горный журнал, 1982., № 10.
4. Соболевский П.К. Современная горная геометрия. – Социалистическая наука и реконструкция, 1932, № 7.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

_____ В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для обучающихся специальности:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., зав.каф.ГПР МПИ

Профессор

Одобрены на заседании кафедры
Геология, поиски и разведка МПИ
Протокол № 1 от 10.09.2020

Екатеринбург
2020

В настоящее время все отчетливее просматриваются признаки надвигающегося дефицита минерального сырья на фоне общего возрастания стоимости одних компонентов и падения других. Все острее ощущается необеспеченность сырьем как ведущих экономик мира, так и развивающихся стран.

Несмотря на приоритет известных геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых в удовлетворении потребности различных отраслей промышленности необходимо выявление перспективных новых, нетрадиционных минерально-сырьевых ресурсов, в том числе и техногенного происхождения. Это обусловлено тем, что качество добываемых руд, постепенно снижаясь, имеет тенденцию сближения с качеством техногенного сырья, что и определяет техногенно-минеральные ресурсы как перспективные источники разнообразных металлов и нерудного сырья. Проблема становится еще более актуальной в связи с сокращением инвестиций в строительство горнодобывающих предприятий, ухудшением экологической ситуации, сокращением запасов высококачественных руд и ухудшением горно-геологических условий отработки месторождений (глубина, обводненность и т.п.).

Как хорошо известно, добыча полезных ископаемых развивается значительными темпами, что вызвало истощение целого ряда месторождений, расположенных в освоенных районах и залегающих в благоприятных горно-геологических условиях. По мере углубления знаний о геологическом строении Земли и под воздействием достижений научно-технического прогресса постоянно увеличивается не только абсолютное число вовлеченных в производство полезных ископаемых, но и их ассортимент.

В первую очередь это касается энергетического сырья, а также: элементов определяющих научно-технический прогресс – редких и легирующих металлов, радиоактивных и рассеянных элементов.

Наиболее эффективным в существующей современной экономической ситуации является вовлечение в переработку ранее складированных отходов с высоким содержанием полезных компонентов, что позволит при меньших капитальных вложениях достичь существенного повышения эффективности производства.

Понимая необходимость ознакомления студентов с вышеназванными проблемами на кафедре геологии, поисков и разведки МПИ данный курс читается будущим геологам на протяжении последних 15 лет.

Основными целями курса является вооружение обучаемых теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для современного изучения месторождений нетрадиционных типов, которые в силу специфических особенностей состава руд, морфологии залежей и геологических условий строения и формирования пока не перешли в разряд ведущих геолого-промышленных типов.

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1. Роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике России и Мира

1.1. Место России в минерально-сырьевом комплексе Мира

1.2. О сырьевой безопасности России в XXI веке

Раздел 2. Основные виды нетрадиционных (новых) типов ресурсов минерального сырья

2.1. Систематика нетрадиционных видов минерального сырья

2.2. Топливно-энергетическое сырье

2.3. Черные металлы

2.4. Цветные металлы

2.5. Редкие металлы

2.6.Благородные металлы и алмазы

2.7. Полезные ископаемые океанов

2.8. Неметаллические полезные ископаемые

Раздел 3. Научные и технологические проблемы освоения нетрадиционных типов МПИ

3.1. Развитие теоретических подходов к выявлению новых и нетрадиционных типов МПИ

3.2. Современные геотехнологии эффективного освоения рудных месторождений

Практические занятия по дисциплине «Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых» предполагают ознакомление студентов с ведущими нетрадиционными и новыми типами месторождений полезных ископаемых по основным видам минерального сырья, а также приобретение студентами навыков на основе примера описания рудного объекта по нетрадиционному геолого-формационному типу.

План практических занятий по дисциплине «Нетрадиционные типы МПИ»

Знакомство с коллекциями образцов кафедры, планами и разрезами эталонных объектов, их геолого-геофизическими моделями в том числе:

1. Топливно-энергетическое сырье. Уран (только графика)
2. Нетрадиционные и новые типы месторождений черных металлов (железо, марганец, хром, титан, ванадий)
3. Нетрадиционные и новые типы месторождений цветных металлов (медь, свинец-цинк, алюминий, никель, кобальт)
4. Нетрадиционные и новые типы месторождений редких металлов (вольфрам, молибден, бериллий, тантал, ниобий, иттрий и лантаноиды
5. Нетрадиционные и новые типы месторождений благородных металлов и алмазов

   (золото, серебро, платиноиды, алмазы)

При изучении дисциплины самостоятельно рекомендуется пользоваться широким перечнем литературных и методических источников, имеющихся в библиотеке университета и выставленных на сайтах. Перечень

последних приведен ниже. Следует в ходе подготовки обратить внимание на регулярный опрос студентов по мере изучения дисциплины в рамках заявленных в программе тем:

1. Место России в минерально-сырьевом комплексе Мира
2. Основные виды новых и нетрадиционных типов ресурсов минерального сырья (по металлам)
3. Полезные ископаемые океанов

Контрольные вопросы по дисциплине содержат как теоретические, так и так и практикоориентированные задания

Контрольные вопросы (проверка знаний при подготовке к экзамену по дисциплине «Нетрадиционные типы МПИ»)

1. Каковы цели и задачи дисциплины «Нетрадиционные типы МПИ»?
2. Что понимается под термином нетрадиционные (и новые) типы МПИ?
3. Какова краткая история развития данного направления в науках о Земле?
4. Поясните схему формирования нетрадиционных и новых типов МПИ?
5. Что понимается под минерально-сырьевыми ресурсами?
6. В чем отличие запасов от ресурсов?
7. Какова роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике России?
8. Какова роль минерально-сырьевых ресурсов в экономике Мира?
9. Перечислите основные современные проблемы минерально-сырьевого комплекса России?
10. В чем пагубность «Сырьевой иглы» для экономики страны?
11. Каковы основные проблемы национальной безопасности России в минерально-сырьевом секторе?
12. Перечислите «Нетрадиционные типы МПИ» в нефтегазовом секторе?
13. Каковы нетрадиционные и новые типы урановых объектов?
14. Каковы нетрадиционные и новые типы ториевых объектов?
15. Охарактеризуйте нетрадиционные и новые типы урановых и торий-урановых объектов.
16. Перечислите нетрадиционные и новые типы редкометалльных объектов.

17. Охарактеризуйте нетрадиционные и новые типы редкометалльных объектов.

18. Перечислите новые и нетрадиционные типы минерального сырья агропромышленного комплекса.

19. Охарактеризуйте новые и нетрадиционные типы минерального сырья агропромышленного комплекса.

20. Поясните на примере теоретические и практические подходы к освоению новых и нетрадиционных типов МПИ.

21. Расшифруйте понятие техногенный минеральный объект (месторождение)

22. Перечислите основные виды техногенных минеральных объектов

23. Поясните историю использования вторичных техногенных минеральных ресурсов.

Практикоориентированные задания для студентов по дисциплине «Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых»

Раздел 1.

Покажите на карте основные районы развития минерально-сырьевого комплекса России

Раздел 2.

Определите по образцам из коллекции кафедры принадлежность руд к новым, либо нетрадиционным объектам сырья (руды черных, цветных, благородных, редких металлов)

Раздел 3.

Покажите на карте регионы с широким внедрением в освоении нетрадиционных и новых типов рудных объектов

В процессе освоения дисциплины на практических занятиях каждому студенту выдается по пять образцов из контрольной коллекции, представляющей как существующие промышленные типы месторождений, так и нетрадиционные типы источников минерального сырья. После визуального изучения образцов студент должен:

1. Охарактеризовать структурно-текстурные особенности, представленных пород и состав полезной минерализации
2. Определить генетическую принадлежность оруденения, представленного в каждом из изучаемых образцов
3. Разделить предлагаемые образцы на две группы, первая из которых представляет месторождения существующих геолого-промышленных типов, вторая - нетрадиционные типы источников минерального сырья
4. Для образцов первой группы установить геолого-промышленный тип месторождений полезного ископаемого и назвать примеры таких месторождений
5. Для образцов второй группы высказать суждение об их возможностей принадлежности к нетрадиционным (или новым) источникам какого-либо минерального сырья

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Душин В.А., Макаров А.Б. Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Екатеринбург УГГУ, 2015. 224с.

2. Техногенное минеральное сырье Урала / Перепелицын В.А., Рытвин В.М., Коротеев В.А., Макаров А.Б. и др. - Екатеринбург: РИО УРО РАН, 2013 – 332с.

3. Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А. Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов – М.: НИА – ПРИРОДА – 1999

4. Ваганов В.И. Алмазные месторождения России и Мира – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000

5. Воробьев А.Е., Гладуш А.Д. Геохимия золота. Ресурсы и технологии России. Справочное издание. – М.: Изд. РУДН, 2000

6. Додин Д.А., Золоев К.К., Воронов В.А., Чернышов Н.Н. Углеродсодержащие формации – новый крупный источник платиновых металлов XXI века. – М.: «Геоинформмарк», 2007

7. Додин Д.А., Чернышов Н.К. Платинометальные месторождения Мира. – М.: РБИ, 1999

8. Козловский Е.А. Минерально-сырьевые проблемы России накануне XXI – М.: РБИ, 1999

9. Коробейников А.Ф. Комплексные месторождения благородных и редких металлов – Томск: Изд-во ТПУ, 2006

10. Лушанов А.В., Быховский Л.З., Титунов Л.П. нетрадиционные источники попутного получения золота: проблемы и пути решения. – М.: 2003

11. Нетрадиционные ресурсы минерального сырья. Арбатов А.А., Астахов А.С., Лаверов Н.П. и др. – М.: Недра, 1988

12. Остроумов В.Р., Морозов А.Ф., Магалеев Б.Д. Открытия коренных источников Уральских алмазов/ ВСБ Геологическое изучение и использование недр. – М: 1996 – Вып.6

Все о геологии http://www.*geo.web/ru*

Единое окно доступа к образовательным ресурсам – Режим доступа: http://window.edu.ru

Президент Российской федерации – http://www.president.kremlin.ru

Правительство Российской федерации – http://www.goverment.gov.ru

Российский правовой портал – http://www.rpp.ru

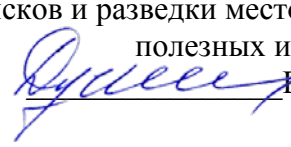
Геоинформмарк– http://www. *geoinform.ru*

Алгоритм работы студентов для качественного усвоения дисциплины включает в себя следующие действия:

1. Изучения рабочей программы дисциплины, что позволит правильно сориентироваться в системе требований, предъявляемых к студенту со стороны преподавателя.
2. Посещение и конспектирование лекций.
3. Обязательная подготовка к практическим занятиям.
4. Изучение основной и дополнительной литературы.
5. Выполнение всех видов самостоятельной работы, в первую очередь изучение коллекций каменного материала по месторождениям полезных ископаемых различных геолого-промышленных типов.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.18 ОПРОБОВАНИЕ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАМЕЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург

ОПРОБОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основные понятия, виды опробования, способы отбора проб, системы опробования месторождений

Опробование – это комплекс работ для получения количественной информации о качестве исследуемых объектов.

Качество полезного ископаемого – это совокупность функциональных и технологических свойств, обусловливающих пригодность и экономическую целесообразность его промышленного использования.

Проба – это часть (порция) опробуемого материала, отнесенная к определенному объему рудного тела или отбитой руды (вмещающих пород) и характеризующая с заданной точностью исследуемое свойство полезного ископаемого. Проба с современных позиций рассматривается как геоизмерение, а опробование как геоизмерительный процесс. Как геоизмерение, проба характеризуется двойственной природой: она соединяет в себе свойства и характеристики обычного классического метрологического измерения и в то же время содержит специфические метрологические характеристики, обусловленные особенностями внутреннего строения геологических объектов.

Пробе (как замеру) присущи такие метрологические характеристики как точность и правильность (верность).

Точность пробы – это интегральная случайная техническая погрешность, возникающая в процессе ее отбора, подготовки и исследования. **Правильность пробы** определяется величиной интегральной систематической погрешности. Проба верная, или правильная, если у нее практически отсутствует систематическая погрешность. Таким образом, точность и правильность пробы обусловливается техническими погрешностями при ее отборе, подготовке и испытаниях. Практически достоверная – это такая проба, у которой отсутствует систематическая погрешность, а случайная техническая погрешность находится в допустимых для практических целей пределах.

Как геоизмерение, проба имеет геометрическую базу и сферу влияния. Именно они предопределяют появление у пробы специфи-

ческих метрологических характеристик – надежности и представительности.

Геометрическая база пробы – это участок руды (вмещающей породы), в пределах которого непосредственно производится измерение (определение) изучаемого свойства. Геометрическую базу пробы характеризуют следующие элементы: размеры или объем пробы; форма и ориентировка пробы относительно текстурно-структурных элементов опробуемой породы.

Область или сфера влияния пробы – это объем руды (вмещающей породы), на который распространяется значение определяемого свойства.

Надежной – называется практически достоверная проба, которая при заданной геометрической базе гарантирует присутствие в ней исследуемого свойства и уверенную экстраполяцию результатов на непосредственно прилегающий к пробе приповерхностный слой руды или породы. Практически достоверная проба считается представительной, если она позволяет оценить с необходимой надежностью изучаемое свойство в сфере ее влияния.

Опробование как геоизмерительный процесс представляет множество (совокупность) проб, отобранных по определенной системе. **Система опробования** – это пространственное расположение проб на профиле, площади или в объеме рудного тела (вмещающих пород). Система включает регулярную сеть опробования и длину секций опробования, расстояние между пробами по простиранию и падению залежи, длину пробы по линиям мощности.

Как совокупность (множество) проб, система опробования характеризуется своей воспроизводимостью (точностью) и правильностью. Они имеют тот же смысл, что и при рассмотрении понятия проба. Как множество регулярно расположенных в пространстве замеров, система опробования оценивается достоверностью.

Достоверность системы опробования характеризует качество глубины познания внутреннего строения объекта. Система опробования считается достоверной, если она обеспечивает выявление и представительное изучение заданного геолого-структурного или геолого-промышленного уровня организации вещества. Оценка достоверности системы опробования производится на основе геолого-математического моделирования внутреннего строения изучаемых объектов.

По целевому назначению различают следующие виды опробования: 1) химическое; 2) минералогическое; 3) техническое; 4) технологическое; 5) товарное [1].

Химическое опробование предназначено для определения содержаний основных и попутных полезных компонентов, вредных примесей в рудах по всем разведочным пересечениям тел полезных ископаемых. Содержания элементов устанавливаются химическим анализом, а благородных металлов – пробирным анализом. Применяется также геохимическое опробование руд и вмещающих пород. Содержания элементов в геохимических пробах определяются при помощи приближенно-количественного и количественного спектральных анализов.

Минералогическое опробование применяется для изучения минерального состава пород и руд, их текстурно-структурных особенностей. По этим данным проводится прогнозная оценка технологических свойств полезного ископаемого, обосновывается возможность комплексного использования минерального сырья. В качестве минералогических проб используют полированные штуфы, шлифы, аншлифы, протолочки, шлихи. Минералогическое опробование является основным видом оценки качества полезного ископаемого при разведке и эксплуатации россыпных месторождений.

Техническое опробование используется для определения физико-механических показателей, необходимых при подсчете запасов: объемной массы, влажности, пористости, гранулометрического состава, коэффициентов разрыхления. При оценке качества стройматериалов, слюд, асбеста, оптического сырья устанавливают прочностные свойства, прозрачность, бездефектность кристаллов, потери при прокаливании, длину волокна и др. Для этих видов минерального сырья техническое опробование является основным.

Технологическое опробование предназначено для разработки рациональных схем обогащения минерального сырья. При исследовании технологических проб выявляются показатели обогатимости руд: выход концентрата и хвостов обогащения, извлечение металла в концентрат и хвосты обогащения, содержание металла в руде, концентрате и хвостах обогащения. На месторождениях нерудных полезных ископаемых (камнесамоцветного сырья, декоративно-облицовочного камня) важным технологическим показателем является процентный выход камня-сырца, кристаллосырья, кондиционных блоков, полированной плитки, декоративного щебня. По данным изу-

чения технологических проб, отобранных по определенной системе наблюдений, на месторождениях проводится геолого-технологическое картирование залежей полезных ископаемых.

Товарное опробование проводится для получения метрологически обеспеченной информации о качестве поступающей на переработку или временно складируемой товарной руды с целью производства взаимовыгодных коммерческих расчетов между поставщиком и потребителем товарной продукции горнодобывающего предприятия. Товарные пробы должны быть подготовлены к анализам таким образом, чтобы обеспечить метрологическую воспроизводимость методов их исследования в соответствии с действующими стандартами.

Выделяются три последовательные операции опробования: отбор (взятие) проб, обработка (подготовка) проб и их испытания (анализ). **Отбор проб** должен обеспечивать их представительность, т. е. соответствие качества проб качеству той руды, из которой они отобраны. **Обработка проб** предназначена для подготовки материала проб к исследованию. Она включает операции дробления, просеивания, перемешивания и сокращения материала проб. **Анализ проб** проводят с помощью различных методов – химического, спектрального, минералогического анализов, петрографических, технологических исследований и т. д. В результате получают сведения о качестве полезного ископаемого в данной пробе.

Рассмотрим способы отбора проб, применяемые при опробовании месторождений полезных ископаемых.

Способы отбора проб в обнажениях и горных выработках зависят от текстурно-структурных особенностей полезных ископаемых, мощности рудных тел, физико-механических свойств руд. По своей геометрии (форме и пространственной ориентировке) пробы разделяются на три группы: линейные, объемные и точечные [2].

Линейные пробы отбираются бороздовым и шпуровым способами. **Бороздовой способ** является наиболее распространенным при разведке месторождений. Особенно эффективно он используется при опробовании полосчатых и слоистых руд. Бороздовая проба имеет форму призмы и характеризуется шириной, высотой и длиной интервала. Ширина бороздовых проб изменяется от 2 до 20 см, высота от 2 до 10 см, длина от 0,5 до 10 м. Масса бороздовых проб варьирует от 0,5 до 50 кг с 1 метра борозды. Борозда может быть сплошной или прерывистой (пунктирной). Бороздовые пробы отбирают вручную

или с использованием пробоотборников. **Шпуровой способ** применяется на стадии эксплуатационной разведки при химическом опробовании руды в целике впереди забоя. Он заключается в сборе шлама в процессе бурения шпуров обычными или колонковыми перфораторами. Для улавливания материала проб применяются патрубки и пылеулавливатели. Масса шпуровых проб составляет 1-2 кг.

Объемные пробы берутся валовым и задирковым способами. **Валовый способ** выражается в отборе пробы определенной длины по всему сечению разведочной горной выработки (шурфу, штреку, рассечке). Масса валовых проб изменяется от сотен кг до десятков тонн. Валовое опробование предназначено для отбора технологических проб, контрольного опробования, рядового опробования месторождений с крайне неравномерным распределением полезных компонентов (ртути, редких металлов, драгоценных камней). **Задирковый способ** используется для опробования жильных месторождений редких и благородных металлов малой мощности. При этом способе производится отбор слоя руды на глубину 5-10 см со всей площади забоя. Масса задирковых проб составляет 30-250 кг с 1 $м^2$ забоя.

Точечные пробы отбираются штуфным, точечным и горстьевым способами. **Штуфной способ** применяется для ориентировочной характеристики качества полезных ископаемых (их вещественного состава, текстуры и структуры, физических свойств). Он состоит в отборе монолитных кусков (штуфов) руды или вмещающих пород массой 0,5-2 кг. **Точечный способ** служит для опробования мощных жил, залежей, штокверков. Пробы отбираются путем равномерного взятия 10-50 кусочков руды размером 2-5 см в поперечнике, расположенных по правильной сетке (квадратной или прямоугольной). **Горстьевой способ** аналогичен точечному, предназначен для опробования отбитой массы руды в забое. Масса точечной и горстьевой проб составляет 0,5-5 кг.

Опробование скважин осуществляется способом, близким к линейному. При колонковом бурении опробуется керн скважин. В пробу идет половина керна, расколотая на керноколе или распиленная по длинной оси; другая половина оставляется в качестве дубликата. Длина керновых проб составляет от 0,5 до 5 м. При бескерновом (ударно-канатном, шарошечном, роторном) бурении пробой служит шлам, поднимаемый из скважин с пробуренного интервала. В зависимости от диаметра скважин масса проб с одного метра бурения может изменяться от десятков до сотен кг. Буровой шлам отбирается

из скважин с помощью желонок, буровых ложек, змеевиков, стаканов-грунтоносов.

Геофизические способы (магнитные, электрические, плотностные, радиоактивные, ядерно-физические) применяются при опробовании скважин, горных выработок, отбитых руд при разведке некоторых видов полезных ископаемых (железо, олово, сурьма, вольфрам и др.). При геофизических исследованиях применяются каротаж скважин или промеры стенок горных выработок и отвалов руд без отбора проб.

Во всех случаях выбранный способ опробования должен обеспечить соответствие содержаний компонентов в пробах их содержаниям в тех объемах, из которых они отобраны с допустимой погрешностью отбора проб. Взятые пробы подвергаются обработке для подготовки их к анализам.

Составление схемы обработки проб

Обработка проб производится для того, чтобы измельчить и сократить их до массы и крупности, требуемых для химического, спектрального, минералогического анализов, или для других испытаний. Для химического анализа конечная масса пробы обычно составляет от 50 до 200 г, пробирного - 0,5-1,0 кг, спектрального – 5-20 г. Конечная крупность материала должна быть 0,074-0,1 мм.

Обработка проб состоит в чередовании операций измельчения, грохочения (просеивания), перемешивания и сокращения. Они выполняются так, чтобы в конечном материале, представляемом в лабораторию, была сохранена представительность пробы. Другими словами, содержание компонентов в конечном материале должно соответствовать содержанию в отобранной пробе с допустимой погрешностью обработки пробы. Это достигается применением при обработке проб формулы Ричардса-Чечотта

$$Q = кД^2, \qquad (1.1)$$

где Q – надежная масса сокращенной пробы, кг; Д – диаметр максимальных частиц, мм; к – коэффициент, зависящий от изменчивости содержаний полезных компонентов, крупности ценных минералов и физико-механических свойств полезного ископаемого.

Чем ниже содержания компонентов и выше их изменчивость, тем больше значение «к». Величина «к» обоснована экспериментально практически для всех промышленных типов месторождений. При равномерном характере распределения полезных компонентов (ПК) в рудных телах к = 0,02-0,1, при неравномерном распределении ПК к = 0,1-0,2, при весьма неравномерном распределении ПК к = 0,2-0,5 и при крайне неравномерном распределении ПК к = 0,5-1,0 [1]. Считается, что представительность пробы сохраняется, если ее масса изменяется пропорционально квадрату максимальных частиц. При практическом использовании формулы (1.1) в ее правую часть подставляют значение к, размер частиц пробы и получают Q – массу, меньше которой пробу сокращать нельзя.

Измельчение проб выполняется механическим способом с помощью дробилок. Крупное и среднее измельчение производится на щековых дробилках. В них загружают материал размером 30-60 мм, а получают размер частиц 3-10 мм (степень дробления 3-20). Мелкое измельчение производится на валковых дробилках. Загружается материал размером не более 10 мм, получают частицы размером 1-2 мм (степень измельчения 3-10). Тонкое измельчение производят на дисковых истирателях, виброистирателях, в шаровых и стержневых мельницах. На них получают окончательный материал проб требуемой фракции.

Просеивание проводится в основном для контроля максимального размера частиц проб после дробления на ситах со стандартными отверстиями (в мм): 50; 25; 12; 6; 3; 2,5; 2,0; 1,6; 1,25; 1,00; 0,80; 0,63; 0,50; 0,40; 0,315; 0,250; 0,200; 0,160; 0,125; 0,100. Крупная фракция, не прошедшая через сито, снова направляется в дробилку.

Перемешивание материала пробы производится после дробления (если намечается сокращение пробы) для получения однородного материала пробы способами перелопачивания, кольца и конуса и др.

Сокращение проб выполняется для уменьшения массы измельченных проб в пределах, допускаемых формулой Ричардса-Чечотта. Один прием сокращения позволяет уменьшить массу пробы в два раза. Для этого применяются способы кратной отборки, вычерпывания, квартования, а также желобковые делители и механические сократители.

Разработаны и в ряде случаев используются на производстве установки для механизации обработки проб без стадийного сокращения.

На каждом предприятии, где ведется подготовка проб к испытаниям, имеется схема их обработки, составленная ведущим геологом с учетом особенностей руд, задач исследования, вида и массы проб. Важно не только, чтобы схема пробоподготовки была правильно составлена, но и чтобы она неукоснительно соблюдалась при обработке проб. Для этого необходимо всем геологам уметь составлять схемы обработки проб, проверять правильность имеющихся схем, обучать обслуживающий персонал правильному применению разработанной последовательности обработки проб.

Начальная масса пробы ($Q_н$) зависит от способа отбора, геометрической базы пробы и рассчитывается по следующим формулам:

- для бороздовых проб $Q_н = h \cdot m \cdot l \cdot d$; (1.2)
- задирковых проб $Q_н = h \cdot S_р \cdot d$; (1.3)
- валовых проб $Q_н = S_В \cdot H \cdot d$; (1.4)
- точечных проб $Q_н = n \cdot g$; (1.5)
- керновых и шпуровых проб $Q_н = k_п \cdot l \cdot d \cdot \pi Д^2/4$. (1.6)

где h – глубина (высота) бороздовой или задирковой пробы, м;
m – ширина бороздовой пробы, м;
l – длина бороздовой (или керновой) пробы, м;
d – объемная масса руды, т/м^3;
$S_р$ – площадь руды, обнажающейся в забое, м^2;
$S_В$ – площадь сечения разведочной выработки, м^2;
H – уходка выработки, м;
q – масса отдельной порции, кг;
Д – диаметр керна или шпура (28, 37, 48, 63, 79, 98, 117, 136 мм);
$k_п$ – коэффициент представительности материала в керновой пробе. Обычно $k_п$ принимают равным 0,5.

Для практического усвоения изложенного материала студентам предлагается составить схему обработки бороздовых проб.

Дано:

1) характеристика опробуемого материала (полезное ископаемое, минеральный состав, характер распределения полезного ископаемого, объемная масса руды), параметры бороздовой пробы (табл. 1);

2) стандартный набор дробильных механизмов и сит (см. выше).

Необходимо:

1) определить начальную массу бороздовой пробы ($Q_н$);

2) выполнить расчеты для обоснования рациональной схемы пробоподготовки;

3) составить схему обработки проб (аналогично рис. 1).

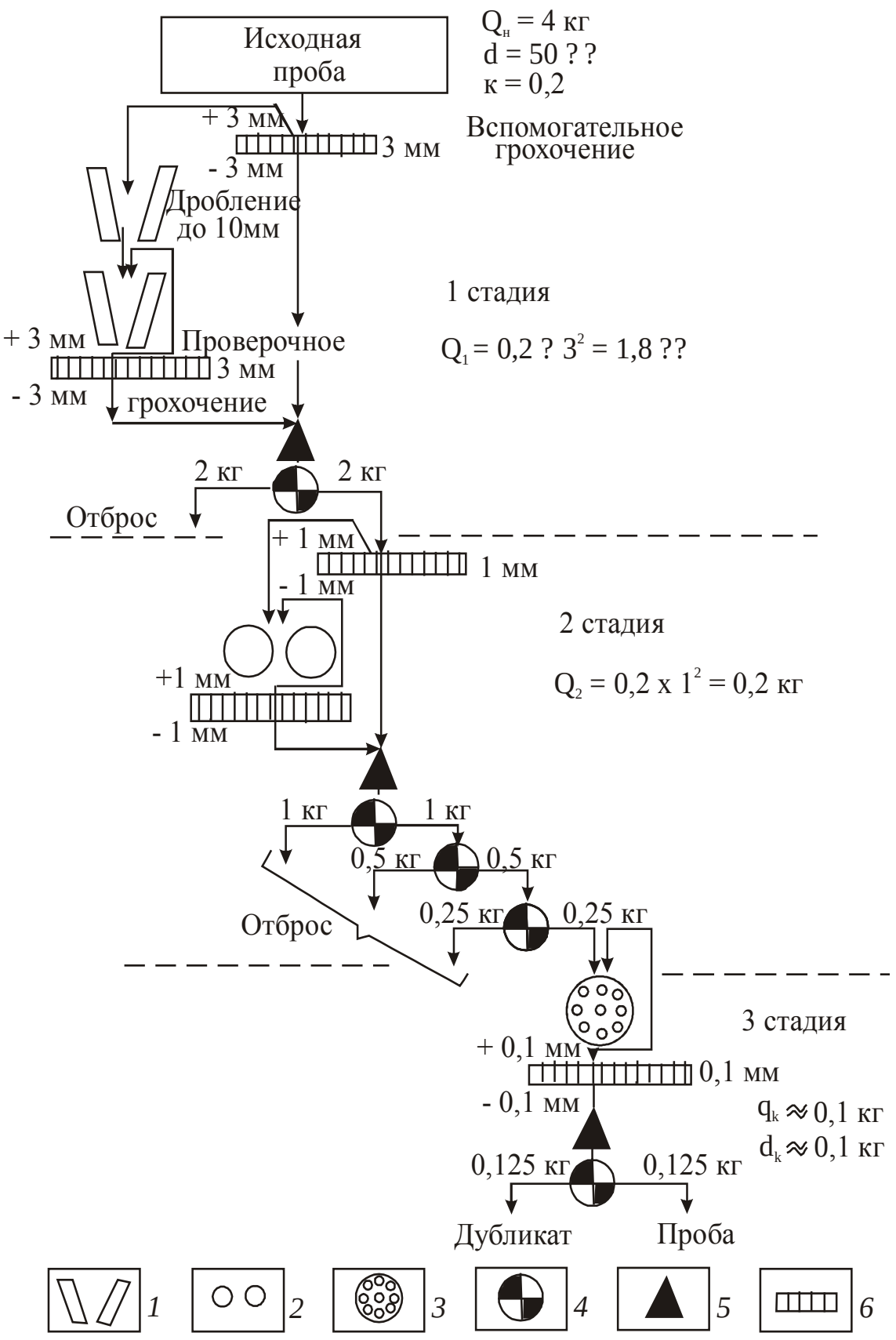


Рис. 1. Типовая схема обработки проб:
Агрегаты и операции: *1* - дробилка; *2* - валки; *3* - стержневая мельница; *4* - сокращение; *5* - перемешивание; *6* - грохочение

Таблица 1

Данные для составления схемы обработки проб

Варианты	Типы опробуемых руд	Текстура руды и характер распределения полезного ископаемого	Коэффициент, к	Параметры бороздовой пробы		Объемная масса, d, г/см^3	Требования лаборатории	
				сечение ($m \cdot h$), см×см	длина, l, см		конечная масса, $q_к$, кг	конечный диаметр, $d_к$, мм
1	Молибденитовая руда	Прожилковая, неравномерный	0,2	10×3	100	2,7	0,1	0,07
2	Шеелит–молибденитовая руда	Вкрапленная, равномерный	0,1	5×3	100	2,9	0,1	0,07
3	Молибденитовая руда	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	2,7	0,1	0,07
4	Золото-пирит-кварцевая руда	Вкрапленная, крайне неравномерный	0,8	20×5	100	2,7	0,25	0,07
5	Золото-пирит-халькопирит кварцевая руда	Вкрапленная, крайне неравномерный	0,6	10×5	100	2,7	0,25	0,07
6	Золотоносная кремнистая порода	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	5×3	100	2,8	0,25	0,07
7	Золотоносная кремнистая брекчия	Прожилковая, весьма неравномерный	0,5	10×3	100	2,7	0,25	0,07
8	Магнетитовая руда	Массивная, равномерный	0,1	10×5	100	4,0	0,1	0,07
9	Сидеритовая руда	Слоистая, равномерный	0,1	20×5	100	3,4	0,1	0,07
10	Мартитовая руда	Пористая, равномерный	0,1	20×5	200	3,7	0,1	0,07

Окончание табл. 1

Варианты	Типы опробуемых руд	Текстура руды и характер распределения полезного ископаемого	Коэффициент, к	Параметры бороздовой пробы		Объемная масса, d, г/см^3	Требования лаборатории	
				сечение ($m \cdot h$), см×см	длина, l, см		конечная масса, $q_к$, кг	конечный диаметр, $d_к$, мм
11	Медистый колчедан	Массивная, весьма неравномерный	0,3	5×3	100	3,8	0,1	0,07
12	Медно-цинковая вкрапленная руда	Вкрапленная, относительно равномерный	0,2	10×5	50	3,2	0,1	0,07
13	Медистые сланцы	Слоистая, равномерный	0,1	10×3	100	3,1	0,1	0,07
14	Флюорит-карбонатная руда	Слоистая, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,1	0,1	0,07
15	Фосфорит желваковый	Обломочная, весьма неравномерный	0,3	20×10	200	2,0	0,1	0,10
16	Кремнистая брекчия с антимонитом	Вкрапленная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,6	0,1	0,07
17	Вкрапленная хромовая руда	Нодулярная, неравномерный	0,2	10×5	100	3,2	0,1	0,10
18	Массивная свинцово-цинковая руда	Массивная, равномерный	0,1	10×3	100	3,6	0,1	0,07
19	Охры никеленосные	Пористая, равномерный	0,1	10×5	100	1,6	0,1	0,07
20	Пентландит-халькопиритовая руда	Массивная, весьма неравномерный	0,3	10×5	100	3,5	0,1	0,07

Методические указания по выполнению работы.

Каждый студент получает вариант задания с исходными данными (табл. 1).

Вычисляется начальная масса ($Q_н$) бороздовой пробы (г) по формуле (1.2)

$$Q_н = h \cdot m \cdot l \cdot d,$$

где h, m , l – соответственно ширина, высота и длина бороздовой пробы, см; d – объемная масса руд, г/см^3.

Максимальный размер частиц исходной пробы (Д) принимается равным 50 мм.

Необходимо составить схему обработки бороздовой пробы, чтобы получить в итоге конечную пробу, соответствующую по массе и размеру частиц требованиям лаборатории (табл. 1).

Рассмотрим пример составления схемы обработки пробы хромовых руд. Для исследования предлагается вкрапленная в серпентинизированных дунитах хромовая руда нодулярной текстуры с неравномерным распределением Cr_2O_3. Содержание Cr_2O_3 высокое. Значение «к» принято равным 0,2. Исходная масса пробы $Q_н$ = 4 кг, максимальный размер частиц пробы Д = 50 мм. В лабораторию для выполнения химических анализов руды необходимо представить материал пробы массой (q) не менее $q_к$ = 0,1 кг с максимальным размером частиц в конечной пробе (d) не более $d_к$=0,1 мм. При составлении схемы используем формулу Ричардса-Чечотта Q = кД^2 с учетом технических возможностей дробильного оборудования.

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. В формулу Ричардса-Чечотта подставляются числовые значения всех трех величин. Если левая часть уравнения (Q) вдвое или в большее число раз превышает правую (кД^2), то пробу можно сократить без дробления, обязательно перемешав перед этим. Если левая часть уравнения больше правой менее, чем в 2 раза, то пробу без предварительного измельчения сокращать нельзя.

2. При проведении на первой стадии дробления материала исходной бороздовой пробы массой 4 кг на щековой дробилке ставится условие сокращения пробы хотя бы в два раза при измельчении ее до диаметра частиц Д$_1$. Это условие математически записывается в виде

$$Q_н = 2к \cdot Д_1^{\,2}. \qquad (1.7)$$

Решая это равенство относительно $Д_1$, определяем диаметр дробления пробы на первой стадии:

$$Д_1 = \sqrt{\frac{Q_н}{2к}} = \sqrt{\frac{4}{2 \cdot 0{,}2}} = 3{,}2 \text{ мм.}$$

Учитывая имеющиеся размеры сит, принимаем диаметр дробления материала бороздовой пробы на щековой дробилке равным 3 мм.

Исходя из этого, по формуле Ричардса-Чечотта, определяем надежную массу пробы после первой стадии обработки

$$Q_1 = 0{,}2 \cdot 3^2 = 1{,}8 \text{ кг.}$$

Далее вычисляем степень сокращения материала пробы (S_C) после первой стадии дробления по формуле

$$S_C = \frac{Q_н}{Q_1} = \frac{4}{1{,}8} = 2{,}2.$$

Следовательно, после проведения крупного дробления материала пробы его можно сократить вдвое, осуществив одну операцию сокращения (см. рис. 1).

Перед измельчением пробы до 3 мм при значительных массах первоначальных проб ($Q_н$>10 кг) можно предусмотреть вспомогательное (предварительное) грохочение на сите с диаметром отверстий 3 мм. Этим самым исключается из дробления часть пробы с диаметром частиц меньше 3 мм (класс – $Д_1$). Материал класса + $Д_1$, оставшийся на сите, направляется в дробление. После чего ставится проверочное грохочение на сите с диаметром отверстий 3 мм. Случайно проскочившие через дробилку куски руды с диаметром, большим 3 мм, снова возвращаются в дробление. После предварительного и проверочного грохочения объединяются классы – 3 мм. После перемешивания материала проба сокращается пополам до массы $Q \geq Q_1$.

3. На второй стадии обработки выбирают диаметр дробления проб на валках, исходя из размера разгрузочной щели (обычно $Д_2$ = 1-2 мм).

Определяют степень сокращения массы пробы (S_C) и число приемов сокращения массы пробы (m) по формулам:

$$S_C = Q_1/(к \cdot Д_2^2) \quad (1.8)$$

$$m = 3{,}32 \cdot \lg S_C \quad (1.9)$$

Полученную расчетом величину «m» округляют до целого числа. В нашем случае S_C=2/(0,2·1,0^2) = 10 раз, m = 3. Однако на практике

удобнее число сокращений материала пробы установить методом итерации – путем последовательного уменьшения начальной массы пробы вдвое до массы лабораторной пробы ($q_к$): $Q_н \rightarrow Q_{н/2} \rightarrow Q_{н/4} \rightarrow Q_{н/8} \rightarrow Q_н / S_C \geq q_к$.

4. На третьей стадии дробления оставшуюся после сокращения пробу массой Q_2 = 0,25 кг измельчают до 0,1 мм в шаровой или стержневой мельнице и после проверочного грохочения и перемешивания делят тонкоизмельченный материал пополам – на лабораторную пробу и дубликат.

При соблюдении данной схемы обработки конечная проба будет представительной, т. е. в ней содержание Cr_2O_3 будет соответствовать содержанию в исходной пробе с учетом допустимой погрешности. Проба направляется в химическую лабораторию, а дубликат используется для повторных исследований, проведения внутреннего и внешнего контроля работы химической лаборатории, составления групповых проб и т. д. Схему необходимо изобразить графически (см. рис.1) и показать на ней всю последовательность операций по обработке проб.

Отчетные материалы:

1. Вычерченная схема обработки проб (по образцу рис. 1).
2. Расчеты, обосновывающие схему.

Перед составлением схемы обработки проб студенты знакомятся в лаборатории опробования со стандартным оборудованием (дробилками, набором сит, способами перемешивания и сокращения проб).

Время выполнения работы:

- ознакомление с лабораторией пробоподготовки– 2 часа;
- составление схемы обработки проб – 2 часа.

1. 3. Оценка погрешностей сопряженных измерений

Сопряженными называются измерения какого–либо свойства объекта исследования, полученные одинаковыми или разными способами и характеризующие одни и те же точки, интервалы, площади или объемы недр. Например, сопряженными являются: определения содержаний компонентов в пробах, проанализированных в основной и арбитражной лабораториях; оценки мощности рудных тел, установленные при документации керна и каротажных

исследованиях скважин; данные разведки и отработки блоков рудных тел; содержания компонентов, оцененных традиционным химическим методом опробования и каким-либо геофизическим способом в пределах одного и того же интервала скважины и т. п.

Сопряженные измерения на объектах исследования в отличие от рядовых выполняются всегда выборочно. Они планируются с целью обоснования внедрения более экономичных, оперативных, производительных, технологичных, безопасных и экологически чистых методов и средств изучения тех или иных свойств, либо создания надлежащего метрологического обеспечения применяемых на производстве традиционных средств и методик на всех стадиях геологоразведочного процесса. При планировании такого рода экспериментов и обобщении их результатов необходимо учитывать специфику геологических объектов и, прежде всего, представлений о литолого-структурных и геолого-промышленных уровнях пространственной организации рудной минерализации, которая реализуется в рудном теле в виде естественных природных и промышленных типов и сортов руд и их текстурно-структурных разновидностей.

В метрологическом аспекте среди сопряженных измерений выделяются неравноточные и равноточные, требующие различных методов математической обработки и интерпретации полученных результатов. В случае неравноточных измерений наиболее точное из них принимается в качестве контрольного (U_i), а другое, менее точное, – контролируемого (V_i). Сопряженные измерения позволяют: оценить величины случайных и систематических погрешностей рядовых (контролируемых) измерений, внести соответствующие коррективы в последние или даже забраковать их; оценить предлагаемый к внедрению новый метод опробования по главным метрологическим характеристикам – точности (воспроизводимости) и правильности (верности). Так, рекомендуемый метод может быть: 1) правильным, но не точным; 2) неправильным, но точным; 3) неправильным и не точным; 4) правильным и точным. Способ считается достоверным, если он одновременно является и правильным, и точным. Способ подлежит внедрению только в том случае, если он достоверный.

В предлагаемой студентам лабораторной работе по оценке погрешностей сопряженных измерений отражены результаты научных исследований кафедры, проведенных на месторождениях хромитов, никеля и меди. Работа содержит 20 вариантов заданий (табл. 2-5). В табл. 2 приведены содержания триоксида хрома в товарных рудах

Таблица 2

Сопоставление содержаний Cr_2O_3 в рудах, определенных химическим (ХА) и рентген–радиометрическим (РРА) анализами

Номера анализов	Варианты									
	1		2		3		4		5	
	содержание триоксида хрома, %									
	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА
1	51,2	51,4	51,9	51,8	51,1	51,0	51,9	52,6	51,6	51,2
2	51,2	50,9	52,4	52,2	51,0	50,8	50,6	51,7	51,4	52,6
3	52,5	52,1	52,0	52,4	51,1	51,5	51,4	52,3	52,2	52,9
4	51,4	50,9	51,8	52,3	51,2	50,5	50,6	51,5	53,2	52,7
5	51,6	51,4	50,7	51,4	51,9	51,7	52,3	53,0	49,9	50,1
6	51,7	51,9	53,0	52,4	51,8	51,5	51,8	52,1	50,5	50,9
7	50,7	51,4	52,0	52,1	51,4	51,7	52,4	52,9	52,0	52,5
8	50,7	51,5	51,6	51,7	51,5	50,0	51,0	51,8	52,2	51,4
9	51,9	51,1	53,2	52,4	52,1	51,9	53,5	52,7	52,5	52,9
10	51,2	51,4	51,2	50,8	51,6	51,5	51,5	52,4	51,3	51,0
11	51,1	51,6	52,1	51,4	50,6	51,3	53,3	52,7	52,1	52,9
12	51,2	51,4	52,0	51,6	52,5	52,7	51,6	51,0	51,3	51,8
13	51,5	52,1	52,8	50,9	52,8	52,2	52,4	52,8	52,3	52,5
14	51,6	52,3	51,7	51,1	52,1	52,6	52,3	51,2	53,1	52,3
15	52,9	52,2	52,3	52,3	51,9	51,7	52,4	52,9	52,5	52,2
16	52,5	52,7	52,1	51,8	52,5	52,5	52,0	52,8	52,1	52,7
17	51,9	52,6	52,4	52,8	53,4	52,8	52,7	52,9	52,3	51,7
18	52,2	52,7	52,1	52,3	52,5	52,3	52,6	52,0	52,1	52,4
19	52,1	51,4	53,3	52,6	51,1	52,0	51,8	52,2	51,7	51,0
20	52,4	52,0	52,5	52,2	52,6	52,1	51,4	52,3	52,9	50,8

Окончание табл. 2

Номера анализов	Варианты									
	1		2		3		4		5	
	содержание триоксида хрома, %									
	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА	ХА	РРА
21	51,5	51,1	51,2	51,4	52,4	52,3	51,5	51,4	52,3	51,5
22	53,1	52,8	52,2	52,7	53,0	52,6	51,0	51,5	52,0	51,6
23	51,8	52,2	51,1	51,1	51,5	52,3	51,3	51,6	51,5	50,7
24	53,1	52,4	52,5	52,8	52,6	53,1	53,0	52,0	53,4	52,6
25	51,1	51,7	52,1	51,6	51,5	51,8	50,5	51,6	51,3	51,9
26	52,2	52,7	52,3	52,3	52,4	52,0	50,7	51,5	52,2	52,1
27	51,6	51,9	50,2	50,8	51,7	52,1	51,8	51,8	53,3	52,3
28	52,0	52,7	49,6	50,0	51,5	52,1	51,5	51,7	50,5	51,4
29	50,7	51,4	53,0	52,8	52,5	51,8	51,7	50,8	51,8	52,5
30	51,6	52,1	52,5	52,7	52,0	52,7	52,6	52,0	52,2	52,8
31	50,8	51,6	51,7	52,5	52,2	52,0	51,4	50,7	52,1	52,5
32	51,7	52,4	51,4	51,4	52,4	52,5	51,6	51,1	51,5	51,2

Таблица 3

Сравнение содержаний никеля в керновых (КП) и шламовых пробах (ШП) скважин колонкового и ударно-канатного бурения

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
1	0,50	0,84	1,05	0,94	1,36	1,51	1,25	1,40	0,79	0,83
2	0,91	0,91	0,86	1,13	0,95	0,79	1,29	1,16	1,34	1,18

Продолжение табл. 3

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
3	1,23	0,89	0,71	1,69	0,86	0,84	0,97	0,99	1,05	1,31
4	0,74	1,03	0,89	0,65	1,29	0,87	0,92	0,81	1,02	1,37
5	0,73	1,35	0,57	0,65	1,04	1,31	0,85	0,85	1,69	1,86
6	0,71	0,74	0,67	0,64	3,64	3,67	0,76	0,84	1,21	1,19
7	1,06	0,97	1,13	0,73	3,80	3,49	0,79	0,78	0,75	0,64
8	1,76	1,10	0,86	0,71	1,41	1,04	0,75	0,77	0,72	0,62
9	1,10	0,99	0,93	1,90	1,57	1,29	0,67	0,83	0,63	0,66
10	0,93	1,10	0,83	0,85	1,05	1,90	0,74	0,55	0,75	0,73
11	0,75	0,72	1,08	1,17	0,85	1,17	1,01	0,92	0,77	0,68
12	0,74	1,44	0,89	0,85	1,83	1,81	0,67	0,54	0,99	0,95
13	1,03	1,38	0,82	0,79	1,27	1,17	1,25	1,38	0,81	0,83
14	0,82	0,78	0,71	0,70	1,78	1,94	0,83	0,86	1,26	1,02
15	0,83	0,87	1,31	1,29	1,23	0,91	0,62	0,89	1,38	1,24
16	0,71	0,78	1,43	1,25	2,09	1,39	0,77	0,66	0,73	0,71
17	0,75	0,62	1,33	1,42	1,46	1,36	0,74	0,79	0,88	0,77
18	0,66	0,86	0,78	0,84	1,30	1,10	0,86	0,84	0,85	0,83
19	0,88	0,81	1,28	1,09	1,62	2,39	0,89	0,77	1,01	1,19
20	1,20	1,35	0,84	0,80	1,64	1,55	1,08	1,32	0,82	0,84
21	0,63	0,51	0,92	0,97	1,60	1,53	0,79	1,41	0,99	1,95
22	1,06	0,90	0,74	0,69	0,72	0,69	0,77	0,73	0,81	0,78
23	0,71	0,50	0,71	0,74	1,29	1,16	0,96	1,07	1,17	0,73
24	0,69	0,86	0,68	0,62	1,19	1,34	1,16	0,95	0,62	0,65

Окончание табл. 3

Номера проб	Варианты									
	6		7		8		9		10	
	содержание никеля, %									
	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП	КП	ШП
25	0,76	0,75	0,75	0,68	1,29	1,41	1,71	1,14	0,59	0,63
26	0,74	0,77	0,70	0,67	0,94	0,83	1,03	0,91	0,84	0,67
27	0,79	0,82	1,26	1,11	1,21	1,23	0,78	0,72	0,78	1,62
28	0,80	0,81	1,62	1,80	1,16	1,30	0,74	1,33	0,81	1,19
29	0,96	0,86	1,05	1,33	2,01	2,24	0,78	1,06	1,01	0,91
30	0,95	0,95	1,08	1,30	2,29	2,07	1,29	0,82	0,77	0,89
31	1,26	1,14	1,30	1,13	1,52	1,98	0,95	0,98	1,36	1,45
32	1,23	1,38	0,76	0,80	1,33	1,45	0,59	0,86	1,49	1,22

Таблица 4

Сравнение содержаний меди в сплошных (С/БП) и линейно-точечных бороздовых пробах (ЛТ/БП)

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
1	1,86	1,54	1,72	1,46	1,90	1,62	0,72	0,94	0,46	0,65
2	0,55	0,78	0,73	0,99	0,65	0,57	0,83	0,71	0,77	0,92
3	0,34	0,28	0,25	0,23	0,43	0,34	0,57	0,36	0,84	0,73
4	2,17	3,46	2,84	3,64	2,34	3,28	0,38	0,55	1,52	1,24
5	1,56	1,59	1,53	1,50	1,61	1,68	1,44	1,32	1,13	1,95
6	0,71	1,18	0,96	0,72	0,97	1,63	2,26	2,38	2,96	1,07

Продолжение табл. 4

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
7	1,60	1,76	1,04	1,27	1,65	2,24	2,49	2,21	2,51	2,68
8	2,54	2,56	2,71	2,96	2,34	2,15	2,26	1,17	1,64	1,23
9	0,70	1,44	0,98	1,71	1,38	1,16	1,38	1,19	1,35	1,17
10	0,80	1,05	1,02	0,88	1,46	1,22	0,89	0,57	0,53	0,48
11	1,01	0,38	0,75	0,31	0,75	0,45	0,95	0,63	0,67	0,94
12	0,92	0,93	0,90	0,92	0,89	0,93	1,41	1,09	1,74	1,35
13	1,48	1,87	1,24	1,58	1,77	2,16	0,54	0,39	0,49	0,91
14	1,57	1,41	1,12	0,98	1,36	1,75	1,68	0,97	0,38	0,54
15	2,23	2,42	2,55	2,92	2,38	2,03	2,17	2,51	2,73	2,49
16	2,51	2,95	2,17	2,64	2,86	3,34	2,36	2,21	2,46	2,27
17	1,06	0,69	0,93	0,66	0,84	0,72	1,72	1,19	1,25	0,88
18	0,65	0,91	0,84	0,69	0,77	1,13	1,85	1,70	1,43	1,82
19	1,44	1,40	1,37	1,43	1,39	1,37	0,47	0,34	0,94	0,96
20	0,79	0,75	0,72	0,69	0,80	0,81	1,13	0,82	0,59	0,41
21	0,80	0,84	0,75	0,74	0,72	0,82	0,96	1,54	1,27	0,97
22	1,33	1,41	1,23	1,31	1,46	1,52	0,82	1,48	0,84	1,19
23	2,02	1,91	1,96	1,82	1,95	2,01	2,41	2,65	2,18	2,61
24	2,44	2,32	2,65	2,56	2,19	2,08	1,09	1,62	1,42	1,70
25	2,42	2,93	2,19	1,20	3,47	4,65	1,17	1,84	0,67	0,54
26	1,24	1,03	1,11	0,90	0,95	1,16	1,63	1,95	1,38	1,09
27	0,93	0,97	1,05	1,10	1,02	0,85	2,73	3,61	2,45	3,41
28	0,65	0,80	0,78	0,67	0,73	0,94	0,49	0,84	0,54	0,39
29	0,58	0,57	0,51	0,49	0,64	0,67	0,58	0,89	0,38	0,51

Окончание табл. 4

Номера проб	Варианты									
	11		12		13		14		15	
	содержание меди, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
30	0,77	0,69	0,62	0,60	0,61	0,78	1,62	1,46	1,26	1,60

Таблица 5

Сопоставление содержаний серы в сплошных (С/БП) и линейно-точечных бороздовых пробах (ЛТ/БП)

Номера анализов	Варианты									
	16		17		18		19		20	
	содержание серы, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
1	9,53	9,09	9,37	9,80	8,94	8,38	16,51	15,64	11,52	12,86
2	3,43	3,98	3,54	3,96	3,47	4,00	12,22	10,85	9,47	11,19
3	2,56	2,13	2,01	1,64	2,83	2,62	9,37	10,26	11,65	11,44
4	6,45	5,69	6,20	6,34	5,18	5,58	9,04	9,07	9,13	9,70
5	6,49	6,03	6,35	6,84	6,45	6,14	19,95	16,48	17,94	19,32
6	3,35	2,90	3,04	2,87	2,41	2,66	12,63	12,21	13,81	13,35
7	7,99	7,49	7,66	8,34	7,29	6,64	7,28	10,09	10,19	12,06
8	11,21	10,36	11,38	12,22	9,85	8,50	7,41	6,25	6,33	7,62
9	24,52	15,09	15,96	10,40	16,36	19,78	5,17	5,19	5,74	5,48
10	13,91	15,37	14,47	16,06	16,11	14,67	13,34	13,06	12,97	12,41
11	5,86	9,47	6,35	8,30	7,49	10,64	12,72	13,41	11,65	11,18
12	4,75	4,19	4,39	4,78	3,93	3,46	12,93	12,80	11,52	11,29

Окончание табл. 5

Номера анализов	Варианты									
	16		17		18		19		20	
	содержание серы, %									
	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП	С/БП	ЛТ/БП
13	6,47	4,72	5,74	4,09	6,17	5,35	9,45	9,07	7,24	7,85
14	6,35	6,40	5,43	4,65	6,72	6,87	16,98	18,01	19,37	20,86
15	13,00	11,56	11,97	12,52	12,19	10,79	12,06	10,03	13,45	11,68
16	12,88	10,70	13,04	11,26	12,19	10,00	13,08	11,62	11,71	12,24
17	16,59	18,70	19,13	21,00	18,23	16,40	6,59	6,03	5,32	4,57
18	9,64	9,40	7,52	7,38	11,45	11,22	6,74	4,26	5,48	4,93
19	12,19	12,78	11,15	11,62	13,64	13,92	4,51	4,92	4,95	4,86
20	12,07	13,54	11,86	11,51	17,01	15,56	5,65	9,11	6,59	8,04
21	13,83	13,40	12,19	12,94	13,57	13,87	13,12	15,78	14,73	15,65
22	5,51	5,81	5,47	5,94	5,39	5,68	14,26	15,95	15,68	12,04
23	7,04	6,62	6,83	7,16	6,51	6,08	11,13	10,67	11,85	12,37
24	7,32	10,60	9,31	12,40	11,32	8,80	7,71	7,92	7,78	8,45
25	12,16	12,02	13,08	13,93	10,56	10,12	3,54	3,06	3,41	2,73
26	19,59	16,64	17,19	19,43	15,13	13,86	6,95	6,33	6,54	6,49
27	9,80	9,90	9,81	9,87	9,92	9,92	6,59	5,98	6,07	6,41
28	9,83	10,11	11,46	11,94	8,39	8,28	2,64	2,35	2,10	1,49
29	12,62	10,18	9,14	11,33	10,04	9,02	3,31	3,79	3,42	3,61
30	16,35	15,86	11,45	12,08	18,93	19,64	9,36	9,92	9,75	9,09

позднемагматического месторождения хромитов, определенные химическим (ХА) и рентген–радиометрическим (РРА) способами.

Таблица 3 содержит данные по концентрациям никеля в пробах, отобранных в сопряженных скважинах механического колонкового и ударно-канатного бурения на гипергенном месторождении никеля. В табл. 4, 5 показаны содержания меди и серы в сопряженных сплошных и линейно-точечных бороздовых пробах, полученные при изучении медных руд гидротермального апоскарнового месторождения.

В лабораторной работе необходимо метрологически обоснованное заключение о возможности замены химического анализа более дешевым и оперативным рентген–радиометрическим, скважин механического колонкового бурения скважинами ударно-канатного или шарошечного бурения, сплошных бороздовых проб – линейно-точечными.

Методические указания по выполнению работы.

Результаты определения свойств по сопряженным пробам обрабатываются методом корреляционного анализа с последующей графической интерпретацией в виде корреляционных диаграмм (полей) и метрологических карт.

Прежде всего рассчитываются статистические характеристики: $\overline{V}, \overline{U}$ - средние значения; S_v и S_u – средние квадратические отклонения; r_{vu} – коэффициент корреляции; уравнение регрессии – $U_i=a+bV_i$. Затем рассчитываются фактические значения $t_н$ – критерия Стьюдента и $F_н$ – критерия Фишера. При расчетах используются следующие формулы:

$$\overline{V} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n}, \qquad (1.10) \qquad \overline{U} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{n}, \qquad (1.11)$$

$$S_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (V_1 - \overline{V})^2}{n}}, \qquad (1.12) \qquad S_U = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (U_1 - \overline{U})^2}{n}}, \qquad (1.13)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} (V_i - \overline{V})(U_i - \overline{U})}{n \cdot S_v \cdot S_u}, \qquad (1.14) \qquad b = r\frac{S_u}{S_v}, \qquad (1.15)$$

$$a = \overline{V} - b\overline{U}\,, \qquad (1.16)$$

$$F_{\text{н}} = \frac{S_v^2}{S_u^2}, \qquad (1.17)$$

$$t_{\text{н}} = \frac{|\bar{V} - \bar{U}|}{\sqrt{\frac{S_v^2 + S_u^2 - 2 \cdot r \cdot S_v \cdot S_u}{n}}}.$$

Найденные значения $t_{\text{н}}$ и $F_{\text{н}}$ сравниваются с табличными [3] при 5 % уровне значимости. По критерию F делается вывод по равноточности U_i и V_i, а по критерию t – о наличии или отсутствии классической систематической погрешности в рядовых пробах по сравнению с контрольными.

Метрологические характеристики рассчитываются по формулам

$$S_{\text{а}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(V_i - U_i)}{2n}}, \qquad \delta_{\text{о}} = \frac{2S_{\text{а}}}{\bar{V} + \bar{U}} \cdot 100,$$

$$\acute{S}_{\text{а}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(V_i - U_i)}{n}}, \qquad \acute{\delta}_{\text{о}} = \frac{2\acute{S}_{\text{а}}}{\bar{V} - \bar{U}} \cdot 100\,,$$

$$\Delta_{\text{С}} = \bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(V_i - U_i)}{n} = \bar{V} - \bar{U}\,,$$

где $S_{\text{а}}$, $\acute{S}_{\text{а}}$ – абсолютные средние случайные погрешности сопряженных измерений, характеризующие воспроизводимость или точность измерений; $\delta_{\text{о}}, \acute{\delta}_{\text{о}}$ – относительные средние случайные погрешности сопряженных измерений; $\Delta_{\text{С}}$ или $\bar{d}$ – абсолютная систематическая погрешность. При этом формулы (1.19), (1.20) применяются для равноточных, а формулы (1.21), (1.22) – для неравноточных измерений.

Категорию точности можно определить по показателю точности (ПТ), аналогичному категории точности аналитических определений [3] по формулам:

$$ПТ = \delta_o / \delta_{a/x}, \quad (1.24)$$

$$ПТ = \delta'_o / \delta_{a/x}, \quad (1.25)$$

где $\delta_{a/x}$ – допустимая относительная средняя случайная погрешность химического анализа на определение компонентов [4]. Выделяется 4 категории точности: 1) высокая точность ($0 < ПТ \leq 2$); 2) средняя точность ($2 < ПТ \leq 4$); 3) удовлетворительная точность ($4 < ПТ \leq 6$); 4) неудовлетворительная точность ($ПТ > 6$).

Предъявляемые инструкциями ГКЗ требования к точности определения содержаний компонентов с учетом классов содержаний представлены в табл. 6.

Таблица 6

Предельные значения относительных погрешностей химических анализов

Компоненты	Классы содержаний (массовая доля), %	Относительная погрешность $\delta_{a/x}$, %
Триоксид хрома	40-60	1,2
Никель	0,2-0,5	10,0
	0,5-1,0	7,0
	1,0-2,0	5,0
Медь	0,5-1,0	8,5
	1,0-3,0	5,5
	3,0-5,0	4,5
Сера	1-2	9,0
	2-10	6,0
	10-20	2,0

Графически отображение расчетов сопряженных измерений и их интерпретация производится наиболее наглядно с помощью метрологических карт обработки сопряженных измерений [2]. **Метрологическая карта** – это поле корреляции с нанесенными на него метрологическими элементами: линией равенства ($U_i = V_i$), линией регрессии ($U_i = a + bV_i$), контуром эллипса рассеяния и линией допустимых погрешностей. При построении области допустимых погрешностей используются в нашем случае абсолютные средние случайные по-

грешности S_a и S'_a, значения которых откладываются по вертикали вверх и вниз от точек линии равенства. Анализ метрологической карты позволяет: 1) выявить и оценить промахи, постоянную и знакопеременную систематическую погрешность, правильность (верность) контролируемого (вновь предлагаемого) метода по отношению к контрольному; 2) провести аудиторскую проверку точности и правильности расчета статистических характеристик корреляционного анализа. Главное предназначение метрологической карты – оценка значимости знакопеременной систематической погрешности, которая не может быть выявлена и оценена классическим корреляционным анализом. Решения о наличии знакопеременной систематической погрешности принимаются по соотношению линии регрессии и области допустимых значений, ограниченной линией допусков. Знакопеременная систематическая погрешность считается установленной, если линия регрессии $U = a+bV$ выходит за пределы допустимой области в диапазоне исследуемых значений свойства.

В настоящей лабораторной работе все статистические и метрологические характеристики, а также метрологическая карта, рассчитываются с использованием специальной компьютерной программы «Сопряженные измерения». При ее реализации на дисплей выводится: 1) таблица статистических характеристик; 2) таблица метрологических характеристик; 3) корни уравнения эллипса; 4) метрологическая карта сопряженных измерений. В качестве примера в табл. 7 – 9 приведены результаты математической обработки содержаний цинка в 20 сопряженных эталонных (сплошных бороздовых) и линейно-точечных (из 10 точек) пробах, отобранных из руд на медноцинковом колчеданном месторождении, а на рис. 2 – метрологическая карта.

Анализ таблиц 7 – 9 и метрологической карты позволяет сделать следующие выводы: поскольку фактически значение критерия $t_н$ – меньше табличного t, то классическая систематическая погрешность статистически незначимая; знакопеременная систематическая погрешность отсутствует, так как линия регрессии не выходит за пределы доверительной области на рис. 2. Следовательно, линейно-точечные пробы верно (правильно) отражают содержания относительно эталонных сплошных бороздовых проб. По показателю точности (ПТ) линейно-точечные пробы относятся к средней категории.

Таблица 7

Статистические характеристики в сопряженных бороздовых пробах

Виды проб	Статистические характеристики				Критерии различия			
	число проб, n	средние значения, $\overline{U}, \overline{V}$	средние квадратические отклонения, S_u, S_v	коэфф. корреляции, r_{uv}	стьюдента, $t_н$	$t_{табл}$, α=0,05	Фишера, $F_н$	$F_{табл}$, α =0,05
Сплошные бороздовые (U_i)	20	5,51	3,12	0,96	0,19	2,03	1,02	2,22
Линейно-точечные из 10 точек (V_i)	20	5,47	3,15					
Уравнение регрессии U_i=0,33+0,95V_i								

Таблица 8

Метрологические характеристики сопряженных проб

Виды проб	Средняя квадратич. случайная относительная погрешность разностей содержаний, $S_а$, %	Средняя квадратич. случайная относительная погрешность разностей содержаний, $\delta_о$, %	Допустимая средняя квадратич. случайная относительная погрешность хим. анализа, $\delta_{а/х}$, %	Показатель точности, ПТ	Классическая систестематическая абсолютная погрешность, $\overline{d}$	Заключение о систематической погрешности метода	
						классическая (по критерию $t_н$)	знакопеременная (по метрологической карте)
Сплошные и линейно-точечные (из 10 точек)	0,66	12,01	3,5	3,43	-0,42	Незначимая	Отсутствует

Таблица 9

Корни уравнений эллипса

Значения содержаний цинка (%) в линейно-точечных пробах, V_i	0,26	1,55	2,83	4,12	5,41	6,70	7,89	9,27	10,56	11,84
Значения нижних корней, E_1	-0,19	-0,14	0,90	2,02	3,20	4,45	5,76	7,15	8,63	10,26
Значения верхних корней, E_2	2,25	3,74	5,13	6,45	7,70	8,89	10,02	11,07	12,02	12,82

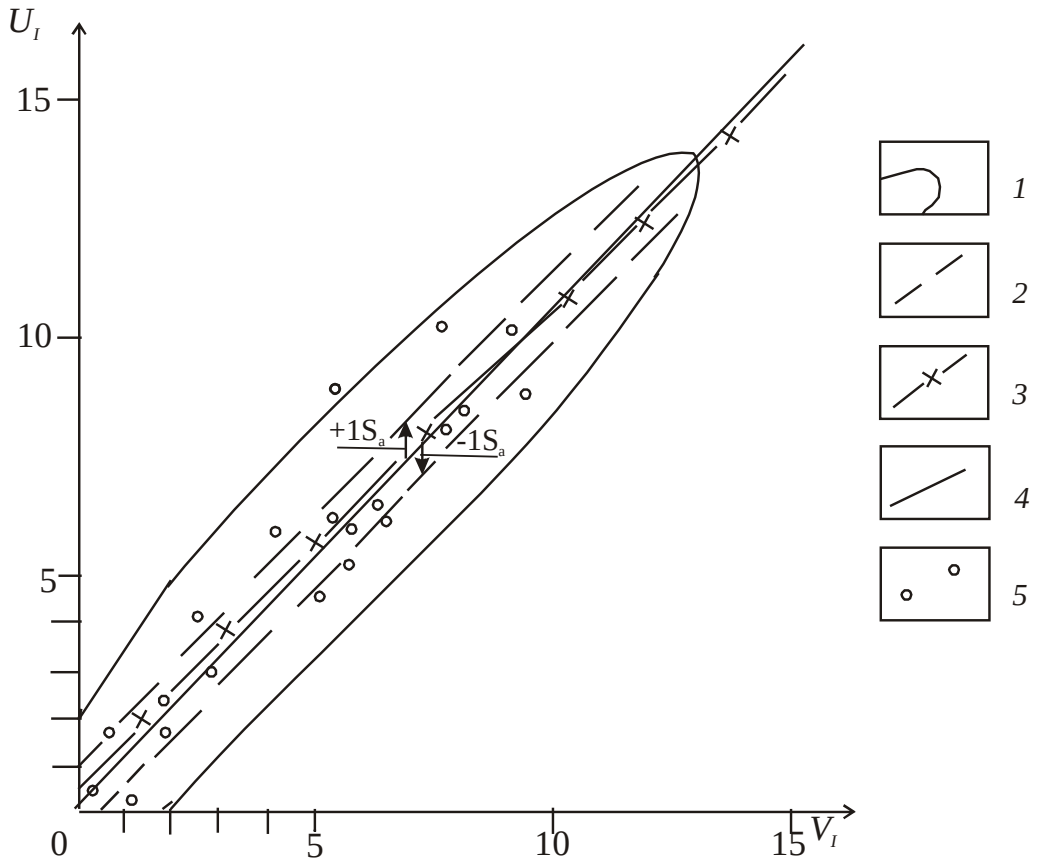


Рис. 2. Метрологическая карта сопряженных измерений содержаний цинка (%) в сплошных (U_I) и линейно-точечных (V_I) бороздовых пробах:
1 - контур эллипса; *2* - линии допуска; *3* - линия регрессии;
4 - линия равенства;*5* - точки сопряженных измерений (проб)

Таким образом, линейно-точечные бороздовые пробы являются метрологически достоверными и могут вполне заменять более трудоемкие по отбору сплошные бороздовые пробы.

Ход выполняемой работы: каждый студент получает конкретный вариант задания из табл. 2-5, после чего вводит данные в персональный компьютер и получает результаты расчетов. При составлении отчета по работе результаты компьютерных расчетов обобщаются в виде таблиц 7 – 9 и рис. 2.

Время выполнения лабораторной работы – 2 часа.

Список литературы:

1. *Каждан, А. Б.* Разведка месторождений полезных ископаемых / А. Б. Каждан. – М.: Недра, 1977. – 327 с.

2. *Панов, Ю. К.* Опробование твердых полезных ископаемых: учеб. пособие / Ю. К. Панов. – Екатеринбург: УГГГА, 1998. – 102 с.

3. *Поротов, Г. С.* Математические методы моделирования в геологии: учебник / Г. С. Поротов. – СПб.: 2006. – 223 с.

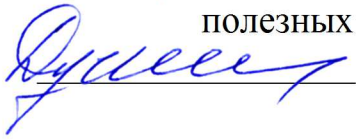
4. *Волков, В. Н.* Геологическая документация и опробование поисково-разведочных выработок: уч. пособие / В. Н. Волков. – СПб.; 2007. – 120 с.

5. *Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых*. – М.: ГКЗ, 1998. – 319 с.

6. *Сидорков, Е. А.* Поиски и разведка драгоценных и поделочных камней: уч. пособие / Е. А. Сидорков, П. И. Кушнарев. – М.: МГРИ, 1987. – 89 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
 В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.19 ТЕХНОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Для обучающихся специальности
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Макаров А.Б., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
геологии, поисков и разведки МПИ
наименование кафедры
Протокол № 1 от 10.09.2020 г
дата

Екатеринбург
2020

СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

№ раздела	Основное содержание
1	***Условия формирования и размещения техногенных ресурсов и месторождений*** Состояние проблемы. История исследования техногенных месторождений. Термины и понятия. Техногенез и литотехногенез. Техногенные процессы и формирование техногенных месторождений. Условия формирования и положение техногенных месторождений в геологических структурах
2	***Классификация техногенных месторождений и их главные типы*** Существующие классификации, их недостатки и достоинства. Генетическая классификация техногенных месторождений. Главные типы техногенных месторождений: черной металлургии, цветной металлургии, топливно-энергетической отрасли, химического производства, прочие техногенные месторождения.
3	***Особенности состава техногенного сырья и направления использования*** Особенности минерального и химического состава техногенного минерального сырья.
4	***Техногенные месторождения, сформированные предприятиями черной и цветной металлургии*** Рассматриваются техногенные месторождения чёрной металлургии (железорудной промышленности и ферросплавного производства), цветной металлургии (медной, алюминиевой и никелевой), а также месторождения благородных и редких металлов по генетическим группам и классам (отвалы, хвостохранилища) и примеры техногенных месторождений.
5	***Техногенные месторождения топливно-энергетической отрасли и предприятий химического производства*** Рассматриваются техногенные месторождения топливно-энергетической отрасли и предприятий химического производства по генетическим группам и классам. Приводятся примеры наиболее характерных месторождений.
6	***Особенности геологических исследований техногенных месторождений***. Особенности исследований минерального сырья и химического состава техногенного и минерального сырья. Стадии геологического изучения техногенных месторождений: ревизионно0оценочные и разведочные работы и их содержание.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Освоение лекционного курса
2.

Лекции по дисциплине "Техногенные месторождения полезных ископаемых" дают главный материал как по теории, так и практике исследований данных объектов. Изучение данной дисциплины обусловлено целым рядом причин: с одной стороны, истощение минерально-сырьевых ресурсов требует нахождения новых источников минерального сырья, с

другой стороны - накоплены большие объемы не используемых отходов различных отраслей промышленности. Как следствие, в настоящее время появляется множество данных по дисциплине, включая и зарубежные источники. Это требует после прослушивания лекции обращаться к соответствующей рекомендуемой литературе для более глубокой проработки соответствующей темы, детального рассмотрения основных терминов, проблемных вопросов и подходов к их решению, а также изучение дополнительного материала по теме для последующего выполнения практических занятий.

После прослушивания лекции необходимо:

- внимательно просмотреть конспект лекции и (используя поля) сделать необходимые пояснения к сокращениям, аббревиатурам, терминам и т.п.;
- используя рекомендованную литературу уяснить проблемные вопросы и подходы к их решению;
- в письменном виде сформулировать вопросы, которые следует задать преподавателю для окончательного усвоения темы лекции;
- следует взять за правило – выполнять работу с конспектом лекций в тот же день, когда лекция прослушана и в памяти еще осталась часть ее содержания.

2. Подготовка, выполнение и оформление практических занятий

Практические занятия расширяют область знаний в изучаемой дисциплине и показывают применение теоретической части в практике исследований, позволяют самостоятельно оперировать знаниями в решении практических задач.

Наиболее важным в этом плане является изучение и закрепление знаний о вещественном составе техногенного сырья по методическим указаниям, имеющемся на кафедре ГПР МПИ. Последующим этапом закрепления теоретического материала является изучение конкретных техногенных месторождений в рамках существующих геолого-промышленных типов и генетической классификации техногенных месторождений.

Методические аспекты изучения техногенных месторождений закрепляются в рамках практических занятий с учетом существующих для техногенных месторождений нормативных документов. Особое внимание следует обратить на оценку состояния природной окружающей среды и расчет коэффициента суммарного химического загрязнения.

Чтобы исследовательские практические занятия приносили максимальную пользу, необходимо помнить, что упражнение в решении

практических задач, подготовка к занятиям проводятся по прочитанному на лекциях материалу и связаны, как правило, с детальным разбором отдельных вопросов лекционного курса. Они вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

3. Рекомендации по работе с литературой

Изучение литературы является основным видом самостоятельной работы, которая сопровождает весь процесс изучения любой дисциплины. Организацию этой работы следует строить используя следующие рекомендации.

1. Составить перечень книг, с которыми следует познакомиться, ориентируясь на источники, содержащие необходимый материал.
2. Систематизировать перечень источников (для экзаменов, для написания научных работ).
3. Зафиксировать все выходные данные по каждой книге.
4. Установить для себя, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просмотреть. Целесообразно проконсультироваться с преподавателем или иным специалистом.
5. Все прочитанные книги, учебники и статьи рекомендуется конспектировать с указанием основных идей автора, наиболее ярких цитат (с указанием страниц источника).
6. На собственных книгах допускается делать на полях краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные для Вас мысли и обязательно указываются страницы в тексте - это позволяет экономить время и быстро находить «избранные» места в разных книгах.

4. Подготовка к экзамену

На экзамене будут оценены полученные процессе обучения знания. Примерный перечень рассматриваемых на экзамене вопросов приведен ниже.

1. Анализ существующих классификаций техногенных месторождений
2. Техногенез, литотехногенез и условия формирования техногенно-минерального сырья.
3. Вторичная зональность техногенных месторождений
4. Типы техногенного минерального сырья.
5. Области использования минерального сырья.
6. Характеристика техногенных месторождений железорудной промышленности.
7. Характеристика техногенных месторождений производства ферросплавов.
8. Характеристика техногенных месторождений медной подотрасли цветной металлургии.

9. Характеристика техногенных месторождений алюминиевой подотрасли цветной металлургии.
10. Характеристика техногенных месторождений никелевой подотрасли цветной металлургии.
11. Характеристика техногенных месторождений благородных металлов.
12. Характеристика техногенных месторождений топливно-энергетической отрасли
13. Характеристика техногенных месторождений химического производства
14. Экологические проблемы техногенных месторождений.
15. Стадийность исследования техногенных месторождений.

Подготовка к экзамену способствует закреплению, углублению и обобщению знаний, получаемых в процессе обучения, а также применению их к решению практических задач. В процессе подготовки к экзамену ликвидируются имеющиеся пробелы в знаниях, углубляются, систематизируются и упорядочиваются знания. На экзамене демонстрируются знания и навыки, приобретенные в процессе обучения по дисциплине «Техногенные месторождения полезных ископаемых».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ, РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ

а) Основная литература

Душин В.А., Макаров А.Б. Нетрадиционные типы месторождений полезных ископаемых.-Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2015. - 224 с.

Макаров А.Б. Главные типы техногенно-минеральных месторождений Урала. Научное издание.-Екатеринбург: УГГУ, 2006.-206 с.

Макаров А.Б. и др. Техногенно-минеральные месторождения Урала (особенности состава и методология исследований)/М., 1999, 41 с.

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Геология». Часть 5 – Техногенные образования/ А.Б.Макаров, В.В.Григорьев. Екатеринбург: УГГГА, 1997, 27 с.

Методическое руководство по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений /ГКЗ Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ. М., 1999, 51 с.

б) Дополнительная литература

Ермолов В.А., Мосейкин В.В. Научно-методические аспекты оценки и моделирования техногенных месторождений//Известия вузов. Геология и разведка, 1997. №1 С.94-100

Макаров А.Б. Техногенные месторождения минерального сырья//Соросовский образовательный журнал, 2000. №8. С.94-100.

Макаров А.Б. Особенности генетической классификации техногенно-минеральных месторождений//Новые идеи в научной классификации: Коллективная монография. Вып.5. Екатеринбург:

УрО РАН, 2010. С.305-313.

Макаров В.А. Геолого-технологические основы ревизии техногенного минерального сырья на золото. Красноярск, 2001. 132 с.

Мормиль С.И., Сальников В.Л., Амосов А.А. и др. Техногенные месторождения Среднего Урала и оценка их воздействия на окружающую среду. Екатеринбург, 2002. 206 с.

Семячков А.И., Балашенко В.В., Косолапов О.В. Эколого-экономическая оценка техногенно-минеральных образований/ Под ред. академика РАН А.И.Татаркина. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2009. 196 с.

Техногенные ресурсы минерального строительного сырья/ Е.С.Туманова, А.Н.Цибизов, Н.Т.Блоха и др. М.: Недра, 1991, 208 с.

Трубецкой К.Н., Уманец В.Н., Никитин М.Б. Классификация техногенных месторождений: основные категории и понятия//Горный журнал, 1989. № 12, с. 6-9.

Туманова Е.С., Туманов Р.Р. Минеральное сырья. Сырье техногенное//Справочник. М: ЗАО «Геоинформмарк», 1998, 44с.

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Буровзрывные работы» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Екатеринбург – 2019

Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО

Методической комиссией горно-технологического факультета

«_____» _____ 2019 г.

Председатель комиссии

_____ст.преп. Н. В. Колчина

В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Буровзрывные работы» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Издание УГГУ Екатеринбург, 2019

Рецензенты: Лель Ю. И., зав. кафедрой РМОС УГГУ, профессор,
д-р техн. наук.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Буровзрывные работы» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология» / В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2019. – 65 с.

Материал пособия охватывает все раздела дисциплины.

Пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов, выполнению контрольных и практических заданий всех специализаций специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по курсу «Буровзрывные работы».

© Уральский государственный
горный университет, 2019
©Сынбулатов В.В., Прищепа Д. В.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 5
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 6
2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ 7
3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ 19
Практико-ориентированное задание №1 19
Практико-ориентированное задание №2 23
Практико-ориентированное задание №3 26
Практико-ориентированное задание №4 30
Практико-ориентированное задание №5 32

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объем учебной нагрузки студента составляет 144 часов или 4 зачетных единиц.

По курсу «Буровзрывные работы» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях – *освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую учебную программу дисциплины; подготовка, оформление, защита практико-ориентированных заданий; подготовка и защита контрольной работы*. Дополнительная самостоятельная работа связана с углубленным изучением отдельных разделов курса на основе научно-исследовательской работы студента (НИРС).

Данное учебно-методическое пособие предназначено для организации самостоятельной работы студентов – освоения отдельных тем дисциплины.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

В следующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Технология и безопасность взрывных работ». Она содержит названия 30 основных тем с указанием основных вопросов и разделов каждой темы. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Причем в экзаменационный билет может включаться один из вопросов по такой теме. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебнике по курсу [1].

При освоении указанных ниже тем *рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента:*

1. Ознакомьтесь со структурой темы.

2. По учебнику [1] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.

3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.

4. Ответьте на контрольные вопросы. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.

5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

2. СОДЕРЖАНИЕ КУРСА, КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Краткая история развития взрывных работ.

Значение взрывных работ в горнодобывающей промышленности и в строительстве. История развития взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные вехи развития взрывных работ.
2. Опишите первую технологию ведения взрывных работ в горном деле.
3. Назовите первое нитроглицериновое взрывчатое вещество.
4. Опишите историю развития средств инициирования.

Тема 2. Современные виды взрывных работ.

Современные виды взрывных работ в промышленности. Основные виды взрывных работ. Специальные виды взрывных работ.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Назовите современные виды взрывных работ.
2. Назовите современные виды специальных взрывных работ.

Тема 2. Способы бурения шпуров и скважин.

Классификация способов бурения шпуров и скважин. Механическое бурение и его виды. Термическое бурение и его виды. Специальные виды бурения шпуров и скважин.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию способов бурения шпуров и скважин.
2. Опишите суть механических видов бурения шпуров и скважин.
3. Опишите суть термических видов бурения шпуров и скважин.
4. Опишите суть специальных видов бурения шпуров и скважин.
5. Укажите рациональные области применения механических, термических и специальных видов бурения шпуров и скважин.

Тема 3. Ударно-поворотный способ бурения.

Механизм разрушения горных пород при ударно-поворотном бурении. Механизмы скола и выкола. Зависимость скорости ударно-поворотного бурения от осевого усилия, частоты вращения. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональную область применения ударно-поворотного бурения.

2. Охарактеризуйте механизмы скола и выкола.
3. Опишите механизм разрушения горных пород при ударном внедрении инструмента.
4. Укажите бурильные машины ударно-поворотного бурения.
5. Отметьте факторы, которые повышают энергоемкость ударного бурения по сравнению с другими способами.
6. Укажите последовательность процессов, происходящих при разрушении породы при ударном бурении.

Тема 4. Вращательный способ бурения.

Технические средства вращательного бурения. Работа ядра уплотнения при резании пород. Зависимость объема разрушения от толщины стружки. Режимы самозаточки и затупления режущей грани сверла. Оборудование.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите преимущества вращательного бурения.
2. Укажите бурильные машины вращательного бурения.
3. Охарактеризуйте основные механизмы износа и затупления бурового инструмента при вращательном бурении.
4. Опишите механизм разрушения горных пород при вращательном бурении.

Тема 5. Ударно-вращательный и вращательно-ударный способ бурения.

Технические средства бурения. Совместное действие механизмов удара и резания. Зависимость энергоемкости бурения от усилий полдачи на инструмент.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Укажите область применения вращательно-ударного бурения.
2. Укажите область применения ударно-вращательного бурения.
3. Назовите преимущества вращательно-ударного бурения.
4. Охарактеризуйте зависимость энергоемкости бурения от усилия подачи.
5. Назовите машины и механизмы, реализующие ударно-вращательный способ бурения.
6. Назовите машины и механизмы, реализующие вращательно-ударный способ бурения.

Тема 6. Шарошечное бурение.

Технические средства бурения. Механизм шарошечного бурения. Режимы бурения в зависимости от осевого усилия. Контактная прочность пород как критерий буримости.

Литература: [1, 5]

Контрольные вопросы:

1. Назовите особенности шарошечного бурения.
2. Опишите зависимость скорости бурения от величины осевого усилия.
3. Назовите машины и механизмы, реализующие шарошечное бурение.
4. Укажите область применения шарошечного бурения.

Тема 7. Основы теории взрыва и взрывчатых веществ.

Виды взрыва: механический, тепловой, электрический, ядерный, химический. Необходимые условия химического взрыва. Взрывчатое вещество. Классификация взрывчатых систем по физическому состоянию.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию взрыв.
2. Приведите пример механического взрыва.
3. Приведите пример Теплового взрыва.
4. Приведите примеры тепловых взрывов.
5. Охарактеризуйте химический взрыв.
6. Назовите необходимые условия химического взрыва.

Тема 8. Свойства взрывчатых веществ.

Классификация свойств взрывчатых веществ. Технологические свойства взрывчатых веществ. Специальные свойства взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Приведите классификацию свойств взрывчатых веществ.
2. Назовите основные технологические свойства взрывчатых веществ.
3. Что такое кислородный баланс.
4. Назовите виды кислородного баланса.
5. Какие газы выделяются при положительном кислородном балансе.
6. При каком кислородном балансе образуется окись углерода (CO)?

Тема 9. Начальный импульс и чувствительность взрывчатых веществ.

Начальный импульс. Виды начального импульса. Инициирование. Чувствительность взрывчатых веществ. Способы изменения чувствительности.

Литература: [1]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию «Начальный импульс».
2. Охарактеризуйте тепловой начальный импульс.
3. Какой вид начального импульса является основным для горного дела?
4. Перечислите пробы на чувствительность.
5. Что такое сенсибилизатор?
6. Приведите пример веществ вводимых в состав взрывчатых веществ для флегматизации.

Тема 10. Формы химического превращения взрывчатых веществ.

Основные формы химического превращения взрывчатых веществ. Режимы химического превращения: термический распад, горение, конвективное горение, детонация

Литература: [1, 2, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные формы химического превращения.
2. Дайте характеристику горению как форме химического превращения.
3. Дайте характеристику детонации как форме химического превращения.

Тема 11. Основные положения теории детонации.

Механизм детонации. Графическая интерпретация процесса детонации – адиабата Гюгонио. Количественная оценка характеристик процесса детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите особенности детонационной волны.
2. Дайте определение понятию «Детонация».
3. Приведите основные детонационные характеристики взрывчатых веществ.

Тема 12. Экспериментальные методы определения скорости детонации.

Классификация методов определения скорости детонации взрывчатых веществ. Метод Дотриша. Осциллографический метод. Метод скоростной фотосъемки. Реостатный метод.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте метод Дотриша, для определения скорости детонации взрывчатых веществ.
2. Назовите отличительные особенности осциллографического метода для определения скорости детонации взрывчатых веществ.

3. Опишите процедуру измерения скорости детонации используя реостатный метод.

Тема 13. Факторы, влияющие на скорость и устойчивость детонации.

Группы факторов влияющие на скорость и устойчивости детонации. Влияние внутреннего состава и строения на скорость и устойчивость детонации. Влияние условий взрывания на скорость детонации.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Как влияет дисперсность взрывчатого вещества на скорость и устойчивость детонации?
2. Как влияет плотность взрывчатого веществ на скорость детонации?
3. Дайте определение понятию «критический диаметр детонации».
4. Как влияет на скорость и устойчивость детонации наличие плотной оболочки на заряде взрывчатого вещества.
5. Влияние величины начального импульса на устойчивость детонации.

Тема 14. Работа взрыва.

Работа взрыва: баланс энергии при взрыве. Потери при переходе потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва. Полезная работа взрыва. Бризантность и фугасность. Пробы на бризантность и фугасность.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите переход потенциальной энергии взрывчатого вещества в механическую работу взрыва.
2. Чем обусловлены химические потери при взрыве?
3. Чем обусловлены тепловые потери при взрыве?
4. Охарактеризуйте бесполезные формы работы взрыва.
5. Что такое бризантность взрывчатых веществ.
6. Назовите формы проявления фугасной работы взрыва.

Тема 15. Основные положения теории предохранительных взрывчатых веществ.

Необходимость применения предохранительных взрывчатых веществ. Теории предохранительных взрывчатых веществ. Методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Литература: [1, 2]

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение понятию пламегаситель.
2. Дайте определение понятию ингибитор.
3. Перечислите основные гипотезы воспламенения горючих шахтных сред.
4. Перечислите возможные пути предотвращения воспламенения горючих шахтных сред.
5. Охарактеризуйте методы испытаний предохранительных взрывчатых веществ.

Тема 16. Заряд взрывчатого вещества.

Заряды взрывчатых веществ. Классификация. Воронка взрыва и ее элементы. Показатель действия взрыва.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. По каким признакам классифицируются заряды взрывчатых веществ.
2. Перечислите элементы воронки взрыва.
3. Что такое показатель действия взрыва.
4. Как классифицируются заряды взрывчатых веществ по показателю действия взрыва.

Тема 17. Действие взрыва.

Действие сосредоточенного заряда в твердой однородной безграничной среде и при наличии обнаженной поверхности. Стадии разрушения: образование газовой полости, зоны дробления, зона радиальных и кольцевых трещин, откольные явления. Соотношение бризантного и фугасного действия взрыва в зависимости от акустической жесткости разрушаемых пород.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Отразите последовательность развития взрыва в горных породах.
2. Отметьте области действия взрыва, образующие зону регулируемого дробления.
3. Какие трещины образуются в горной породе при падении давления и обратной деформации пород в сторону зарядной полости?
4. Какие трещины образуются при отражении волны сжатия от свободной поверхности горной породы?

Тема 18. Классификации промышленных взрывчатых веществ.

Классификация ВВ: по характеру воздействия на окружающую среду, по чувствительности к простым формам начального импульса, физическому состоянию. Классификация по химическому составу – индивидуальные ВВ и взрывчатые смеси. Классы ВВ по условиям применения.

Литература: [1, 2, 4, 6]

Контрольные вопросы:

1. К какой группе относятся взрывчатые вещества, имеющие скорость детонации 4000 м/с?
2. Какие классы промышленных ВВ выделяют по химическому составу?
3. К какому классу промышленных ВВ по химическому составу относится тротил, детонит?
4. Какие ВВ можно использовать только при взрывных работах на поверхности, в шахтах опасных по газу и пыли? Укажите номер класса и цвет оболочки.
5. Какой цвет имеют патроны предохранительных ВВ?
6. По какому характерному признаку выделяют первичные и вторичные ВВ?

Тема 19. Непредохранительные взрывчатые вещества I класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Нитросоединения: свойства, ассортимент, область применения. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства гранулотола.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ.
3. Бестротиловые взрывчатые вещества: особенности, свойства.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ.

Тема 20. Непредохранительные взрывчатые вещества II класса по условиям применения.

Предъявляемые требования. Аммиачно-селитренные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Эмульсионные взрывчатые вещества: свойства, ассортимент, область применения. Порошкообразные ВВ – аммониты и аммоналы. Свойства и область применения.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства граммонита 79/21.
2. Особенности аммиачно-селитренных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.
3. Назовите отличительные особенности патронированных аммонитов.
4. Назовите отличительные особенности эмульсионных взрывчатых веществ, применяемых в подземных условиях.

Тема 21. Предохранительные взрывчатые вещества III – VII классов по условиям применения.

Требования к энергетическим и детонационным характеристикам предохранительных ВВ. Требования к кислородному балансу. Требования к составу и строению зарядов.

Литература: [1, 2, 7]

Контрольные вопросы:

1. Перечислите названию взрывчатых веществ III класса по условиям применения.
2. Какие добавки вводят в состав предохранительных взрывчатых веществ?
3. Укажите требования, предъявляемые к предохранительным ВВ.

Тема 22. Методы производства взрывных работ.

Классификация методов производства взрывных работ. Метод шпуровых зарядов. Метод скважинных зарядов. Метод камерных зарядов. Метод наружных зарядов. Область применения, достоинства и недостатки методов.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите области применения метода шпуровых зарядов в подземных условиях.
2. Укажите область применения метода шпуровых зарядов при открытой разработке месторождений.
3. Укажите область применения метода скважинных зарядов.
4. Укажите область применения метода наружных зарядов.

Тема 23. Метод шпуровых зарядов при проведении подземных горных выработок.

Состав проходческого цикла. Коэффициент использования шпуров (КИШ). Коэффициент излишка сечения (КИС). Врубовые, отбойные и оконтуривающие шпуры. Очередность взрывания. Конструкции шпуровых зарядов. Размер и качество забойки. Прямое и обратное инициирование зарядов.

Назначение и типы врубов. Конструкции наклонных врубов; их достоинства и недостатки. Конструкции прямых врубов; их достоинства и недостатки. Комбинированные врубы. Принципы расчета параметров буровзрывных работ.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите типы шпуров при проходке выработки.
2. Укажите очередность взрывания шпуров в типовой технологии проходки выработок.
3. Укажите условия, соответствующие обратному инициированию заряда.
4. Отметьте достоинства прямого инициирования заряда ВВ по сравнению с обратным.
5. Отметьте достоинства обратного инициирования заряда ВВ по сравнению с прямым.

Тема 24. Метод шпуровых зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Технология шпуровой отбойки при разработке рудных месторождений. Расчет параметров БВР. Технология шпуровой отбойки угля. Правила безопасности при использовании метода шпуровой отбойки.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Опишите существо метода шпуровых зарядов при добыче полезных ископаемых подземным спопобом.
2. Укажите классы ВВ допущенные к применению при шпуровой отбойке по углю.
3. Какой способ взрывания допущен к применению при шпуровой отбойке угля?
4. Какова допустимая величина уходки (м) при добыче угля методом шпуровых зарядов?
5. Какова величина предельного содержание метана в забое (в %), при котором разрешена отбойка угля методом шпуровых зарядов?

Тема 25. Метод скважинных зарядов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Отбойка вертикальными и горизонтальными слоями. Параллельное и веерное расположение скважин – преимущества и недостатки. Схемы отбойки руды в блоке. Расчет параметров скважинной отбойки. Бурение, заряжание и взрывание скважин. Правила безопасности при скважинной отбойке.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите преимущества параллельного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с веерным расположением скважин).
2. Укажите преимущества веерного расположения скважин при подземной отбойке руды (по сравнению с параллельным расположением скважин).
3. Укажите способы бурения скважин при отбойке руды в подземных условиях.
4. Какой тип ВВ обычно применяют при механизированном заряжании скважин?
5. Укажите показатели, входящие в формулу определения удельного расхода ВВ при скважинной отбойке руды в подземных условиях.

Тема 26. Метод скважинных зарядов при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Расположение скважин на уступе и их бурение. Принципы расчета параметров буровзрывных работ. Схемы взрывания скважинных зарядов при однорядном и многорядном взрывании скважин.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите рациональные способы бурения скважин при открытой разработке месторождений.
2. Удельный расход ВВ на карьерах определяется по эталонному $q_э$ с учетом поправочных коэффициентов. Укажите факторы, определяющие величину данных коэффициентов.
3. Укажите основные способы взрывании зарядов взрывчатых веществ, используемых на земной поверхности.
4. Перечислите основные взрывчатые вещества, используемые при ведении взрывных работ на земной поверхности.

Тема 27. Метод камерных зарядов.

Расположение выработок при использовании камерных зарядов. Камерные заряды рыхления и их расчет. Камерные заряды выброса и их расчет. Камерные заряды на сброс и их расчет.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях целесообразно использовать метод камерных зарядов при открытой разработке месторождений?
2. Назовите достоинства и недостатки метода камерных зарядов.

Тема 28. Взрывное разрушение негабарита.

Характеристики, область применения, достоинства и недостатки различных способов разделки негабарита: наружными, шпуровыми, кумулятивными зарядами, гидровзрывание.

Литература: [1, 3]

Контрольные вопросы:

1. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита накладными зарядами.
2. Укажите достоинства и недостатки способа разделки негабарита шпуровыми зарядами.
3. Укажите способы взрывного дробления негабарита при открытой разработке месторождений.

Тема 29. Техническая документация для производства взрывных работ.

Необходимая техническая документация для производства взрывных работ: типовой проект взрывных работ, проект массового взрыва, паспорт буровзрывных работ, схема взрывных работ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Что входит в состав типового проекта взрывных работ?
2. Опишите процедуру составления и утверждения паспорта буровзрывных работ.
3. Для каких работ составляется схема взрывных работ.
4. В каких случаях составляется проект массового взрыва?

Тема 30. Персонал для взрывных работ.

Требования к лицам, допущенным к ведению взрывных работ: руководитель взрывных работ, мастер-взрывник, заведующий складом ВМ, раздатчики ВМ и лаборанты складов ВМ.

Литература: [1, 4, 6, 8]

Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к руководителям взрывных работ?
2. Какие требования предъявляются к взрывникам?

3. В течение какого периода времени проходит стажировка взрывника?
4. Требования в заведующему склада взрывчатых материалов.

3. ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

Практико-ориентированное задание №1

Расчет кислородного баланса и составление рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Цель: овладение методикой расчета кислородного баланса взрывчатых веществ и принципами составления рецептур промышленных взрывчатых веществ.

Краткая теория

Определение кислородного баланса

Кислородным балансом называется отношение избытка или недостатка кислорода во взрывчатом веществе (ВВ) для полного окисления горючих элементов (водорода, углерода, металлов и т. п.), выраженное в грамм-атомах, к грамм-молекулярной массе ВВ. Кислородный баланс выражается в долях или процентах.

Под полным окислением понимается окисление водорода в воду, а углерода в углекислый газ. При этом выделяется также молекулярный азот и кислород. Если в составе ВВ находится металл, то образуется его высший окисел.

Реакции полного окисления:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 396 \text{ кДж/моль};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O \rightarrow H_2O + 283 \text{ кДж/моль при воде жидкой};$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O + 241 \text{ кДж/моль при воде парообразной};$$

$$2Al + 1.5O_2 \rightarrow Al_2O_3 + 1671 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, если ВВ имеет состав в виде $C_aH_bN_cO_d$, то кислородный баланс (%)

$$K_б = \frac{\left[d - \left(2a + \frac{b}{2}\right)\right] \cdot 16}{M_{BB}} 100\%, \quad (1.1)$$

где 16 – относительный атомная масса кислорода; M_{BB} – молекулярная масса ВВ.

При

$$d > 2a + \frac{b}{2} \quad (1.2)$$

имеет положительный кислородный баланс;

при

$$d = 2a + \frac{b}{2} \quad (1.3)$$

нулевой кислородный баланс;

при

$$d < 2a + \frac{b}{2} \quad (1.4)$$

отрицательный кислородный баланс.

Взрывчатые вещества с нулевым кислородным балансом выделяют максимальное количество энергии и минимальное количество ядовитых газов.

При взрыве ВВ с отрицательным кислородным балансом в зависимости от относительного количества кислорода образуются либо ядовитая окись углерода (угарный газ) с меньшим выделением тепла, чем при образовании углекислоты, т. е.

$$C + 0{,}5O_2 \rightarrow CO + 109 \text{ кДж/моль;}$$

либо чистый углерод в виде сажи, резко снижающий образование газов.

При положительном кислородном балансе уменьшается выделение энергии, так как образуется ядовитая окись азота с поглощением тепла по реакции

$$0{,}5N_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow NO - 90{,}5 \text{ кДж/моль.}$$

Пример 1. Определить кислородный баланс тротила $C_7H_5(NO_2)_3$, относительная молекулярная масса которого 227.

Для полного окисления необходимо $2a + b/2$ или $2 \cdot 7 + 5/2 = 16{,}5$ атомов кислорода.

В наличии имеется 6 атомов кислорода.

Следовательно,

$$K_6 = \frac{\left[6 - \left(2 \cdot 7 + \frac{5}{2}\right)\right] \cdot 16}{227} 100\% = -74\%.$$

Пример 2. Определить кислородный баланс граммонита 30/70. Граммонит 30/70 состоит из 30% аммиачной селитры NH_4NO_3 и 70% тротила.

Кислородный баланс аммиачной селитры АС, определенный вышеуказанным способом, равен +20%.

Кислородный баланс граммонита 30/70:

$$0{,}3 \cdot 20 + 0{,}7 \cdot -74 = -45{,}5\%.$$

Составление рецептуры промышленных ВВ

При изготовлении промышленных ВВ обычно состав подбирается таким, чтобы был нулевой кислородный баланс. Для изготовления патронированных ВВ принимается небольшой положительный кислородный баланс для окисления материала оболочки патронов. Для подземных работ при взрыве 1 кг ВВ должно выделятся не более 40 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Если образуются окислы азота и сернистый газ, то для перевода их к условной окиси углерода принимается поправочный коэффициент соответственно 6,5 и 2,5.

Для открытых горных работ, особенно для ВВ, применяемых в обводненных условиях, требования к кислородному балансу ВВ не такие жесткие.

Пример 1. Составить рецептуру игданита с нулевым кислородным балансом па основе аммиачной селитры и дизельного топлива (ДТ) с кислородным балансом – 320%.

Количество весовых частей аммиачной селитры для окисления одной части дизельного топлива равно

$$n = \frac{[\text{КБ}_{DT}]}{[\text{КБ}_{\text{АС}}]},$$

где КБ_{DT} – кислородный баланс дизельного топлива;

$\text{КБ}_{\text{АС}}$ – кислородный баланс аммиачной селитры.

$$n = \frac{320}{20} = 16.$$

Содержание дизельного топлива во взрывчатом веществе:

$$x = \frac{100}{1+n},$$

$$x = \frac{100}{1+16} = 5{,}9\ \%.$$

Соответственно содержание аммиачной селитры

$$100 - x = 100 - 5{,}9 = 94{,}1\%.$$

Следовательно, формула игданита:

$$94{,}1\%\ \text{аммиачной селитры};\ 5{,}9\%\ \text{дизельного топлива}.$$

Пример 2. Определить рецептуру ВВ с пулевым кислородным балансом на основе аммиачной селитры (NH_4NO_3) и тротила ($C_7H_5(NO_2)_3$).

Кислородный баланс тротила –74%, относительная молекулярная масса 227. Кислородный баланс аммиачной селитры +20%, относительная молекулярная масса 80.

Состав смеси должен отвечать условию:

$$x\ (-74\%) + (100 - x)\ 20\% = 0,$$

где x – содержание в смеси тротила, %.

Решение данного уравнения показывает, что $x \approx 21\%$ и $(100 - x) = 79\%$. Такому составу смеси отвечают граммонит 79/21 и аммонит 6ЖВ.

Обозначим число молей аммиачной селитры через y, число молей тротила через z. Тогда из соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 227} = \frac{79}{21},$$

получим

$$y = \frac{79 \cdot z \cdot 227}{21 \cdot 80} = 10{,}7z.$$

Приняв z = 1, получим y = 10,7.

Следовательно, молекулярное уравнение граммонита имеет вид

$$z + 10{,}7y = C_7H_5(NO_2)_3 + 10{,}7NH_4NO_3.$$

Пример 3. Определить молекулярную формулу гранулита АС-8, имеющего следующий состав: 89% аммиачной селитры NH_4NO_3; 3% солярового масла $C_{16}H_{34}$ (относительная молекулярная масса 226); 8% алюминиевой пудры А1 (относительная молекулярная масса — 27).

Обозначив число молей солярового масла x, аммиачной селитры y, алюминиевой пудры z, можно написать химическую формулу в виде

$$yNH_4NO_3 + x\ C_{16}H_{34} + z\ Al.$$

В соответствии с весовым составом можно записать следующие соотношения

$$\frac{y \cdot 80}{x \cdot 226} = \frac{89}{3};\quad \frac{z \cdot 27}{x \cdot 226} = \frac{8}{3},$$

Отсюда y = 83,9x; z = 22,4x.

Примем x = 1, тогда молекулярное уравнение гранулита АС-8 имеет вид

$$83{,}9\ NH_4NO_3 + C_{16}H_{34} + 22{,}4\ Al.$$

Практико-ориентированное задание №2

Определение работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Цель: овладение методикой определения работоспособности взрывчатых веществ и работы взрыва.

Краткая теория

Расчет идеальной работоспособности ВВ

Из первого закона термодинамики следует, что изменение внутренней энергии газов равно количеству тепла, сообщенного окружающей среде и произведенной работе:

$$-dE = dQ + pdV. \quad (2.1)$$

Если техническим назначением взрыва ВВ является производство механической работы, то затраты на теплообмен продуктов взрыва (ПВ) с окружающей средой являются энергетическими потерями (dQ). Эти потери называются термодинамическими.

Идеальным с точки зрения отсутствия термодинамических потерь является адиабатический процесс расширения ПВ, т.е. $dQ = 0$. В этом случае изменение внутренней энергии ПВ равно количеству работы, совершаемой газами, т.е.

$$-dE = pdV = dA. \quad (2.2)$$

В реальных условиях взрывания наиболее близким к адиабатическому процессу является взрыв ПВ в воздушной среде, а, например, в горных породах термодинамические потери возрастают. Они существенно выше в пористых, хрупких, легко дробимых породах и минимальны в пластичных средах типа глин.

Мерой идеальной работоспособности ВВ может служить максимальная работа, которую совершают ПВ при своем адиабатическом расширении до давления окружающей среды (воздушной, водной, горной), т.е. когда остаточное давление ПВ уравновешивается противодавлением среды атмосферным, гидростатическим или горным давлением.

Идеальная работоспособность ВВ является одной из важнейших энергетических характеристик ВВ. Она дополняет теплоту взрыва, показывая теоретическую возможность реализации энергетического потенциала ВВ в механическую работу.

Идеальную работоспособность (полную идеальную работу взрыва) можно определить, как разность между значениями внутренней энергии ПВ в момент их образования и к концу расширения:

$$\text{А}_\text{и} = \int dE = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C_V} dT = \overline{C_V} * (T_1 - T_2) = \overline{C_V} T_1 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \quad (2.3)$$

где $\overline{C_V}$ - средняя теплоемкость продуктов взрыва в интервалах изменения температуры взрыва от T_1 до T_2;

T_1 - начальная температура взрыва;

T_2 - конечная температура ПВ.

Для газовых взрываемых систем, расширение ПВ которых происходит вдоль изоэнтропы вида pV' = const, пользуясь уравнением Клайперона $(PV'=RT)$, получаем

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}} \quad (2.4)$$

Окончательно получаем

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right); \quad (2.5)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{y-1}\right); \quad (2.6)$$

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right); \quad (2.7)$$

где $Q_{\text{взр}}$- потенциальная энергия ВВ (полная тепловая энергия), кДж/кг;

V_1 и V_2 - начальный и конечный удельные объемы ПВ, м^3/кг;

P_1 и P_2 - начальное и конечное давление ПВ, Па;

$y = Cp/Cv$ – показатель адиабаты.

Эти же формулы могут быть использованы для расчета A_u конденсированных ВВ.

При взрыве в воздухе (P_2 = 1,01·10^{5}Па) полная идеальная работа взрыва определяется

$$A_u = Q_{\text{взр}} \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right), \text{ кДж/кг.} \quad (2.8)$$

Расчет полного термодинамического КПД взрыва

Вышеприведенную формулу (2.8) можно представить в виде

$$A_u = Q_{\text{взр}} - q_T \quad (2.9)$$

Здесь величина $q_T = Q_{\text{взр}} - A_u = C_{v2} * T_2$ - термодинамические потери энергии ВВ в продуктах взрыва по достижении ими атмосферного давления. Это остаточное тепло идет на свечение ПВ после их расширения.

Отношение идеальной работоспособности к выделившейся тепловой энергии взрыва называется идеальным термодинамическим КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}}, \tag{2.10}$$

или с учетом формулы (2.7)

$$\eta = 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{y-1}{y}}, \tag{2.11}$$

Идеальный термодинамический КПД взрыва определяет часть тепловой энергии, которая может быть использована для совершения механической работы взрыва.

Величины идеальной работоспособности (A_u) и полного термодинамического КПД (П) существенно зависят от свойств продуктов взрыва, влияющих на показатель адиабаты, $y = Cp/Cv$. Если в ПВ содержится 2/3 молекул двухатомных газов и 1/3 — одноатомных (гексоген), то y = 1,25. Если в ПВ содержится 2/3 трехатомных газов и 1/3 двухатомных (нитроглицерин), то y = 1,2. Величина y снижается (соответственно снижается A_u и η), если в ПВ содержатся четырех и пятиатомные газы, а также твердые продукты (NaCl, $A1_2O_3$ и др.). В этих случаях y = 1,15, и 1,05.

Пример 1. Определить полную идеальную работоспособность и термодинамический КПД аммонита 6ЖВ при плотности заряжания 900 кг/м^3 и следующих параметрах взрывного превращения:

$V_{пв}$= 0,86 м^3/кг,

$Q_{взр}$ = 4300кДж/кг;

$T_{взр}$=2600° К.

Для расчета показатель адиабаты принимается y=1,25. Определение давления ПВ при взрыве аммонита 6ЖВ:

$$P = \frac{1{,}01*10^5*0{,}86*2600*900}{273*(1-0{,}001*0{,}86*900)} = 3{,}3 * 10^9,$$

Откуда полная идеальная работоспособность

$$A_u = Q_{\text{взр}}\left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{P_{\text{пв}}}\right)^{\frac{y-1}{y}}\right) = 4300 * \left(1 - \left(\frac{1{,}01 * 10^5}{3{,}3 * 10^9}\right)^{\frac{1{,}25-1}{1{,}25}}\right) = 3762{,}2\,\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Полный термодинамический КПД взрыва

$$\eta = \frac{A_u}{Q_{\text{взр}}} = \frac{3762{,}2}{4300} = 0{,}875$$

или $\eta = 87{,}5\%$

Практико-ориентированное задание №3

Расчет скважинного заряда при уступной отбойке на карьере

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ при использовании скважинной отбойки при открытой разработке месторождений полезных ископаемых.

Краткая теория

При разработке месторождений открытым способом (на карьерах и разрезах) используют в основном метод скважинных зарядов. В слабых породах используют вращательное (шнековое) бурение. В более прочных породах преобладает шарошечное бурение. В крепчайших породах с коэффициентом крепости f > 14-16 наиболее эффективно термическое бурение скважин. Скважины на уступе карьера располагают в один или несколько рядов по различным схемам в зависимости от свойств разрушаемых пород и требуемой конфигурации забоя. Расположение скважин на уступе характеризуют следующими показателями (рис. 1):

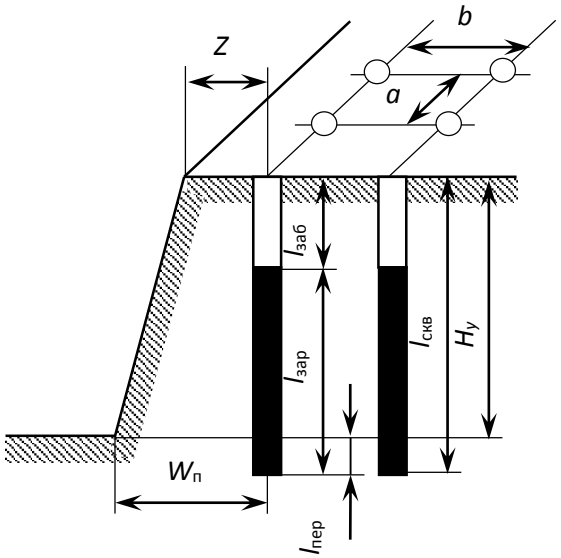


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – высота уступа, м;
$W_п$ – линия сопротивления по подошве (ЛСПП);
a – расстояние между скважинами, м;
b – расстояние между рядами скважин, м;
Z – безопасное расстояние от оси скважины до верхней бровки уступа, м;
$l_{зар}$ – длина заряда, м;
$l_{пер}$ – длина перебура, м;
$l_{заб}$ – длина забойки, м;
$l_{скв}$ – длина (глубина) скважины, м;
α - угол откоса уступа.

Характеристики и расположение скважин в первую очередь зависят от удельного расхода ВВ. Оптимальная величина удельного расхода ВВ определяется множеством факторов. При этом определяющую роль играют свойства разрушаемого массива, размеры его блоков (расстояние между трещинами), степень и качество заполнения трещин, их расположение относительно вектора смещения породы и т. п. Учесть все эти факторы в единой теоретической модели не представляется возможным. Поэтому во многом оптимальные параметры процесса определяются путем опытного взрывания и интерпретации его результатов на основе общефизических представлений.

Удельный расход «эталонного» ВВ ($q_э$) может быть определен по данным таблицы 1.

Таблица 3.1

Эталонный удельный расход ВВ, кг/м^3

Категория пород по степени трещиноватости	Коэффициент крепости горных пород f по шкале проф. М. М. Протодьяконова			
	2 - 6	6 - 10	10 – 14	более 14
I	0,2	0,25	0,3	0,35
II	0,3	0,35	0,4	0,45
III	0,45	0,5	0,6	0,67
IV	0,67	0,75	0,8	0,9
V	0,9	1,0	1,1	1,2

Реальный удельный расход ВВ рекомендуется определять путем введения серии поправочных коэффициентов, учитывающих тип ВВ, конструкцию заряда, наличие свободных поверхностей, заданную степень дробления и др:

$$q_р = q_э \cdot e \cdot k_d \cdot \frac{\rho_{гп}}{2{,}6}, \qquad (3.1)$$

где $q_э$ – эталонный расход Граммонита 79/21, кг/м^3;

e – коэффициент относительной работоспособности ВВ, определяемый по формуле

$$e = A_{эт} / A_{ВВ}, \qquad (3.2)$$

$A_{эт}$ = 3560 кДж/кг - идеальная работа взрыва эталонного ВВ (Граммонит 79/21);

$A_{ВВ}$ – идеальная работа взрыва принятого ВВ, кДж/кг;

k_d - поправочный коэффициент на кондиционный размер куска;

$\rho_{гп}$ – плотность горных пород, т/м^3.

Таблица 3.2

Значения поправочного коэффициента на кондиционный размер куска k_d

Допустимый размер крупных кусков, мм	250	500	750	1000	1250	1500
k_d	1,3	1,0	0,85	0,75	0,7	0,65

Диаметр заряда определяется диаметром рабочего органа буровой машины (долота, коронки или резца) $d_{скв}$ с учетом характеристик разрабатываемых пород:

$$d_{зар} = k_р d_{скв}, \quad (3.3)$$

где $k_р$ = 1,06 – (f – 2) 0,003 – коэффициент расширения скважин.

Удельная вместимость 1 м скважины:

$$P = 0{,}785 \cdot d_{зар}^2 \cdot \Delta, \quad (3.4)$$

где Δ, кг/м^3 - плотность заряда в скважине.

Линия сопротивления по подошве (ЛСПП) для одиночной скважины:

$$W_п = 0{,}9 \cdot \sqrt{\frac{P}{q_р}}, \quad (3.5)$$

В соответствии с правилами безопасности при бурении первого ряда скважин станок располагается перпендикулярно верхней бровке уступа, за призмой обрушения, но не ближе 2 м от верхней бровки уступа, поэтому минимально допустимая по условиям безопасного расположения бурового станка линия сопротивления по подошве (W_{min}) для вертикальных скважин рассчитывается из соотношения

$$W_{min} = H_у \operatorname{ctg}\alpha + Z, \quad (3.6)$$

где α – угол откоса рабочего уступа, град;

Z – ширина призмы обрушения, $Z \geq 2$ м.

Величина принимаемой при расчетах линии сопротивления по подошве ($W_п$) должна удовлетворять соотношению:

$$W_{min} < W_п. \quad (3.7)$$

Если значения $W_{min} > W_п$, это означает, что принятые параметры скважин и характеристики ВВ не обеспечивают проработку подошвы уступа. В этом случае следует изменить диаметр скважины, тип применяемого ВВ или перейти к наклонным скважинам.

Глубина перебура:

$$l_{пер} = (10 \div 15) \cdot d_{скв} \quad (3.8)$$

Глубина забойки:

$$l_{\text{заб}} = (20 \div 35) \cdot d_{\text{скв}} \quad (3.9)$$

Глубина скважины:

$$l_{\text{скв}} = H_{\text{у}} + l_{\text{пер}} \quad (3.10)$$

Расстояние между скважинами в ряду:

$$a = mW_{\text{п}}, \quad (3.11)$$

где m = 0,8 – 1,4 - коэффициент сближения скважин; меньшее значение m принимается для крепких пород.

Расстояние между рядами скважин:

$$b = (0{,}9\text{-}1{,}0)W_{\text{п}}. \quad (3.12)$$

Масса заряда в скважине:

$$Q = q_{\text{р}} \cdot a \cdot W_{\text{п}} \cdot H_{\text{у}} \quad (3.13)$$

Длина заряда:

$$l_{\text{зар}} = \frac{Q}{P}. \quad (3.14)$$

Задание: рассчитать параметры буровзрывных работ при скважинной отбойке в условиях открытой разработки месторождений полезных ископаемых.

Практико-ориентированное задание №4

Расчёт безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов

Цель работы – овладение методикой расчета безопасных расстояний по разлету кусков породы при взрывании скважинных зарядов.

При определении зон, опасных по разлету отдельных кусков породы при взрывании скважинных зарядов на земной поверхности, следует выделять и отдельно рассчитывать безопасные расстояния для людей зданий и сооружений, машин и механизмов.

При взрывании скважинных зарядов рыхления (дробления) расстояние опасное для людей, рассчитывается по формуле:

$$r_{разл} = 1250 \cdot h_з \cdot \sqrt{\frac{f}{1 + h_{заб}} \cdot \frac{d}{a}} \qquad (4.1)$$

где $h_з$ – коэффициент заполнения скважины взрывчатым веществом, определяемый по формуле

$$h_з = \frac{l_{зар}}{l_c}, \qquad (4.2)$$

$l_{зар}$ – длина заряда ВВ, м;

$l_{зар}$ – глубина скважины, м;

f – коэффициент крепости горных пород;

$h_з$ – коэффициент заполнения скважины забойкой:

$$h_з = \frac{l_{заб}}{l_н}, \qquad (4.3)$$

$l_{зар}$ – длина забойки, м;

$l_н$ – длина свободной от заряда верхней части скважины, м;

d – диаметр взрываемой скважины, м;

a – расстояние между скважинами в ряду или между рядами, м.

Расчётные значения радиусов разлета осколков округляются в большую сторону до значения, кратного 50 м. Окончательно принимаемое безопасное расстояние не должно быть меньше указанных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Минимально допустимые безопасные расстояния для людей при взрывных работах

№ п/п	Методы взрывных работ	Минимально допустимые радиусы опасных зон, м
1.	Наружных зарядов, в том числе кумулятивных	300 (по проекту)
2.	Шпуровых зарядов	200
3.	Котловых шпуров	200
4.	Малокамерных зарядов (рукавов)	200*
5.	Скважинных зарядов	Не менее 200**
6.	Котловых скважин	Не менее 300
7.	Камерных зарядов	Не менее 300

* - при взрывании на косогорах в направлении вниз по склону величина радиуса опасной зоны должна приниматься не менее 300 м.

** - радиус опасной зоны указан для взрывания зарядов с забойкой.

Практико-ориентированное задание №5

Составление паспорта буровзрывных работ на проведение горизонтальной горной выработки.

Цель работы – овладение методикой расчета параметров буровзрывных работ (БВР) при проведении подземных горных выработок и составления паспорта БВР.

Краткая теория

Проведение горных выработок буровзрывным способом осуществляется по паспортам буровзрывных работ (БВР). Паспорта утверждаются руководителем того предприятия, которое ведёт взрывные работы. С паспортом БВР ознакомляется весь персонал, осуществляющий буровзрывные работы в данной выработке.

Паспорт составляется для каждого забоя выработки на основании расчетов и утверждается с учётом результатов не менее трёх опытных взрываний. По разрешению руководителя предприятия (шахты, рудника) допускается вместо опытных взрываний использовать результаты взрывов, проведённых в аналогичных условиях.

Расчёт, необходимый для составления паспорта, сводится к выбору и определению основных параметров буровзрывных работ для проведения выработки. К основным параметрам относятся: тип взрывчатого вещества (ВВ) и средства инициирования (СИ), диаметр и глубина шпуров, тип вруба, удельный заряд ВВ, количество шпуров и конструкции зарядов, расход взрывчатых материалов.

5.1. Общие положения

Буровзрывной комплекс работ занимает от 30 до 60 % общего времени проходческого цикла в зависимости от горнотехнических условий.

При проведении горных выработок буровзрывные работы должны обеспечить заданные размеры и форму поперечного сечения выработки, точное оконтуривание её профиля, качественное дробление породы и сосредоточенное размещение её в забое, нормативную величину коэффициента излишка сечения (КИС), высокий коэффициент использования шпуров (КИШ).

Эти требования соблюдаются при условии правильного выбора параметров буровзрывных работ: типа ВВ, типа и параметров вруба, величины и конструкции заряда в шпуре, диаметра и глубины шпуров, числа и расположения

их в забое, способа и очередности взрывания зарядов, типа бурового оборудования, качества буровых работ, организации проходческих работ и т. д.

5.2. Определение параметров буровзрывных работ

5.2.1. Выбор взрывчатых материалов

При выборе взрывчатых материалов (ВМ) руководствуются требованиями безопасного производства взрывных работ, регламентированных «Правилами безопасности при взрывных работах» [6] с учетом физико-механических свойств горных пород и горнотехнических условий.

Рекомендуемые взрывчатые вещества (ВВ) [7] в зависимости от условий работ, обводнённости и крепости пород, способа заряжания представлены в табл. 5.1.

В шахтах, не опасных по газу или пыли, при проведении горизонтальных выработок допускается применение электрического взрывания и систем неэлектрического взрывания с низкоэнергетическими волноводами.

Таблица 5.1

Рекомендуемые ВВ

Условия взрывных работ	Условия размещения зарядов	Коэффициент крепости пород *f*	Тип ВВ	Способ заряжания
Выработки, не опасные по взрыву газа или пыли	Сухие шпуры	до 12	Гранулит М Граммонит 79/21 Гранулит АС-4В Гранулит-игданит	Механизированный
			Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Гранулит АС-8В	Механизированный
			Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	Ручной
	Обводнённые шпуры	до 12	Аммонит № 6ЖВ	Ручной
		более 12	Аммонал М-10 Детонит М Аммонал скальный № 1	
Выработки, опасные по взрыву газа и пыли	Сухие и обводнённые шпуры	Для взрывания по породе	Аммонит АП–5ЖВ	Ручной
		Для взрывания по углю с учетом степени опасности	IV кл. Аммонит Т-19 Аммонит ПЖВ-20 V кл. Угленит Э-6 VI кл. Угленит 12ЦБ	
	Для водораспыления	Открытый заряд	Ионит	

На угольных шахтах, опасных по газу или пыли, разрешается только взрывание с применением электродетонаторов. При полном отсутствии в забоях проходимых выработок метана или угольной пыли, допускается применение непредохранительных ВВ II класса и электродетонаторов мгновенного, короткозамедленного и замедленного действия со временем замедления до 2 с без ограничения количества приёмов и пропускаемых серий замедлений.

Основные характеристики ВВ, применяемых при проходке подземных горных выработок, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Характеристики ВВ

Наименование ВВ	Идеальная работа взрыва, кДж/кг	Плотность в патронах или насыпная, кг/м³	Удельная объемная энергия взрыва при средней плотности, кДж/кг	Коэффициент взрывной эффективности при плотности ВВ 1000 кг/м³	Расстояние передачи детонации между патронами, см		Диаметр патронов, мм	Масса патрона, кг	Длина патрона, мм
					Сухие	После выдержки в воде			
Аммонит № 6ЖВ	3561	1000-1100	3917	1,0	5-9	3-6	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал М-10	4410	950-1100	4520	1,15	4	3	32	0,2	250
Детонит М	4316	1000-1200	4963	1,27	8-18	5-15	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонал скальный № 1	4420	1000-1100	4641	1,18	8-14	5-10	32 36	0,2 0,25	250 250
Аммонит АП-5ЖВ	2991	1000-1150	3215	0,82	5-10	2-7	36	0,3	250
Аммонит Т-19	2564	1000-1200	2820	0,72	7-12	4-8	36	0,3	240
Угленит Э-6	1946	1100-1250	2289	0,58	5-12	3-10	36	0,3	240
Угленит 12 ЦБ	1770	1200-1350	2256	0,58	4	2	36	0,3	240
Ионит	1482	1000-1200	1704	0,44	–	–	36	0,3	240
Гранулит М	3163	780-820 (1000-1150)*	3384	0,86					
Гранулит АС-4В	3645	800-850 (1100-1200)*	4192	1,07					
Гранулит АС-8В	3997	800-850 (1100-1200)*	4597	1,17					
Гранулит-игданит	3150	800-850 (1100-1200)*	3760	0,85					

* Плотность при механизированном заряжании

Технические характеристики электродетонаторов, применяемых при проведении горных выработок, приведены в табл. 5.3. Все электродетонаторы являются водоустойчивыми.

Таблица 5.3

Электродетонаторы для шахт и рудников

Тип электродетонаторов	Кол-во серий	Интервалы замедления, мс (с)	Безопасный ток, А	Гарантийный ток, А	Сопротивление, Ом	Примечание
ЭД-8Ж(Э)	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы непредохранительные нормальной чувствительности
ЭД-3-Н	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭД-1-8-Т	1	0	1,0	5,0	0,5-0,75	Электродетонаторы непредохранительные пониженной чувствительности к блуждающим токам
ЭД-3-Т	36	20, 40, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500 мс 5,6,7,8,9,10 с				
ЭДКЗ-ОП	1	0	0,2	1,0	1,8-3,6	Электродетонаторы предохранительные нормальной чувствительности
ЭДКЗ-П	5	25, 50, 75, 100, 125 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭДКЗ-ПМ	7	15, 30, 45, 60, 80, 100, 120 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	
ЭД-КЗ-ПКМ	9	4, 20, 60, 80, 100, 125, 150, 175, 200 мс	0,2	1,0	1,8-3,6	

Детонирующие шнуры ДША, ДШВ и ДШЭ-12 и др. применяют при необходимости одновременного взрывания врубовых, нижних подошвенных шпуров, а также в рассредоточенных зарядах с целью передачи детонации всем частям шпурового заряда.

В последние годы на подземных взрывных работах получил широкое распространение новый способ инициирования зарядов ВВ – система неэлектрического взрывания различных модификаций: Нонель (Швеция), СИНВ, Эдилин (Россия) и др.

В табл. 3.4 представлены характеристики систем СИНВ и ДБИ для взрывных работ в рудниках и угольных шахтах, где допущено применение непредохранительных взрывчатых веществ II класса.

Устройства СИНВ-Ш и ДБИ3 служат для трансляции инициирующего сигнала и инициирования боевиков шпуровых зарядов с заданной временной задержкой. В боевике каждого шпурового заряда размещается КД устройства СИНВ-Ш или ДБИ3 заданного интервала замедления.

Таблица 5.4

Характеристики систем неэлектрического инициирования

Устройство	Интервал замедления, мс	Назначение
СИНВ-Ш	0, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	Изготовление патронов-боевиков
ДБИ3	0, 17, 25, 42, 55, 67, 109, 125, 150, 176, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000	

Примечание. Интервалы замедлений приведены при длине ударно-волновой трубки (УВТ) 1 м. Добавление каждого метра длины УВТ увеличивает время замедления на 0,5 мс.

УВТ, выходящие из шпуров, инициируются одновременно от устройств СИНВ-П мгновенного действия (СИНВ-П-0), смонтированных в единую сеть. Длина УВТ стартового устройства (магистральной части сети) выбирается из условия безопасного подрыва и может составлять несколько сот метров.

При проходке подземных выработок обычно применяется следующая схема: УВТ, выходящие из шпуров, собираются в связки (пучки), которые соединяются в единую сеть детонирующим шнуром. Детонирующий шнур обвязывается вокруг связки двойной петлёй. Количество УВТ в одной связке не должно превышать 15 шт. Инициирование сети из детонирующего шнура производится электродетонатором или электрозажигательной трубкой.

5.2.2. Выбор типа вруба и глубины шпуров

Расположение шпуров в забое, величина заходки и показатели взрыва во многом определяются типом вруба. Врубы по характеру действия делятся на две группы:

– врубы с наклонными к оси выработки шпурами – наклонные врубы;

– врубы с параллельными к оси выработки шпурами – прямые врубы.

Тип вруба и глубину шпуров с учетом горнотехнических условий следует принимать по данным табл. 5.5.

Таблица 5.5

Тип вруба и глубина шпуров

Тип буровой техники	Сечение выработки, м^2	
	менее 6	более 6
Переносные перфораторы, ручные электросвёрла и пневмосвёрла	Прямые врубы при глубине шпуров более 1,5 м	Наклонные врубы при глубине шпуров не более (0,35–0,5) ширины выработки; прямые врубы при глубине шпуров до 2–2,5 м
Установки механизированного бурения	–	Прямые врубы с максимально возможной глубиной по технической характеристике машины

Из наклонных врубов наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Другие врубы с наклонными шпурами (пирамидальный, горизонтальный клиновой и его разновидности, веерный и т. д.) не получили достаточно широкого распространения из-за сложности обуривания и узкой рекомендуемой области применения (забои, проводимые по пласту угля при малой его мощности, при наличии слабых прослоек пород по забою, при ярко выраженном контакте слабых пород с более крепкими вмещающими породами и т. д.).

Высокая эффективность врубов с наклонными шпурами и преимущества их по сравнению с прямыми врубами достигаются только при ограниченной глубине шпуров и определенном сечении выработки. При проходке выработок в крепких породах ($f > 12$) с применением вертикального клинового вруба длина заходки не превышает обычно 0,35 ширины выработки (B) из-за технической невозможности бурения врубовых шпуров под углом наклона, обеспечивающим эффективную работу вруба. При глубине шпуров более 0,5 B, применении буровых кареток, а также в выработках малого сечения (менее 6 м^2) наиболее эффективны прямые врубы, глубина которых ограничивается точностью бурения в зависимости от типа буровой техники.

При глубине шпуров, принятой по рекомендациям табл. 5.5, проектную величину КИШ следует принимать равной 0,85-0,95 с учётом крепости горных пород.

5.2.3. Выбор конструкции и параметров врубов

5.2.3.1. Вертикальный клиновой вруб

При ограниченной глубине шпуров (1,2–2,0 м) наибольшее распространение имеет вертикальный клиновой вруб. Параметры вертикального клинового вруба в зависимости от крепости пород применительно к аммониту № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм в шпурах диаметром 42 мм ориентировочно по данным практики можно принять по данным табл. 5.6.

Таблица 5.6

Параметры вертикального клинового вруба

Группа крепости пород по СНиП	Коэффициент крепости пород *f*	Расстояние по вертикали между парами шпуров, мм	Количество шпуров во врубе при сечении выработки ($м^2$)		Угол наклона шпуров к плоскости забоя α, град.
			до 12	более 12	
IV-V	1-6	500	4	4-6	75-70
VI	6-8	450	4-6	6-8	68
VII	8-10	400	6-8	8-10	65
VIII	10-13	350	8-10	10-12	63
IX	13-16	300	10-12	12-14	60
X	16-18	300	10-12	12-14	58
XI	20	250	10-12	12-14	55

При применении другого типа ВВ и изменении диаметра шпуров расстояние между парами врубовых шпуров определяется с учётом поправочного коэффициента по формуле:

$$k = 1{,}25\sqrt{e}\cdot d_з/d, \qquad (5.1)$$

где e – коэффициент взрывной эффективности (см. табл. 5.2),

$d_з$ – диаметр заряда,

d – диаметр заряжаемой полости (шпура или скважины).

С увеличением коэффициента крепости пород (см. табл. 5.6) угол наклона врубовых шпуров к плоскости забоя уменьшается. Поэтому предельную глубину вертикального клинового вруба (рис. 5.1) при бурении шпуров ручными перфораторами в зависимости от коэффициента крепости пород и ширины выработки рекомендуется принимать по табл. 5.7 или по формуле:

$$h_{вр} = 0{,}25B\,\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} - 0{,}3, \qquad (5.2)$$

где B – ширина выработки, м

α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град. (см. рис. 3.1).

Таблица 5.7

Предельная глубина вертикального клинового вруба $h_{вр}$, м

Ширина выработки, м	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
2,0	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7
2,5	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
3,0	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
3,5	2,4	2,2	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4
4,0	2,8	2,6	2,2	2,1	1,9	1,8	1,7
4,5	3,2	2,9	2,5	2,4	2,3	2,0	1,9
5,0	3,5	3,1	2,9	2,7	2,4	2,2	2,1

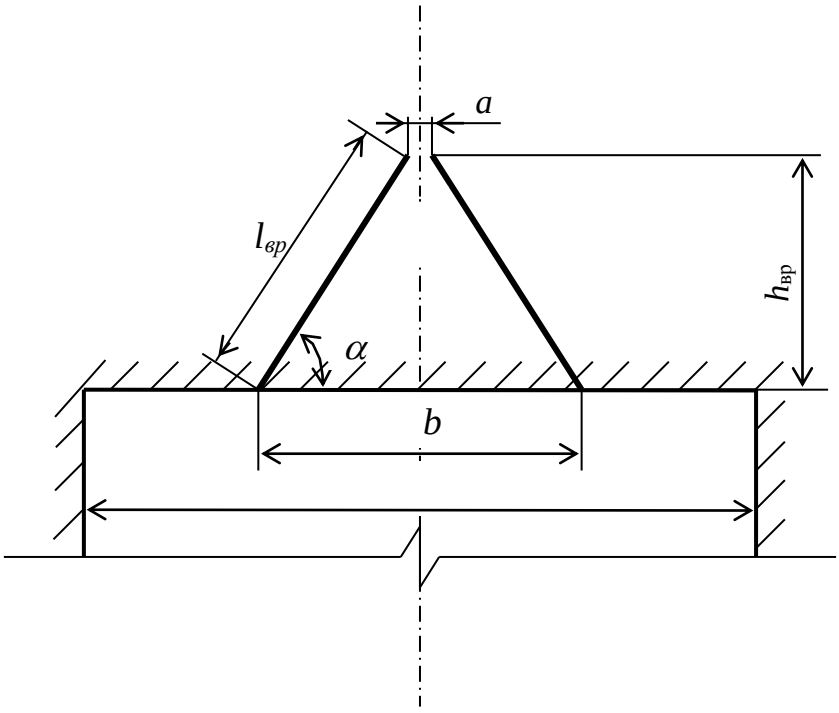


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

Глубину врубовых шпуров следует принимать на 0,1-0,2 м больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров:

$$h_{вр} = h_{шп} + (0,1 \div 0,2), \quad (5.3)$$

где $h_{шп}$ – глубина (длина) вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Длину шпуров клинового вруба определяют с учетом угла их наклона:

$$l_{вр} = h_{вр} / \sin \alpha, \quad (5.4)$$

где α – угол наклона шпуров к плоскости забоя, град.

Расстояние между устьями в паре шпуров клинового вруба определяют по зависимости:

$$b = 2\, h_{вр} / \mathrm{tg}\, \alpha + a, \quad (5.5)$$

где *а* – расстояние между забоями пары сходящихся шпуров клинового вруба, м (в зависимости от коэффициента крепости пород *а* = 0,15-0,2 м).

После расчета основных параметров вруба следует проверить графическим способом техническую возможность обуривания вертикального клинового вруба с учетом принятого бурового оборудования. С этой целью в масштабе 1:20 – 1:50 вычерчивается план забоя (вид сверху) с наложением пары врубовых шпуров и обязательного соблюдения принятого угла наклона шпуров α.

Если ширина выработки не позволяет с учётом габаритов бурильной машины (см. рис. 3.1) обурить рассчитанный вруб, то следует уменьшить глубину врубовых шпуров или принять другой тип вруба. При применении бурильных установок стрела автоподатчика должна свободно размещаться при заданном угле наклона врубовых шпуров между точкой забуривания врубового шпура и стенкой выработки. При бурении переносными перфораторами или ручными электросвёрлами врубовые шпуры могут буриться в 2-3 приёма комплектом штанг различной длины (например: 0,5 м; 1,2 м; 2,0 м).

5.2.3.2. Прямые врубы

Из прямых врубов (рис. 5.2) наиболее широкое распространение получили следующие конструкции: призматический симметричный *а*; щелевой *б*; спиральный *в* и двойной спиральный *г*.

Прямые врубы представляют собой комбинацию параллельных заряженных шпуров, взрыв которых работает на компенсационную полость, создаваемую холостым шпуром (системой холостых шпуров) или скважиной. Взрыв последующих шпуров расширяет врубовую полость до размеров, достаточных для последующей отбойки вспомогательными (отбойными) шпурами с постоянной, предельной для конкретных горнотехнических условий линией сопротивления.

Параметры прямых врубов принимаются в зависимости от конструкции вруба, крепости пород, диаметра компенсационной полости (шпура или скважины, их количества). Наиболее ответственными являются первый шпур или серия шпуров, взрываемых на компенсационную полость. Поэтому для повышения эффективности взрыва целесообразно в качестве компенсационной полости использовать шпур увеличенного диаметра, систему холостых шпуров или скважину.

Расстояние между компенсационной полостью и первым взрываемым шпуром или серией шпуров (пробивное расстояние W_1) рекомендуется принимать для шпуров диаметром 42 мм при использовании аммонита № 6 ЖВ в патронах диаметром 32 мм по табл. 5.8.

При применении другого типа ВВ или другой конструкции заряда пробивное расстояние W_1, определенное по табл. 1.7, умножается на поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (5.1).

Пробивные расстояния W_1 учитывают возможное отклонение шпуров от заданного направления. С увеличением глубины шпуров растет их отклонение, поэтому при глубине шпуров до 2,5 м достаточно принимать диаметр первона-

чальной компенсационной полости не более 50-60 мм; при шпурах глубиной до 3 м – 70-105 мм и при шпурах до 4 м – 105-125 мм, что позволит сохранить КИШ в пределах 0,85-0,9.

Пробивные расстояния для шпуров, взрываемых вторыми и последующими во врубе (W_1, W_2, W_3 и т. д.), принимаются равными 0,8 от ширины (наибольшего размера) ранее образованной врубовой полости.

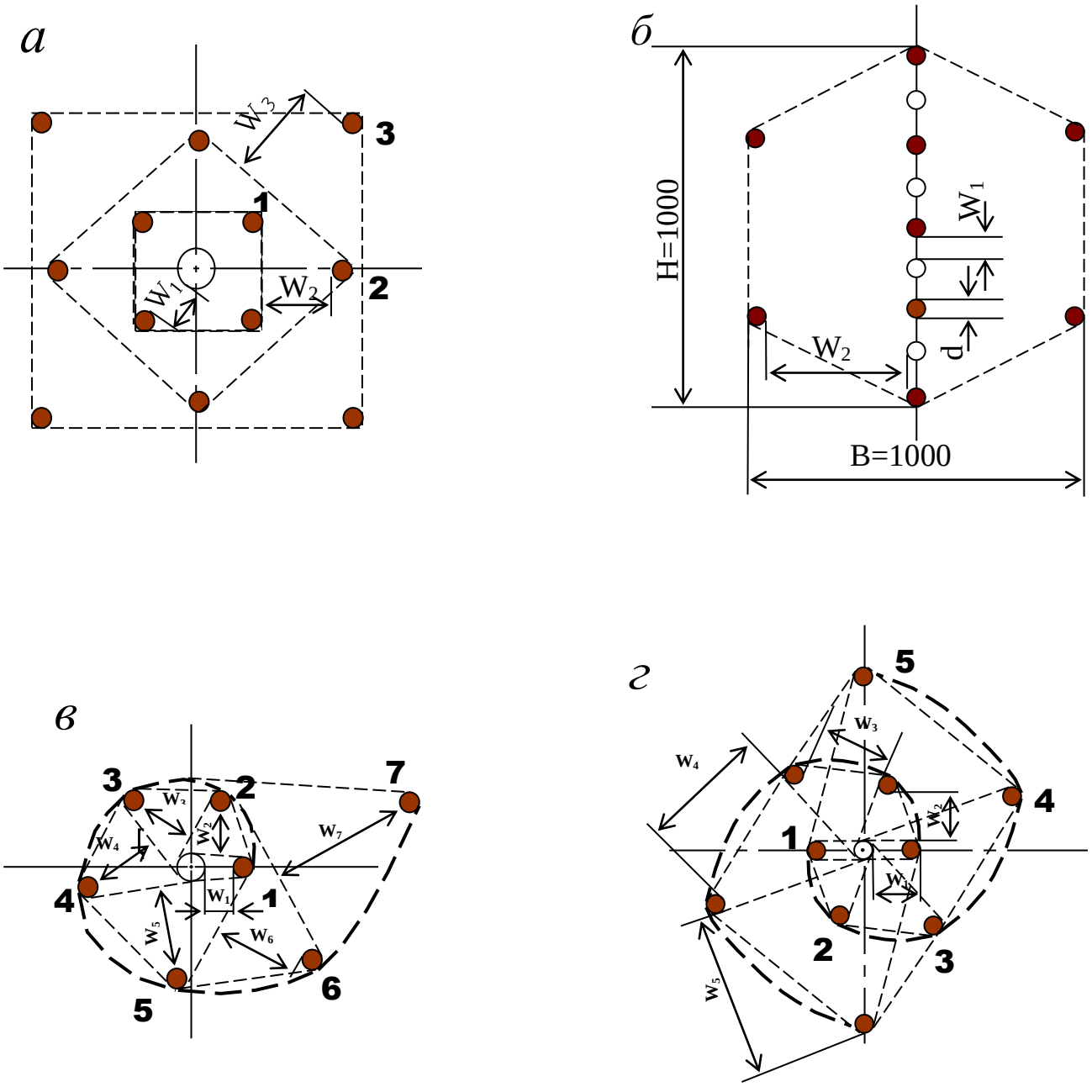


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

Таблица 5.8

Пробивные расстояния W_1, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	115	100	90	80	60	60	55
51	125	110	100	90	80	70	65
56	150	130	110	95	90	85	75
75	170	150	130	105	100	95	85
105	190	170	150	120	110	105	95
125	230	200	170	140	120	110	100

Например, пробивное расстояние для шпуров спирального вруба, взрываемых вторыми, т. е. на обнаженную поверхность, образованную взрывом первого шпура, определяют по данным табл. 3.9 или по зависимости, мм:

$$W_2 = 0{,}8 \cdot (W_1 + D_x + d), \qquad (5.6)$$

где W_1 – пробивное расстояние для первого шпура (см. табл. 5.7);

D_x – диаметр компенсационной полости (холостого шпура или скважины);

d – диаметр заряженных шпуров.

Пробивные расстояния (W_2, W_3 и т. д.) для любого типа вруба могут быть определены графически путем последовательного построения расширяющейся врубовой полости (см. рис. 5.2) в масштабе 1:5.

Таблица 5.9

Пробивные расстояния W_2, мм

Диаметр холостого шпура или скважины D_x, мм	Коэффициент крепости пород f						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	170	150	140	130	120	115	110
51	180	160	150	140	130	120	115
56	210	180	170	160	150	140	130
75	260	210	200	185	170	150	140
105	300	260	240	215	200	185	175
125	340	300	270	250	230	220	215

Расчёты и построения выполняются до тех пор, пока не образуется врубовая полость размером в пределах от 0,9×0,9 до 1,2×1,2 м. Такой размер врубовой полости является достаточным и позволяет в дальнейшем производить отбойку породы вспомогательными и оконтуривающими шпурами уже с постоянной линией наименьшего сопротивления, которая соответствует предельному пробивному расстоянию шпурового заряда при взрывании его на неограниченную свободную поверхность.

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров при их диаметре 42 мм, заряженных аммонитом № 6ЖВ в патронах диаметром 32 мм, приведены в табл. 5.10.

Таблица 5.10

Предельные пробивные расстояния для вспомогательных и оконтуривающих шпуров, мм

Диаметр шпуров, мм	Коэффициент крепости пород *f*						
	2-5	6-7	8-9	10-12	13-15	16-17	18-20
42	1000-900	800	700	650	600	550	500

Опыт работы и расчёты показывают, что для образования врубовой полости сечением 0,8-1,4 м^2 необходимо принять 8-12 шпуров в зависимости от диаметра компенсационной полости и коэффициента крепости пород.

При применении щелевого вруба пробивное расстояние между заряжаемыми и холостыми шпурами принимается по данным табл. 5.8. Количество заряжаемых $N_з$ и холостых $N_х$ шпуров в щелевом врубе при их одинаковом диаметре определяют по формулам:

$$N_з = \frac{H}{2(W_1 + d)} + 1, \tag{5.7}$$

$$N_x = \frac{H}{2(W_1 + d)}, \tag{5.8}$$

где H – высота вруба, мм;

W_1 – пробивное расстояние, мм;

d – диаметр шпуров, мм.

Щелевой вруб (рис. 5.2, *б*) высотой 1000 мм с последующим расширением полости четырьмя шпурами дает высокие показатели в породах любой крепости и в выработках любого сечения. Пробивное расстояние W_2 для шпуров, взрываемых во вторую очередь, принимается равным 500 мм, а расстояние между шпурами по вертикали 700–800 мм в породах любой крепости.

Могут быть приняты другие конструкции прямых врубов, но принцип расчета их параметров будет аналогичен.

После расчета параметров принятого прямого вруба (пробивных расстояний и числа шпуров во врубе) определяется площадь вруба по забою выработки, что необходимо для определения количества остальных шпуров.

Глубина (длина) холостых и заряжаемых шпуров прямого вруба должна приниматься больше на 10 % по сравнению с глубиной вспомогательных и оконтуривающих шпуров.

При ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по газу или пыли, при определении расстояний между смежными шпурами следует придерживаться дополнительных требований ЕПБ.

Расстояние от заряда ВВ до ближайшей поверхности должно быть не менее 0,5 м по углю и не менее 0,3 м по породе, в том числе и при взрывании зарядов в породном негабарите. В случае применения ВВ VI класса при взрывании по углю это расстояние допускается уменьшать до 0,3 м.

Минимально допустимые расстояния между смежными (взрываемыми последовательно) шпуровыми зарядами должны соответствовать данным табл. 5.11.

В породах с f >10 расстояние между смежными шпуровыми зарядами должно определяться нормативами, разработанными по согласованию с организацией-экспертом по безопасности работ.

Поскольку при применении прямых врубов с незаряжаемыми шпурами (см. рис. 3.2) данные требования, как правило, невыполнимы, то в угольных шахтах, опасных по газу или пыли, применяются прямые врубы, работающие по принципу воронкообразования.

Таблица 5.11

Минимально допустимые расстояния между смежными шпуровыми зарядами

Условия взрывания	Класса ВВ			
	II	III-IV	V	VI
По углю	0,6	0,6	0,5	0,4
По породе:				
при f <7	0,5	0,45	0,3	0,25
при f >10	0,4	0,3	–	–

В породах с коэффициентом крепости f < 6 обычно применяется прямой призматический вруб из 4–6 шпуров, которые располагаются по контуру окружности или периметру прямоугольника и взрываются одновременно в один приём. Расстояние между врубовыми шпурами следует принимать в соответствии с рекомендациями табл. 5.11. При проведении выработок в более крепких породах целесообразно использовать двойной призматический вруб из 6–8 шпуров с соблюдением тех же требований, которые взрываются короткозамедленно и последовательно в два приёма.

5.2.4. Определение удельного заряда ВВ

Величина удельного заряда ВВ, т. е. количество ВВ, необходимое для заряжания в шпуры единицы объёма обуренного массива (с учетом эффективного разрушения), зависит от крепости пород, сечения выработки, типа ВВ и условий взрывания (наличия обнажённой поверхности, структуры породы, плотности ВВ при заряжании, типа вруба).

Удельный заряд **при врубах с наклонными шпурами** рекомендуется определять по видоизменённой формуле Н. М. Покровского:

$$q = 0{,}1 \cdot f \cdot f_1 \cdot v / e, \qquad (5.9)$$

где q – удельный заряд ВВ, кг/м^3;

f – коэффициент крепости по М. М. Протодьяконову. В породах с $f > 16$ в формуле (5.9) принимать 0,08 вместо 0,1;

f_1 – коэффициент структуры породы;

v – коэффициент зажима породы, зависящий от площади поперечного сечения выработки и количества обнажённых поверхностей;

e – коэффициент взрывной эффективности заряда ВВ.

Коэффициент относительной эффективности заряда ВВ определяется из выражения

$$e = \frac{Q_{\text{ид}} \cdot \rho}{Q_{\text{ид.э}} \cdot \rho_{\text{э}}}, \qquad (5.10)$$

где $Q_{\text{ид}}$, $Q_{\text{ид.э}}$ – идеальная работа взрыва принятого и эталонного ВВ, кДж/кг;

ρ, $\rho_{\text{э}}$ – плотность заряда принятого и эталонного ВВ, кг/м^3.

Необходимые данные для расчета величины e принимают из табл. 5.2. При средней плотности заряда ВВ значение коэффициента взрывной эффективности можно принять из этой же таблицы. В качестве эталонного ВВ в формуле (5.10) и в табл. 5.2 принят аммонит № 6ЖВ.

Значение коэффициента структуры породы f_1 принимается из табл. 5.12.

Таблица 5.12

Коэффициент структуры породы f_1

Характеристика пород	Категория пород	Коэффициент структуры породы f_1
Монолитные, крепкие, вязкие, упругие	I	1,6
Трещиноватые, крепкие	II	1,2-1,4
Массивно-хрупкие	III	1,1
Сильнотрещиноватые, мелкослоистые, большинство пород угольных бассейнов	IV	0,8-0,9

Коэффициент зажима породы при одной обнаженной поверхности в забоях горизонтальных и наклонных выработок определяется из выражения

$$v = \frac{6{,}5}{\sqrt{S_{\text{вч}}}}, \qquad (5.11)$$

где $S_{\text{вч}}$ – площадь поперечного сечения вчерне, м^2.

При двух обнаженных поверхностях коэффициент зажима принимается в пределах v = 1,1–1,4 (меньшие значения – для больших сечений выработок).

При щелевом врубе на полную высоту выработки для определения удельного заряда для шпуров по забою, кроме врубовых, в формуле (5.9) следует принимать коэффициент зажима породы v = 1,4.

Прямые (дробящие) врубы требуют повышенного удельного заряда ВВ. По формуле (5.9) при применении прямых врубов определяют удельный заряд только для вспомогательных и оконтуривающих шпуров с коэффициентом зажима породы v = 1,1–1,4.

5.2.5. Выбор диаметра шпура

Диаметр шпуров выбирается в зависимости от стандартного диаметра патрона принятого типа ВВ. В табл. 5.2 указаны стандартные диаметры патронов промышленных ВВ. При выпуске ВВ в патронах различных диаметров следует принимать диаметр патрона с учётом сечения выработки и типа буровой техники. При использовании мощных бурильных машин и при больших сечениях выработки принимают патроны с большим диаметром или механизированное заряжание гранулированными ВВ.

При применении метода контурного взрывания в оконтуривающих шпурах следует уменьшить линейную плотность заряжания. С этой целью рекомендуется применять, например, специальные патроны типа ЗКВК из аммонита № 6ЖВ диаметром 26 мм длиной 360 мм в полиэтиленовых оболочках. Эти патроны имеют соединительные муфты с лепестками, позволяющими стыковать их и центрировать по оси шпура с созданием воздушного промежутка между патронами и стенками шпура.

Диаметр шпуров при использовании патронированных ВВ принимается не менее чем на 5 мм больше диаметра патрона. При применении машин ударного-поворотного и вращательного-ударного бурения и патронированных ВВ диаметр шпуров обычно составляет 38–42 мм. При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ в горнорудной промышленности диаметр шпуров принимается в пределах от 38 до 52 мм в зависимости от сечения выработки, детонационной способности ВВ и взрываемости пород.

При бурении по углю и породам угольной формации используются шпуры диаметром 37–46 мм.

5.2.6. Определение количества шпуров

Количество шпуров в забое зависит от физико-механических свойств пород, поперечного сечения выработки, параметров зарядов и типа принятого вруба.

Количество шпуров на забой **при врубах с наклонными шпурами** определяют по формуле проф. Н. М. Покровского

$$N = q \cdot S_{вч} / \gamma, \qquad (5.12)$$

где q – удельный заряд ВВ, определяемый по формуле (1.9), кг/м^3;

$S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

γ – весовое количество ВВ (вместимость), приходящееся на 1 м шпура, кг/м.

$$\gamma = 3{,}14\, d^{\,2} \rho \alpha / 4, \qquad (5.13)$$

где d – диаметр заряда (патрона ВВ или шпура), м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения шпуров.

При ручном заряжании без уплотнения ВВ в шпуре используется параметр «диаметр патрона», а параметр «диаметр шпура» – при уплотнении патронов вручную с разрезанием оболочки или при механизированном заряжании.

При разрезании оболочки патронов плотность ВВ в шпуре принимается равной 0,9 от плотности ВВ в патроне (см. табл. 5.2). При механизированном заряжании шпуров гранулированными ВВ плотность ВВ в шпуре составляет 1150–1200 кг/м^3.

Коэффициент заполнения шпуров в выработках шахт, не опасных по взрыву газа или пыли, проходимых в крепких породах, принимается максимальным (0,7-0,9).

В выработках шахт, опасных по газу или пыли и в породах с f = 2-8 – коэффициент заполнения принимается 0,35-0,55; в более крепких породах – 0,5-0,6. При этом при ведении взрывных работ на угольных шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, величина забойки должна быть не менее 0,5 м.

Во всех случаях с увеличением длины шпуров коэффициент заполнения шпуров увеличивается.

Полученное по формуле (5.12) количество шпуров является ориентировочным (см. табл. 5.13) и может быть изменено при необходимости на 10–15 %. Окончательно число шпуров принимается после вычерчивания схемы расположения шпуров в сечении выработки (рекомендуемый масштаб – 1:50-1:20), и только затем возобновляется расчёт.

Таблица 5.13

Ориентировочное количество шпуров на забой в зависимости от коэффициента крепости пород и сечения выработок

Коэффициент крепости пород f	Сечение выработки вчерне, м^2						
	4	6	8	10	12	14	16
2-4	8-11	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	35-42
5-7	12-16	17-21	22-27	28-33	34-38	39-42	43-46
8-10	16-20	21-26	27-32	33-37	38-42	42-46	47-50
12-14	20-24	26-30	32-36	37-42	42-46	46-50	50-54
более 14	26-28	32-36	36-40	44-48	48-52	52-54	56-60

При вычерчивании схемы расположения шпуров при любом типе вруба среднее расстояние между рядами вспомогательных шпуров, между вспомогательными и оконтуривающими и между шпурами в рядах должно быть примерно одинаковым и приниматься в соответствии с рекомендациями табл. 1.10 или определяться из выражения

$$a = \sqrt{\frac{S_{вч} - S_{вр}}{N - N_{вр}}}, \qquad (5.14)$$

где $S_{вч}$ – площадь сечения выработки вчерне, м^2;

$S_{вр}$ – площадь сечения врубовой полости (для вертикального клинового вруба принимается равной половине площади прямоугольника, образованного устьями врубовых шпуров на плоскости забоя), м^2;

N, $N_{вр}$ – общее число на забой и число врубовых шпуров.

Оконтуривающие шпуры располагают с наклоном 85–87° к плоскости забоя с таким расчетом, чтобы их концы вышли за проектный контур сечения выработки вчерне только за линией уходки. Забуриваются оконтуривающие шпуры на минимальном расстоянии (150–200 мм) от проектного контура выработки с учётом принятой буровой техники.

При применении прямых врубов количество шпуров определяется по формуле

$$N = N_{вр} + q\cdot(S_{вч}–S_{вр})/\gamma, \qquad (5.15)$$

где $N_{вр}$ – количество врубовых шпуров (см. раздел 1.2.3.2);

$S_{вр}$ – площадь поперечного сечения прямого вруба, м^2.

При контурном взрывании число оконтуривающих шпуров необходимо увеличивать. При этом параметры зарядов в оконтуривающих шпурах (удельный заряд, расстояние между шпурами и др.) рассчитываются по специальным методикам ([3] и др.).

3.2.7. Определение расхода взрывчатых материалов

Количество ВВ (кг) на цикл при **врубах с наклонными шпурами**

$$Q = q \cdot S_{вч} \cdot l_{шп}, \qquad (5.16)$$

где $l_{шп}$ – глубина заходки, равная глубине вспомогательных и оконтуривающих шпуров, м.

Средняя величина заряда (кг) на один шпур

$$q'_{ср} = Q / N. \qquad (3.17)$$

Количество ВВ (кг) на цикл **при врубах с прямыми шпурами** (кг)

$$Q = Q_{вр} + q \cdot (S_{вч} – S_{вр}) \cdot l_{шп}, \qquad (5.18)$$

где $Q_{вр}$ – количество ВВ во врубовых шпурах, принимается как сумма зарядов врубовых шпуров. Величина заряда (кг) во врубовый шпур принимается

$$q'_{вр} = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot \rho \cdot \alpha \cdot l_{вр}, \qquad (5.19)$$

где d – диаметр патрона ВВ или шпура, в зависимости от способа заряжания, м;

ρ – плотность ВВ в заряде, кг/м^3;

α – коэффициент заполнения врубового шпура, 0,7-0,95 (в зависимости от длины шпуров и крепости пород);

$l_{вр}$ – длина врубовых шпуров, м (принимается на 10 % больше длины вспомогательных и оконтуривающих шпуров).

Средняя величина заряда (кг) на один вспомогательный и оконтуривающий шпур **при прямых врубах**

$$q''_{ср} = \frac{q \cdot (S_{вч} - S_{вр}) \cdot l_{шп}}{N - N_{вр}} . \quad (5.20)$$

При распределении ВВ по шпурам величину заряда во врубовые шпуры **при наклонных врубах** следует принимать на 10-20 % больше средней величины $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{вр} = (1{,}1 \div 1{,}2)\, q'_{ср}. \quad (5.21)$$

В оконтуривающих шпурах, кроме почвенных, при любых типах врубов величину заряда следует уменьшать на 10-20 % по сравнению со средней величиной $q'_{ср}$ (кг)

$$q^*_{ок} = (0{,}9 \div 0{,}8)\, q'_{ср}. \quad (5.22)$$

Обычно в практике взрывных работ величина заряда во вспомогательных шпурах принимается равной средней величине заряда в шпурах $q'_{ср}$:

$$q^*_{всп} = q'_{ср}. \quad (5.23)$$

Полученные величины зарядов во врубовых, вспомогательных и оконтуривающих шпурах при ручном заряжании патронированными ВВ принимают **кратными массе патронов ВВ.**

При механизированном заряжании заряд ВВ в шпуре состоит из патрона-боевика (0,2 или 0,25 кг) и собственно заряда гранулированного ВВ, масса которого принимается кратной 0,1 кг.

После определения величин зарядов ВВ в шпурах каждой группы следует проверить возможность размещения их в шпурах, учитывая длину и массу патронов, а также линейную плотность заряжания при применении гранулированных ВВ.

Фактический расход ВВ (кг) на цикл

$$Q_ф = \sum q^*_{вр} + \sum q^*_{всп} + \sum q^*_{ок}. \quad (5.24)$$

Расход ВВ (кг) на погонный метр выработки

$$Q_м = Q_ф / (l_{шп}\, \eta)\ , \quad (5.25)$$

где η – КИШ (принимается равным 0,85-0,95 в зависимости от крепости пород).

Объём горной массы за взрыв

$$Q_{гм} = S_{пр}\, l_{шп}\, \eta, \quad (5.26)$$

где $S_{пр} = S_{вч} \cdot КИС$ – сечение выработки в проходке, м^2, которое следует определять в соответствии с рекомендациями таблицы 5.14.

Удельный расход ВВ (кг) на 1 м^3 взорванной породы

$$q_р = Q_ф / Q_{гм}. \quad (5.27)$$

Таблица 5.14

Допустимое нормативное увеличение (в %) поперечного сечения горизонтальных горных выработок при проходке буровзрывным способом

Поперечное сечение горных выработок вчерне (по проекту), м^2	Коэффициент крепости пород f		
	1–2	2–9	10–20
до 8	5*	10	12
от 8 до 15	4	8	10
более 15	3	5	7

*Коэффициент излишка сечения: КИС = 1 + Δ = 1 + 5/100 = 1,05.

Расход ЭД, КД (систем неэлектрического взрывания) определяется по числу взрываемых зарядов.

Расход ЭД, КД на 1 метр выработки:

$$N_м = N_{кд} /(l_{шп}\, \eta). \quad (5.28)$$

Удельный расход ЭД, КД на 1 м^3 взорванной породы:

$$N_р = N_{кд} /(S_{пр}\, l_{шп}\, \eta). \quad (5.29)$$

Заводы-изготовители производят неэлектрические системы инициирования с длинами волноводов, определяемыми заказами потребителей.

Длина УВТ ориентировочно определяется по формуле:

$$L_{увт} = l_{шт} + B / 4 + 0{,}5, \quad (5.30)$$

где B – ширина выработки, м;

0,5 –длина УВТ для сборки пучков, м.

5.3 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОЙ СЕТИ

При расчете электровзрывной сети определяют её сопротивление и сопротивление её отдельных ветвей. Для проверки обеспечения безотказности взрывания всех электродетонаторов, включённых в сеть, при известном напряжении (принятом источнике тока) выполняется проверочный расчет, при котором определяют общую величину тока в сети и величину тока, поступающего в каждый электродетонатор.

Если необходимо выбрать источник тока, определяют общее сопротивление сети и минимальную силу тока в цепи, обеспечивающую безотказное взры-

вание всех электродетонаторов, после чего находят необходимое напряжение и подбирают источник тока (табл. 5.15).

Сопротивление магистральных и соединительных проводов, а также участковых, если они имеются при конкретной схеме взрывания, принимается по табличным данным или вычисляется по формуле

$$R = \rho\,(l/S), \qquad (5.31)$$

где R – сопротивление проводов, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала проводов, которое принимается для медных проводов $0{,}0172 \cdot 10^{-6}$, для алюминиевых $0{,}0286 \cdot 10^{-6}$ и для стальных $0{,}12 \cdot 10^{-6}$ Ом·м;

l – длина проводов, м. Длину проводов принимают на 10 % больше расчётной, учитывая изгибы и сростки;

S – сечение проводов, м^2.

Сопротивление электродетонаторов при расчёте сети принимается по табличным данным с учётом длины выводных проводов (см. табл. 5.3). Сопротивление электродетонаторов нормальной чувствительности в зависимости от длины выводных медных проводов с диаметром жилы 0,5 мм составляет от 1,8 до 3,6 Ом. При расчёте величину сопротивления электродетонаторов нормальной чувствительности обычно принимают равной 3 Ом.

Таблица 5.15

Взрывные приборы и машинки

Наименование прибора (исполнение)	Напряжение, В	Масса, кг	Максимальное сопротивление электровзрывной сети, Ом	Назначение и область применения
Конденсаторный взрывной прибор КВП-1/100М (РВ) КВП-2/200М (РН)	 600 1700	 2 2,5	 320 1700	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, опасных и не опасных по взрыву газа или пыли
Конденсаторный взрывной прибор ПИВ-100М (РВ)	610	2,7	320	
Конденсаторная взрывная машинка КПМ-3 (РН)	1600	3,0	200	Взрывание ЭД нормальной чувствительности на поверхности и в шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли

При электрическом способе взрывания в каждый электродетонатор нормальной чувствительности должен поступать постоянный гарантийный ток силой не менее $I_{гар}$ = 1 А при числе ЭД до 100 штук и не менее $I_{гар}$ = 1,3 А при числе ЭД более 100 штук, или переменный ток силой не менее $I_{гар}$ = 2,5 А.

Для электродетонаторов пониженной чувствительности к блуждающим токам (ЭД-1-8-Т, ЭД-1-3-Т) гарантийный ток следует принимать не менее 5 А.

Проверочный расчёт электровзрывной сети производится по следующим формулам в зависимости от схемы соединения:

а) при последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn}, \quad i = I \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.32}$$

б) при параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + r/n}, \quad i = I/n \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.33}$$

в) при смешанном последовательно-параллельном соединении

$$I = \frac{E}{R + rn/m}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.34}$$

г) при смешанном параллельно-последовательном соединении

$$I = \frac{E}{R + rm/n}, \quad i = I/m \geq I_{\text{гар}}, \tag{5.35}$$

где I – сила тока в электровзрывной сети, А;

E – электродвижущая сила источника тока или напряжение на клеммах, В;

R – сопротивление всех проводов (магистральных, соединительных, участковых) и внутреннее сопротивление источника, Ом;

n – число последовательно соединённых электродетонаторов в сети или группе;

m – число параллельно включённых групп электродетонаторов при смешанном соединении;

i – сила тока, поступающего в каждый электродетонатор, А;

$I_{\text{гар}}$ – гарантийная сила тока, необходимая для безотказного взрывания электродетонаторов, А;

r – сопротивление электродетонатора, Ом.

При проведении горизонтальных выработок обычно применяется последовательная схема соединения электродетонаторов во взрывной сети. В этом случае общее сопротивление взрывной сети можно определить по формуле:

$$R_{\text{общ}} = r_{\text{п}} + r_{\text{с}}L_{\text{с}} + r_{\text{м}}L_{\text{м}}, \tag{5.36}$$

где $r_{\text{с}}$, $r_{\text{м}}$ – сопротивление соответственно 1 м соединительных и магистральных проводов, Ом (принимается по данным табл. 3.16 или рассчитывается по формуле (5.31));

$L_{\text{с}}$, $L_{\text{м}}$ – длина соответственно соединительных и магистральных проводов, м.

Таблица 5.16

Характеристики проводов для электровзрывания

Обозначение	Назначение	Диаметр жилы, мм	Площадь сечения, мм^2	Сопротивление 1 м провода, Ом/м
ВП-05	соединительные	0,5	0,196	0,090
ВП-08	магистральные	0,8	0,502	0,034
ВП-07х2	магистральные	0,7х2	0,769	0,024

Магистральные провода (постоянная взрывная магистраль) подключаются обычно на расстоянии не ближе 30 м от забоя и могут отставать от места взрыва не более чем на 100 м. Место укрытия взрывника при проходке горизонтальных выработок должно находиться не ближе 150 м от забоя. Электровзрывная сеть должна быть двухпроводной.

В шахтах (рудниках), опасных по газу или пыли, должны применяться электродетонаторы только с медными проводами. Это требование также распространяется на соединительные и магистральные провода (кабели) электровзрывной сети.

Если проверочный расчет показывает неприменимость последовательной схемы соединения электродетонаторов (ввиду того, что $i < I_{\text{гар}}$), следует принимать последовательно-параллельную схему соединения. Тогда число последовательно включённых электродетонаторов в сети или группе и число групп, включённых параллельно, определяют по формулам

$$n = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + R}, \tag{5.37}$$

$$m = \frac{E}{2I_{\text{гар}} + r}. \tag{5.38}$$

Если общее число электродетонаторов, подлежащих взрыванию, равно $M = n \cdot m$, то, определив один из множителей, вычисляют другой.

5.4 ВЫБОР БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Тип бурильной машины выбирается в зависимости от коэффициента крепости горных пород, глубины шпуров и необходимой производительности машины при выполняемом объёме буровых работ.

Бурение шпуров производится ручными, колонковыми электро- и пневмосвёрлами, переносными перфораторами и бурильными установками.

Выбор типа бурильной машины и установочного приспособления в зависимости от крепости пород ориентировочно можно производить по табл. 3.1.

Ручные электросвёрла ЭР14Д-2М, ЭР18Д-2М, СЭР-19М применяются для бурения шпуров диаметром 36-44 мм и глубиной до 3 м по углю и породам с коэффициентом крепости до 4.

При бурении по крепким углям и породам средней крепости применяются электросвёрла ЭРП18Д-2М и СРП-1 с принудительной подачей.

Ручные пневматические свёрла СР-3, СР-3М, СПР-8 применяются на шахтах, опасных по газу или пыли, для бурения шпуров диаметром 36 мм и глубиной до 3 м при проведении выработок по углю и породам с коэффициентом крепости до 4. Сверло СГ-3Б с применением пневмоподдержки применяются для бурения шпуров в породах с коэффициентом крепости до 6.

При проведении горизонтальных и наклонных выработок при бурении шпуров диаметром 40-46 мм и глубиной до 5 м в крепких и средней крепости с коэффициентом более 5 применяют переносные перфораторы ПП36В, ПП54В, ПП54ВБ, ПП63В, ПП63ВБ, ПП63П, ПП63С, ПП63СВП массой 24-33 кг с энергией удара от 36 до 63 Дж. Обычно глубина шпуров при бурении переносными перфораторами составляет 1,5-2,5 м.

Таблица 5.17

Область применения бурильных машин и установочных приспособлений

Коэффициент крепости пород	Тип бурильных машин и установочных приспособлений
1,5–3	Ручные электросвёрла и пневмосвёрла, лёгкие перфораторы на пневмоподдержках
4–6	Бурильные установки вращательного действия, перфораторы лёгкого и среднего веса на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
7–9	Бурильные установки вращательно-ударного действия, перфораторы среднего веса и тяжёлые на пневмоподдержках, колонковые или длинноходовые электросвёрла на манипуляторах
10–20	Бурильные установки вращательно-ударного действия, тяжёлые перфораторы на пневмоподдержках, колонковые перфораторы на распорных колонках или манипуляторах

Телескопные перфораторы ПТ-29М, ПТ36М, ПТ38, ПТ48 применяются при проведении восстающих выработок и для бурения шпуров в крепких породах под анкерную (штанговую) крепь.

Для облегчения труда бурильщиков и повышения скорости бурения применяются колонковые электросвёрла, электросвёрла на манипуляторах и колонковые перфораторы.

Колонковые электросвёрла применяются при бурении шпуров диаметром 36-50 мм в породах с коэффициентом крепости 5-10. Промышленностью выпускаются колонковые электросвёрла ЭБГП-1, ЭБГП-2У5, которые устанавливаются на распорных колонках или на манипуляторах бурильных установок.

Съёмные бурильные машины типа БУЭ вращательного действия применяют на бурильных установках при бурении шпуров диаметром 42 мм, длиной до 3 м в породах с f <8.

Колонковые перфораторы, более мощные чем ручные, применяются для бурения шпуров с колонок, манипуляторов и буровых кареток при проведении выработок в крепких и очень крепких породах.

В горнодобывающей промышленности применяют колонковые перфораторы ПК-50, ПК-65, ПК-75, ПК-120, ПК-150. Применение колонковых перфораторов и электросвёрл на распорных колонках при проходке выработок ограничено из-за значительных затрат времени на монтаж, демонтаж и переустановку колонок. Поэтому чистое время бурения составляет 20-35 % от общих затрат времени на бурения шпуров.

Механизированное бурение шпуров производят бурильными установками (каретками) и навесным оборудованием, смонтированным на погрузочных машинах.

Отечественной промышленностью выпускаются бурильные установки (каретки) вращательного бурения с колонковыми электросверлами БУЭ-1м, БУЭ-2, вращательно-ударного и ударно-поворотного бурения БУ-1, БУР-2, СБУ-2м, СБУ-2К, УБШ.

В угольной промышленности наибольшее распространение получили установки БУ-1, БУР-2, БУЭ-1 и БУЭ-2. С использованием этих установок проводят около 50 % выработок.

Установки вращательного бурения применяют при проведении выработок в породах с f < 8; ударно вращательного действия с машинами БГА-1 в породах с f = 6-10, с машинами БГА-1М, БГА-2М в породах с f = 10-14; ударно-поворотного действия в породах с f = 10-20.

Технические характеристики бурильных установок приведены в табл. 5.2 – 5.3.

При определении бурильного оборудования следует принимать один перфоратор (сверло) не менее чем на 2 м^2 площади забоя горизонтальной или наклонной выработки; на каждые три рабочие машины одну резервную.

Одну бурильную установку принимают не менее чем на 9 м^2 площади забоя горизонтальной выработки. На каждую работающую в забое установку – рабочий и резервный комплекты инструмента.

Таблица 5.18

Характеристики отечественных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики	Тип бурильной установки					
	УБШ-204 (БУЭ-1М)	УБШ-214А	УБШ-308У (1СБУ-2)	УБШ-303 (1БУР-2)	УБШ-254	УБШ-332Д
Коэффициент крепости пород f	4-8	4-16	8-14	4-16	8-14	8-14
Диаметр шпуров, мм	42	42-52	42-52	42-52	42-52	42-52
Длина шпуров, м	2,75	2,75	2,8	2,8	2,4	3,0

Зона бурения, м^2		6-12	4,2-12	до 20	до 20	до 12	8-22
Бурильная машина	тип	БУЭ	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	М2 (БГА-2М)	«Норит-1» (гидравл.)	М2 (БГА-2М)
	кол-во	1	1	2	2	1	2
Тип платформы		рельс.	рельс.	гусен.	рельс.	гусен.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		8,2	6,0	7,8	7,1	7,2	11,0
ширина		1,3	1,0	1,6	1,15	1,4	1,75
высота		0,9	1,5	1,7	1,65	1,8	2,3
Масса, т		5,4	4	8,6	5	7,2	12

Таблица 5.19

Характеристики зарубежных бурильных установок для бурения шпуров при проходке горизонтальных выработок

Характеристики		Тип бурильной установки				
		Minimatic 205-40	Mini 206-60	Paramatic 305-60	Rocket Bomer 104S	Rocket Bomer 282S
Коэффициент крепости пород *f*		8-20	8-20	8-20	8-20	8-20
Диаметр шпуров, мм		32-50	32-50	32-50	32-50	32-50
Длина шпуров, м		3,4	3,4	3,4	4,0	4,0
Высота обуривания, м		6,0	6,4	7,1	4,7	6,3
Ширина обуривания, м		8,8	9,8	10,4	4,7	8,7
Зона бурения, м^2		8-49	8-60	12-68	до 20	до 45
Бурильная машина	тип	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	HL 510S-45 гидравл.	COP 1838 ME пневмат.	COP 1838 ME пневмат.
	кол-во	2	2	3	1	2
Тип платформы		пневм.	пневм.	пневм.	пневм.	пневм.
Размеры (м) в транспортном положении: длина		12,3	12,7	5,3	9,8	12,1
ширина		1,98	2,24	2,5	2,0	2,0
высота		2,35	2,35	2,8	2,6	3,1
Масса, т		19	20	36	14	18

При применении бурильных установок глубина шпуров изменяется от 2 до 3,75 м. В этом случае необходимо использование прямых врубов, так как обуривание вертикального клинового вруба в большинстве случаев технически неосуществимо из-за невозможности соблюдения требуемого угла наклона врубовых шпуров.

При ручном бурении шпуров площадь забоя, приходящаяся на одну бурильную машину, изменяется в широких пределах – от 2 до 5 м^2.

5.5. СОСТАВЛЕНИЕ ПАСПОРТА БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

На основании выполненных расчетов составляется паспорт буровзрывных работ, который включает в себя: характеристику выработки; характеристику пород; схему расположения шпуров в трёх проекциях; наименования ВМ; способ взрывания; данные о способе заряжания, числе шпуров, их глубине и диаметре, массе и конструкции зарядов, последовательности и количестве приёмов взрывания зарядов, материале забойке и её длине, длинах ударно-волновых трубок систем неэлектрического взрывания; схему монтажа взрывной (электровзрывной) сети с указанием длины (сопротивления), замедлений, схемы и времени проветривания забоя.

Дополнительно указывается величина радиуса опасной зоны, места укрытий взрывника и рабочих, установки постов охраны и предупредительных знаков.

В шахтах, опасных по взрыву газа или пыли, в паспорте должны быть указаны количество и схема расположения специальных средств по предотвращению взрывов газа (пыли), а также режим взрывных работ.

Пример оформления графической части:

Паспорт
буровзрывных работ на проведение

_____

(*наименование выработки*)

1. Характеристика выработки

1.1. Форма сечения выработки _____

1.2. Площадь поперечного сечения выработки вчерне, м^2 _____

1.3. Размеры сечения выработки - высота, м _____

- ширина, м _____

1.4. Категория шахты по газу или пыли _____

2. Характеристика пород

2.1. Наименование пород _____

2.2. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодьяконова _____

2.3. Трещиноватость пород _____

2.4. Обводнённость пород _____

3. Исходные данные

3.1. Наименование ВВ и средств инициирования _____

3.2. Способ взрывания _____

3.3. Диаметры - шпуров, мм _____

- патронов, мм _____

3.4. Тип вруба _____

3.5. Материал забойки _____

3.6. Схема соединения электродетонаторов _____

3.7. Источник электрического тока _____

4. Расчётные данные по шпурам

№№ шпуров	Наименование шпуров по назначению	Глубина шпуров, м	Угол наклона шпуров, град.	Расстояние между шпурами, м	Величина заряда в шпуре, кг	Длина заряда, м	Длина забойки в шпуре, м	Очередность взрывания, интервал замедления, мс	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

5. Схема расположения шпуров

Схема расположения вычерчивается в масштабе 1:50 или 1:20 в трёх проекциях (см. Приложение 3). При применении прямых врубов дополнительно в масштабе 1:20 или 1:10 приводится схема вруба.

6. Конструкции зарядов

В схемах конструкций врубовых, вспомогательных (отбойных) и оконтуривающих зарядов указывается место установки патронов-боевиков, количество патронов, длина заряда и забойки.

7. Основные показатели буровзрывных работ

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Коэффициент использования шпуров	-	
2	Подвигание забоя за взрыв	-	
3	Объём горной массы за взрыв	$м^3$	
4	Количество шпуров на цикл	шт.	
5	Количество шпурометров на цикл	м	
6	Количество шпурометров на 1 погонный метр выработки	м шп./м	
7	Количество шпурометров на 1 $м^3$ взорванной породы	м шп./$м^3$	
8	Расход ВВ на цикл	кг	
9	Расход ВВ на 1 метр выработки	кг/м	
10	Расход ВВ на 1 $м^3$ взорванной породы	кг/$м^3$	
11	Расход средств инициирования на цикл: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	
12	Расход средств инициирования на 1 метр выработки: ЭД КД (СИНВ-Ш) детонирующего шнура	 шт. шт. м	

8. Меры безопасности

8.1. Место укрытия взрывника и рабочих на момент взрыва_____

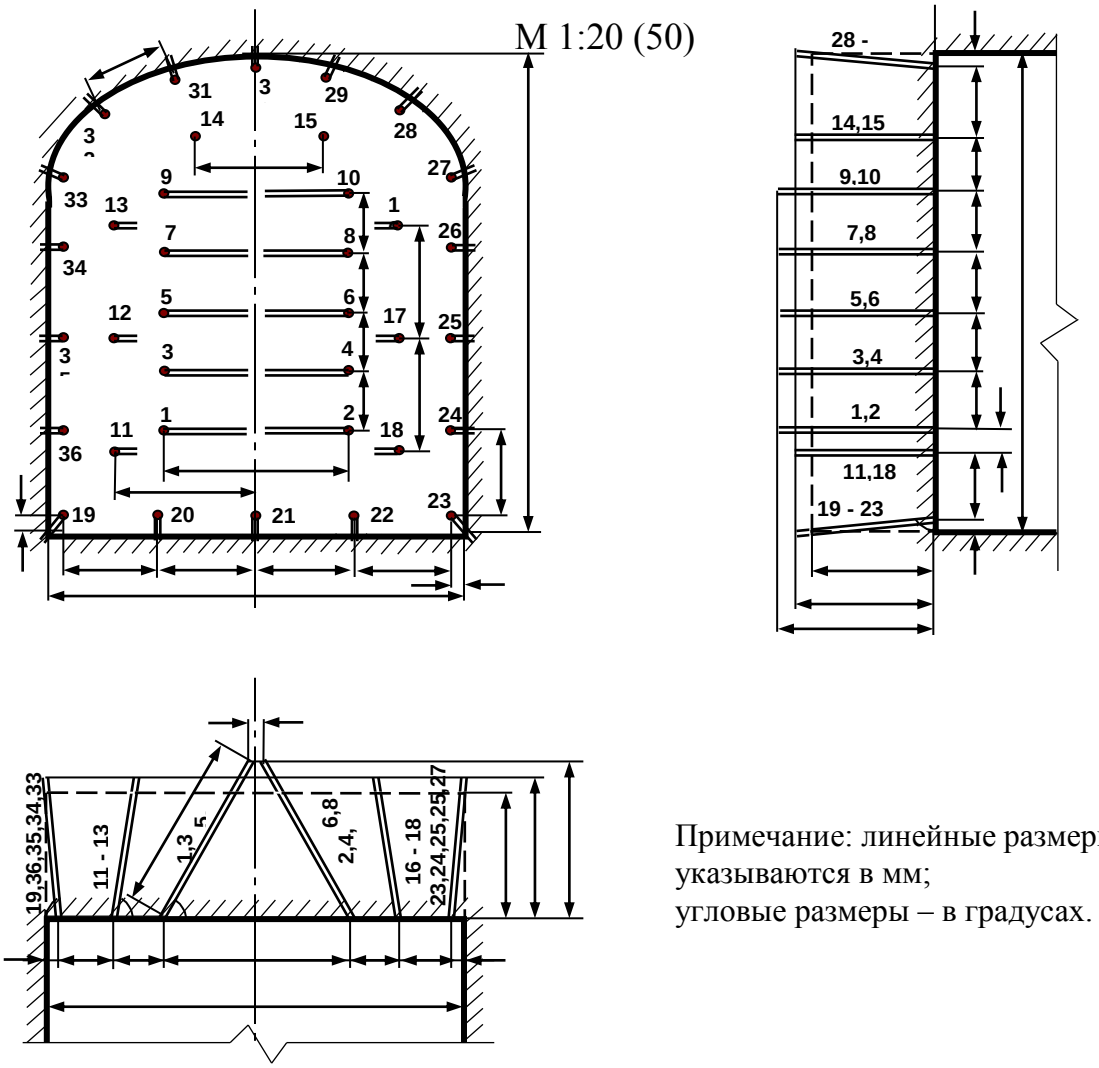
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

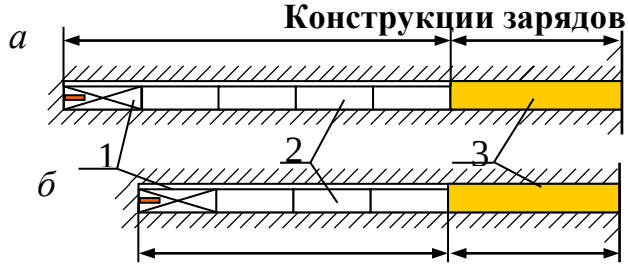
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

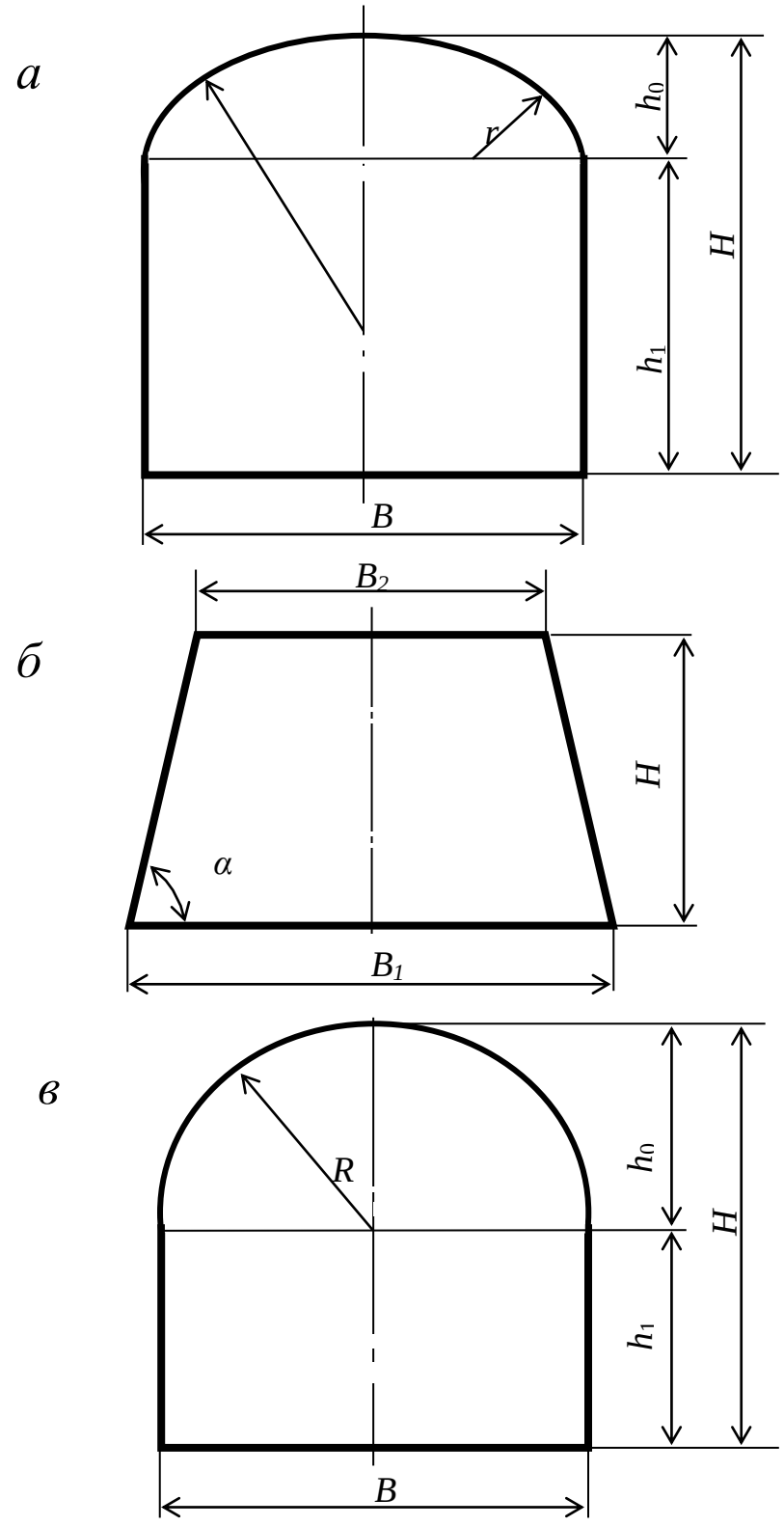
Конструкции зарядов



а – врубовые шпуры;
б – вспомогательные (отбойные) и оконтуривающие шпуры;
1 – патрон-боевик (аммонит № 6ЖВ);
2 – патроны ВВ (аммонит № 6ЖВ);
3 – забойка (песчано-глиняная, водяная)

Примечание. В шахтах, не опасных по взрыву газа или пыли, допускается взрывание зарядов без забойки (устанавливается руководителем предприятия и указывается в паспорте БВР).

Формы поперечного сечения горизонтальных выработок



$h_0 = B / 3$;
$h_1 = B - h_0$;
$R = 0{,}694\ B$;
$R = 0{,}262\ B$.

$$\alpha = \operatorname{arctg}\frac{2H}{B_1 - B_2}$$

Рис. П4.1. Формы поперечного сечения горизонтальных выработок:
а – сводчатая с трёхциркульным (коробовым) сводом;
б – трапецевидная;
в – арочная с полуциркульным сводом

Формулы для вычисления площади поперечного сечения и периметра выработок:

Форма поперечного сечения выработки	Площадь поперечного сечения	Периметр
Сводчатая с коробовым сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}26 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}33 \cdot B$
Трапециевидная	$\frac{B_1 + B_2}{2} \cdot H$	$B_1 + B_2 + \frac{2H}{\cos \alpha}$
Арочная с полуциркульным сводом	$B \cdot (h_1 + 0{,}39 \cdot B)$	$2 \cdot h_1 + 2{,}57 \cdot B$

Рекомендуемая литература

1. Корнилков М.В. Разрушение горных пород взрывом: конспект лекций. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 202 с.

2. Латышев О.Г., Петрушин А.Г., Азанов М.А. Промышленные взрывчатые материалы: учебное пособие. - Урал. гос. горный ун-т. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2009. - 221 с.

3. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Часть 1. Разрушение горных пород взрывом: Учебник. – М.: Изд. МГГУ, 2007. – 345 с.

4. Кутузов Б.Н. Безопасность взрывных работ в горном деле и промышленности. – М.: Горная книга, 2009. – 670 с.

5. Латышев О.Г. Физика разрушения горных пород при бурении и взрывании: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд. УГГУ, 2004. – 201 с.

6. Правила безопасности при взрывных работах (утверждены приказом Ростехнадзора от 16.12.2013 г. № 605; в редакции приказа Ростехнадзора от 30.11.2017 г. № 518). – М., 2018.

7. Взрывчатые вещества и средства инициирования. Каталог. М.: ГосНИП «РАСЧЕТ», 2003. 269 с.

8. Справочник взрывника / Под общей редакцией Б. Н. Кутузова. М.: Недра, 1988. 511 с.

Учебное издание

Сынбулатов Владимир Владимирович
Прищепа Дмитрий Вячеславович

БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Буровзрывные работы» для студентов специальности 21.05.02 «Прикладная геология»

Редактор *Д. В. Прищепа*

Подписано в печать «__»_____2019 г. Бумага писчая. Формат 60 × 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 3,68. Уч.-изд. л. 5,4. Тираж 100. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВПО
Уральский государственный горный университет

Факультет геологии и геофизики

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

Г.П.Дворник

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕЛОГИЯ

Конспект лекций для студентов очного и заочного обучения (РМ)

Екатеринбург, 2018г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Задачи и объекты горнопромышленной геологии. Геометрические элементы тел полезных ископаемых 3
2. Элементы залегания тел полезных ископаемых. Классификация форм залежей 8
3. Уровни строения тел полезных ископаемых. Классификация залежей по условиям залегания для целей эксплуатации 12
4. Анизотропия свойств тел полезных ископаемых. Симметрия форм залежей 17
5. Геолого-промышленные уровни строения залежей. Изменчивость свойств тел полезных ископаемых 21
6. Геологоразведочные работы на горных предприятиях. Доразведка месторождений полезных ископаемых 26
7. Опережающая эксплуатационная разведка месторождений 31
8. Сопровождающая эксплуатационная разведка месторождений 36
9. Геологическая документация на горных предприятиях 40
10. Геолого-технологическое картирование руд при разработке месторождений 45
11. Опробование на горных предприятиях 50
12. Эксплуатационные кондиции на минеральное сырье……55
13. Подсчет запасов полезных икопаемых при эксплуатации меторождений. Современные методы подсчета запасов полезных ископаемых с спользованием компьютерных технологий 60
14. Показатели экономической эффективности разработки эксплуатируемых месторождений 65
15. Геолого-экономическая оценка техногенных месторождений 69
16. Сопоставление данных разведки и разработки месторождений твердых поленых ископаемых..... 74
17. Геофизические исследования на горных предприятиях……. ……..79
18. Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования при эксплуатации месторождений..... 83
19. Промышленная классификация запасов полезных ископаемых, учет их потерь и разубоживания 88
20. Планирование добычных работ на горных предприятиях. Управление качеством руд. Усреднение руд при добыче 92
21. Мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых 97

Рекомендуемая литература……... 102

ЛЕКЦИЯ 1

ЗАДАЧИ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ГЕОЛОГИИ. СВЯЗЬ ЕЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ

Горнопромышленная (или рудничная) геология изучает методы, организацию и технологию геологического обеспечения горного производства при эксплуатации МПИ.

Основными задачами горнопромышленной геологии являются:

1) контроль за состоянием минерально-сырьевой базы и обеспеченностью горного предприятия разведанными запасами полезных ископаемых;

2) доразведка и эксплуатационная разведка месторождений полезных ископаемых с целью уточнения количества и качества запасов основных и попутных полезных ископаемых и полезных компонентов;

3) оперативный пересчет запасов полезных ископаемых в процессе эксплуатации месторождения;

4) учет движения запасов при разработке месторождения;

5) контроль качества полезных ископаемых и усреднение руд;

6) учет потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождения;

7) изучение гидрогеологических, инженерно-геологических и горно-технических условий эксплуатации месторождения.

Горнопромышленная геология сформировалась на стыке геологических и горных наук. По образному выражению академика А.П. Карпинского «Геология пришла к нам через горное дело». Зарождение и развитие горнопромышленной геологии неразрывно связано с горным промыслом. Первыми полезными ископаемыми, целенаправленно добываемыми человечеством, начиная с VI-V веков до н. э., были золото, медь, олово, драгоценные камни. Первые работы, освещающие отдельные вопросы горнопромышленной геологии, принадлежат Георгу Бауэру (Агриколле), изучавшему в XVI веке геологию месторождений

Рудных гор. В России рудничная геология начала развиваться с 1584 г., когда был учрежден Государев приказ каменных дел. В XVIII веке горнопромышленная геология получила развитие благодаря трудам В.Н. Генина (Описание уральских и сибирских заводов, 1735 г.), В.Н. Татищева (Горный устав), М.В. Ломоносова (О слоях земных), Ивана Шлаттера. В XIX веке аналогичные обобщения по рудничной геологии были сделаны И.С. Гавеловским (О разведках гор, 1825 г.), В.Ю. Саймоновым (Инструкция горным партиям, 1829 г.), И.А. Корзухиным (Горноразведочное дело, 1898 г.).

ВИДЫ ОБЪЕКТОВ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

Основными объектами горнопромышленной геологии являются месторождения полезных ископаемых, а также тела (или залежи) полезных ископаемых в пределах горного отвода. Горнопромышленный объект представляет собой геотехническую систему, включающую совокупность природных и искусственных объектов. Горнопромышленные объекты подразделяются на административно-производственные, горнотехнические и горногеологические. В иерархии горнопромышленных объектов В.В.Ершов выделяет 6 уровней (табл. 1).

Таблица 1

Классификация горнопромышленных объектов

Уровни	Объекты		
	Административно-производственные	Горнотехнические	Горно-геологические
I	Горнометаллургический комбинат	Горный отвод	Месторождения полезных ископаемых
II	Рудник, шахта, карьер	Рудничное, карьерное, шахтное поле	Тело (залежь) полезных ископаемых
III	Производственный участок	Выемочный участок	Часть тела полезного ископаемого, типы и сорта полезных ископаемых
IV	Производственный участок	Горная выработка, забой	Локальное обособление полезных ископаемых
V	Система транспортировки и складирования	Транспортирующие и аккумулирующие емкости	Порция полезных ископаемых и отвальной породы, товарная продукция
VI	Система обогащения	Дробильное и обогатительное оборудование	Порция концентрата, хвостов обогащения

Горным отводом называется часть недр, предоставляемая горному предприятию для разработки месторождений полезных ископаемых. Он включает *рудничные*, *шахтные* или *карьерные* поля. Они состоят из *выемочных участков* – относительно самостоятельных частей, на которые эксплуатируемое месторождение разделяется по площади или в разрезе по различным признакам. К ним относятся: 1) условия вскрытия; 2) условия проветривания; 3) системы разработки; 4) средства отбойки, выемки, транспортирования. Выемочные участки включают *выемочные единицы (эксплуатационные блоки)*. Последние состоят из *конструктивных элементов систем разработки*. Они представлены подготовительными, нарезными и очистными горными выработками. **Забой** – это поверхность массива полезных ископаемых или горных пород, которая перемещается в процессе горных работ по выемке. Выделяют забои подготовительных и очистных горных выработок. Забои различают по форме (прямолинейные, уступные), по расположению в пространстве (по простиранию, вкрест простирания тела полезного ископаемого, по падению, восстанию), по характеру и режиму функционирования (действующие, запасные, резервные).

По структуре забои всех типов могут быть простыми (с одним типом или сортом руды) и сложными (с разными типами и сортами полезных ископаемых). На IV уровне в забое полезное ископаемое из статического состояния в массиве переходит в динамическое состояние – в отвал руды. Динамическими объектами являются также порции полезных ископаемых и горных пород, поступающие в систему транспортирования и складирования горного предприятия и на обогатительную фабрику, с выделением концентратов полезных ископаемых и хвостов обогащения.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Залежь полезных ископаемых представляет собой природное геологическое тело, которое имеет внешнюю форму и внутреннее строение и занимает определенное положение в пространстве. Геометрические элементы геологиче-

ских тел изучает *геокинематика*, основы которой изложены в работах Л.И. Четверикова.

Основными геометрическими элементами залежи полезных ископаемых являются: поверхность, линия выклинивания, мощность, длина, ширина, срединная поверхность, ось и центр тела.

1. Под *поверхностью залежи* понимается фактически существующая или условная поверхность, отделяющая тело полезных ископаемых от вмещающих его пород.

2. *Выклинивание залежи* – это взаимное пересечение двух противоположных ее поверхностей, а замкнутая линия их пересечения называется *линией выклин*ивания.

3. *Мощность тел полезных ископаемых* (М) – это расстояние по прямой между двумя противолежащими поверхностями залежи. Тогда *линия мощности* – это отрезок прямой, отсекаемый данными поверхностями. В зависимости от способов замеров мощности выделяют *наклонную, вертикальную, горизонтальную, нормальную или истинную мощность* тела. Нормальная (или истинная) мощность является кратчайшим расстоянием между поверхностями тел в месте замера. Мощность называется нормальной потому, что при этом линии мощности представляют собой нормали к срединной поверхности залежи или оси тела.

4. *Срединная поверхность* представляет собой условную поверхность, проходящую внутри тела через середины линий мощности. В практике геологоразведочных работ часто делают разрезы по срединной поверхности при подсчете запасов полезных ископаемых, называя их разрезами в плоскости тела полезного ископаемого, или по его простиранию. У плоских пластовых тел полезных ископаемых срединная поверхность представляет собой плоскость. У залежей полезных ископаемых изогнутой формы (седловидных, чашеобразных) срединная поверхность является кривой изогнутой поверхностью.

5. Под *осью тела* полезных ископамых понимается условная линия, проходящая вдоль тела по его середине, от одного его конца до другого. Ось тела лежит на срединной поверхности и пересекает контур тела в двух его крайних точках. Она может быть как прямой, так и кривой линией.

6. *Длина тела полезных ископаемых* (*L*) представляет собой расстояние между его крайними точками, замеренное по оси залежи.

7. Под *шириной* вытянутого пластообразного тела (*H*) понимается длина линий пересечения срединной поверхности плоскостью сечения, нормальной к оси залежи. А ширина невытянутого плоской формы тела – это длина линий пересечения срединной поверхности нормальной к ней плоскостью, секущей тело через его центр.

8. *Центр залежи* выделяется для тел изометричной или близкой к ней формы. Под ним понимается центр тяжести геометрической формы залежи.

Ширина (*H*) тел полезных ископаемых, как и их мощность (*M*), не является постоянной величиной. В этой связи определяют среднее значение ширины вытянутого тела:

$$1)\ \overline{H} = \frac{S}{L},$$

где: *S* – площадь срединной поверхности, м^2; *L* – длина тела, м.

Для тел полезных ископаемых вытянутой формы важной характеристикой является *показатель вытянутости формы (B*). В случае тел сплюснуто-вытянутой формы:

$$2)\ B = \frac{L}{\overline{H}} = \frac{L^2}{S}$$

Для тел трубообразной формы:

3) $B = \frac{L}{\overline{M}}$, где *L* – длина тела, м; $\overline{M}$ – средняя мощность тела, м.

ЛЕКЦИЯ 2

ЭЛЕМЕНТЫ ЗАЛЕГАНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Элементы залегания залежи включают ее простирание, падение и склонение.

1. *Простирание залежи* – это направление, в котором вытянуто ее горизонтальное сечение.

2. *Линией простирания* тела полезных ископаемых является линия пересечения срединной поверхности залежи горизонтальной плоскостью.

3. *Азимут простирания залежи (α)* – это горизонтальный угол между северным направлением меридиана и прямой, касательной к линии простирания. На практике нередко определяют средний азимут простирания залежи ($\overline{\propto}$) по формуле:

$$1)\ \overline{\propto} = \sum \propto_i \times \frac{l_i}{L}$$

где: $\propto_i$ – азимут простирания *i*-того прямолинейного отрезка,

l_i– длина *i*-того прямолинейного отрезка, м;

L – длина линии простирания, м.

4. *Падение* является геолого-геометрическим элементом, характеризующим поведение тела полезных ископамых по вертикали.

5. *Линия падения залежи* – это линия пересечения срединной поверхности тела вертикальной плоскостью, перпендикулярной к линии простирания.

6. *Угол падения* (*φ*) – это вертикальный угол, образуемый линией падения и горизонтальной плоскостью. Угол падения характеризует наклон срединной поверхности относительно горизонтальной плоскости.

7. *Азимутом падения* (*β)* залежи является горизонтальный угол между северным направлением меридиана и проекцией линии падения на горизонтальную плоскость. Для залежей полезных ископаемых часто определяют средние значения угла падения и азимута падения. Они характеризуют линию общего падения залежи полезных ископаемых.

8. При сложном наклонном залегании вытянутого тела полезного ископаемого важной характеристикой его положения в пространстве является *склонение залежи*. Под склонением понимается направление оси залежи в пространстве. Склонение отсутствует, когда ось залежи совпадает с линией падения или линией простирания. Его нет также у залежей, для которых нельзя выделить ось.

9. *Угол склонения* залежи – это вертикальный угол между осью залежи и проекцией ее на горизонтальную плоскость.

10. *Азимутом склонения* залежи называется горизонтальный угол между северным направлением меридиана и проекцией оси залежи на горизонтальную плоскость.

11. *Общее склонение* залежи характеризуют средние значения угла склонения и азимута склонения.

Залежи полезных ископаемых по своей вытянутости, определяемой значением показателя вытянутости *(B)*, делятся на 4 группы: 1) невытянутые (B<2), 2) слабо вытянутые (B=2-5), 3) вытянутые (B=5-10), 4) сильно вытянутые (B>10).

Залегание залежей полезных ископаемых может быть выдержанное и невыдержанное. *Выдержанное залегание* тел полезных ископаемых характеризуется постоянством их простирания, падения и склонения. В этом случае срединная поверхность залежи представляет собой плоскость, а ось залежи – прямую линию.

При невыдержанном залегании тела полезного ископаемого срединная поверхность залежи криволинейная, а ось тела представляет кривую линию. При невыдержанном залегании залежи ее общее залегание выражается средними значениями азимута падения и угла падения, а при наличии только оси залежи характеризуется средними значениями азимута склонения и угла склонения.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ФОРМ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Классификация форм тел полезных ископаемых основана на использовании геометрических показателей формы залежей: 1) мощности (*M*), 2) ширины (*H*), 3) длины (*L*), 4) показателя вытянутости (*B*), 5) показателя сплюснутости (*C*), 6) срединной поверхности и 7) оси залежи.

Показатель сплюснутости (C) залежи представляет отношение средней ширины ($\overline{H}$) к средней мощности ($\overline{M}$). К сплюснутым относятся залежи, у которых $C \geq 2$.

По этим геометрическим показателям тела полезных ископаемых классифицируются на 4 типа (табл. 2).

Таблица 2

Классификация основных форм тел полезных ископаемых

Тип	Геометрическое определение формы	Простое залегание	Сложное залегание	Характеристика формы
I	Присутствуют срединная поверхность, ось тела M<H<L B≥2, C≥2	Срединная поверхность – плоскость, линии мощности параллельны	Срединная поверхность кривая, линии мощности не параллельны	Залежи вытянутой, сплюснутой формы (пласты, жилы, лентовидные залежи)
II	Присутствует срединная поверхность M<H C≥2, B<2	Срединная поверхность – плоскость, линии мощности параллельны	Срединная поверхность кривая, линии мощности не параллельны	Изометрические в плане тела плитообразной сплюснутой формы (линзы, дисковидные залежи)
III	Присутствует ось тела M<L, B≥2, C<2	Ось тела - прямая линия	Ось тела – кривая линия	Вытянутые тела трубообразной формы (трубки, столбы)
IV	Присутствует мощность (M). Линии мощности располагаются радиально, проходя через центр тела (B<2, C<2)	Форма близка к шару или овалоиду. Значения мощности меняются незначительно	Поверхность тела сильно изменчива, значения мощности меняются значительно	Тела изометрической, шаровидной формы (штоки, штокверки, гнезда)

Количественным показателем сложности формы залежи полезных ископаемых является *контурный модуль*. Он рассчитывается в проекциях тела полезного ископаемого на горизонтальную, вертикальную или наклонную плоскости. Согласно одним авторам (Л.И. Четвериков), контурный модуль можно опреде-

лить, зная площадь разведанного контура залежи (S_p), его длину (l_p) и периметр (P_p) по формуле:

$$3)\ M = \frac{P_p}{\left[2\times\left(l_p+\frac{S_p}{l_p}\right)\right]} + 0{,}121$$

По величине этого модуля тела полезных ископаемых по сложности их контура классифицируются на 5 групп: 1) весьма простые (M=1,0-1,2), 2) простые (M=1,2-1,4), 3) средние (M=1,4-1,6), 4) сложные (M=1,6-1,8), 5) весьма сложные (M>1,8).

По другим авторам (Ясковский П.П.), контурный модуль можно рассчитать как отношение фактического периметра разведанного контура залежи (P_p) к теоретическому периметру (P_m) равновеликой простой фигуры (круга, эллипса, прямоугольника) по формуле:

$$4)\ M_k = \frac{P_p}{P_m}$$

При этом для определения теоретического периметра круга, эллипса и прямоугольника применяются следующие формулы:

$$5)\ P_m = 2\sqrt{\pi S}\ \text{ - для круга,}$$

$$6)\ P_m = 1{,}5\cdot\sqrt{\frac{\pi S}{a}}\cdot(a+1)\ \text{ - для эллипса,}$$

$$7)\ P_m = 2\cdot\sqrt{\frac{S}{b}}\cdot(b+1)\text{- для прямоугольника,}$$

где: S – площадь тела полезного ископаемого, м^2;

a – отношение большей и меньшей полуосей эллипса;

b - отношение длинной и короткой сторон прямоугольника.

По значению контурного модуля выделяют по форме четыре группы тел: 1) простые ($Mк$=1,0-1,2), 2) относительно простые ($Mк$=1,2-1,5), 3) сложные ($Mк$=1,5-2,0), 4) весьма сложные ($Mк$>2,0).

Форма тел полезных ископаемых является основным фактором, определяющим выбор способа вскрытия, системы разработки, уровень потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождений.

Форма и размеры залежей полезных ископаемых (в плане и разрезах) определяют общие размеры горного отвода, карьерных, рудничных и шахтных полей, способы и схемы вскрытия месторождения, некоторые параметры системы разработки, развитие транспортной сети, схему вентиляции.

При открытой разработке тел полезных ископаемых компактной изометричной формы применяются сплошные системы разработки карьером с внешним отвалообразованием и перевозкой пород вскрыши автотранспортом. При разработке месторождений вытянутой формы (пластов, жил) перевозка вскрыши осуществляется железнодорожным транспортом.

При подземной разработке изометричных залежей с небольшой горизонтальной площадью усложняется техника и организация ведения горных работ вследствие вскрытия и подготовки запасов руды к очистной выемке сразу на нескольких горизонтах и создания сложных схем проветривания горных выработок.

ЛЕКЦИЯ 3

УРОВНИ СТРОЕНИЯ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Залежь полезного ископаемого является сложным геологическим объектом. Внутреннее строение залежи можно рассматривать как систему природных (геологических, минералогических и геохимических) уровней. В строении типовой теоретической структурно-иерархической модели залежи (ТТСИМЗ) выделяется 6 природных уровней (табл. 3).

Таблица 3

Иерархия уровней строения тел полезных ископаемых

Уровень строения	Геологический элемент неоднородности (ГЭН)	Размер ГЭН, м
1. Месторождение полезных ископаемых	Тело полезного ископаемого	$nx(10^2\text{-}10^4)$
2. Тело полезного ископаемого	Морфологически обособленный участок залежи полезного ископаемого	$nx(10^0\text{-}10^2)$
3. Участок тела полезного ископаемого (технологический тип, промышленный сорт полезного ископаемого)	Однородная по качеству часть тела полезного ископаемого (природный тип полезного ископаемого)	$nx(10^{-1}–10^1)$

4. Однородная часть тела полезного ископаемого (природный тип полезного ископаемого)	Минеральный агрегат	$nx(10^{-3}\text{-}10^{-1})$
5. Минеральный агрегат	Минеральный индивид	$nx(10^{-4}\text{-}10^{-2})$
6. Минеральный индивид	Молекулярный или химический состав	$nx10^{-5}$

На первом структурном уровне геологическим элементом неоднородности (ГЭН) являются залежи полезных ископаемых, входящие в состав месторождения. К ГЭН 2 уровня относятся морфологически обособленные участки тел полезных ископаемых. Например, пласты, пропластки в пластовых залежах сложного строения. ГЭН 3 уровня являются качественно однородные части залежей. Например, природные типы руд (серноколчеданные, медноколчеданные, колчеданно-полиметаллические). На 4 уровне к ГЭН относятся локальные обособления полезных ископаемых, различающиеся по текстуре минеральных агрегатов (массивные, вкрапленные, прожилковые руды). ГЭН 5 уровня являются минеральные индивиды (зерна) полезных ископаемых, слагающие минеральные агрегаты различной структуры (мелко-, средне-, крупнозернистые и т.д.).

К ГЭН на наиболее высокочастотном 6 уровне относятся молекулы или атомы, характеризующие химический состав полезных ископаемых (например, содержание Al_2O_3 и SiO_2 в бокситах, Cu – в колчеданных рудах).

Уровенные строение залежей полезных ископаемых на конкретных месторождениях определяется степенью сложности их геологического строения. Приведем характерные примеры. В строении месторождения каменной соли 2-й группы сложности выделяют 4 структурных уровня. ГЭН на этих уровнях являются: 1) отдельная пачка слоев в соляной толще, 2) отдельный слой в пачке, 3) отдельный прослой в слое, 4) отдельные зерна соли в прослое. В качестве другого примера рассмотрим иерархическую модель аллювиальной россыпи алмазов. В строении алмазоносных россыпей, относящихся к 4 группе сложности, В.И. Набиуллин выделяет 7 структурных уровней и соответствующих им ГЭН: 1) геоморфологически обособленный отрезок россыпи (4600-9300 м), 2) морфологически обособленный участок россыпи (1500-3400 м), 3) струеобразное скопление алмазов (400-890 м), 4) линзообразное скопление (90-160 м), 5)

гнездообразное скопление (25-40 м), 6) карманообразное скопление (10-12 м), 7) локальное скопление отдельных кристаллов алмазов ($n \times 10^{-1}$м).

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЛЕЖЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО УСЛОВИЯМ ЗАЛЕГАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На стадии эксплуатации месторождений к условиям залегания тел полезных ископаемых (углу их падения, мощности, глубине залегания) горной промышленностью предъявляются определенные требования.

Залежи полезных ископаемых *по углу падения* делятся на следующие группы: 1) горизонтальные и весьма пологие (0-10°); 2) пологие (10-30°); 3) наклонные (30-45°); 4) крутопадающие (45-90°).

Единой классификации тел полезных ископаемых *по мощности* не существует. Их разделяют на классы, неодинаковые для разных способов разработки и вида полезных ископаемых (рудные, нерудные).

При открытой разработки месторождений полезных ископаемых рудные тела делятся на: 1) весьма маломощные (до 2 м), 2) малой мощности (2-10 м), 3) средней мощности (10-20 м), 4) мощные (20-50 м), 5) весьма мощные (более 50 м).

Рудные тела, предназначенные для подземной разработки, подразделяются на следующие классы: 1) тонкие (до 0,8 м), 2) маломощные (0,8-3 м), 3) средней мощности (3-8 м), 4) мощные (8-30 м), 5) весьма мощные (более 30 м).

Угольные пласты при подземной разработке делятся на: 1) весьма тонкие (до 0,7 м), 2) тонкие (0,7-1,2 м), 3) средней мощности (1,2-3,5 м), 4) мощные (более 3,5 м).

По *выдержанности залежей по мощ*ности они делятся на 4 типа:

1) выдержанные – имеющие рабочую мощность в пределах шахтного поля, месторождения, района или даже бассейна;

2) относительно выдержанные – в пределах которых блоки с нерабочей мощностью составляют не более 25% площади залежи;

3) невыдержанные (прерывистые) – внутри которых блоки с нерабочей мощностью занимают 25-50% площади залежи;

4) крайне невыдержанные – в пределах которых блоки с нерабочей мощностью составляют более 50% площади залежи.

По *глубине залегания* залежей полезных ископаемых, определяющей способ их разработки (открытый, подземный или комбинированный) они подразделяются на: 1) неглубоко залегающие (до 100 м), 2) средней глубины залегания (100-200 м), 3) глубоко залегающие (200-300 м), 4) весьма глубоко залегающие (300-500 м), 5) исключительно глубоко залегающие (более 500 м).

Глубина подземной разработки месторождений обычно не превышает 1000 м, за исключением ЮАР (золото-урановые месторождения района Витватерсранд, около 5 км), Индии (провинция Колар, золото, 3,5 км), Канады и США (2-2,5 км).

Классификация типов и сортов руд в залежах полезных ископаемых разработана для целей добычи и обогащения полезных ископаемых. В классификации руд выделяются 4 уровня, образующих иерархическую систему в порядке от крупных подразделений к мелким: 1) технологический тип, 2) промышленный сорт, 3) технологический сорт, 4) природный тип руд.

Технологические типы руд различаются способом переработки. Например, на железорудных месторождениях выделяются руды для плавки (мартеновские и доменные), для агломерации (богатые), для обогащения (рядовые и бедные). Эти типы руд выделяются по содержанию в них железа и вредных примесей (серы и фосфора). На многих рудных месторождениях к различным технологическим типам относятся первичные и окисленные руды, так как они требуют разных схем переработки. Каждый технологический тип руды должен быть оконтурен, раздельно добыт и переработан.

Промышленные сорта руд отличаются по области применения или кондициям – экономически обоснованным показателям качества. Например, на рудных месторождениях выделяют богатые, рядовые и бедные руды. По количе-

ству ценных компонентов руды делятся на комплексные и некомплексные. Комплексные руды подразделяют по соотношению компонентов, например, руды медные и цинковые на колчеданных месторождениях. Часто внутри технологического типа выделяется несколько промышленных сортов руд. Каждый промышленный сорт должен быть оконтурен и запасы его подсчитаны отдельно.

Технологические сорта руд различаются показателями обогащения, что обусловлено их текстурно-структурными и минералогическими особенностями. Например, выделяются руды хорошо-, средне- и труднообогатимые. В пределах одного промышленного сорта различные по текстуре и структуре технологические сорта руд могут резко отличаться по количеству и качеству продуктов обогащения. Например, на месторождениях железа прожилково-брекчиевые руды являются легкообогатимыми, а вкрапленные руды - труднообогатимыми.

Природные типы руд выделяются по минеральному составу, текстуре и структуре, физическим свойствам. Например, на колчеданных месторождениях по минеральному составу руды могут быть халькопирит-пиритовые, сфалерит-пиритовые, галенит-пиритовые и т.д. По текстуре выделяются руды массивные, вкрапленные, пятнистые, брекчиевидные, прожилковые; по структуре – крупно-, средне-, мелко- и тонкозернистые. В составе одного технологического сорта может присутствовать несколько природных типов руд.

Изучение типов и сортов руд ведется от частного к общему. Вначале в процессе геологической документации выделяются природные типы руд. Из них отбирают рядовые или секционные пробы. Химический или технический анализ этих проб позволяет разделить руды на промышленные сорта, а по технологическим испытаниям проб – определяют наличие и количество технологических сортов руд. При необходимости применения различных схем переработки руд выделяются технологические типы руд.

ЛЕКЦИЯ 4

АНИЗОТРОПИЯ СВОЙСТВ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Анизотропия свойств тел полезных ископаемых проявляется в неоднородном внутреннем строении залежей и разной изменчивости содержаний полезных компонентов по простиранию, падению и мощности рудных тел.

Количественной характеристикой анизотропии является показатель изменчивости (*I*) строения залежи в конкретном направлении. Он представляет собой среднюю скорость смены элементов строения тела в данном направлении. Показатель изменчивости определяется по формулам:

$$1)\ I = \frac{\sum i}{m},$$

$$2)\ i = \frac{n}{l_i},$$

где: i – показатель изменчивости по конкретной линии, проведенной в данном направлении внутри залежи;

n – количество элементов, пересекаемых этой линией;

l_i – длина линии, м;

m – количество линий, проведенных в одном направлении.

Теоретической моделью анизотропии строения тел полезных ископаемых выступает индикатриса анизотропии. Это воображаемая эллипсовидная поверхность, величина радиуса вектора которой соответствует показателю изменчивости (*I*) в разных направлениях. Оси индикатрисы соответствуют по величине и ориентировке осям анизотропии по мощности (I_m), ширине (I_h) и длине (I_L) залежи.

Важной характеристикой анизотропности геометрического строения тел является показатель степени анизотропности (*A*), определяемый по формуле:

3) $A = \frac{I_{\max}}{I_{\min}}$ где I_{max}, I_{min} – максимальное и минимальное значения показателя изменчивости строения тел.

При А >1 залежь полезного ископаемого является анизотропной, при А≈1 тело полезного ископаемого имеет изотропное строение.

Каждый из 4 ранее выделенных по форме типов тел полезных ископаемых характеризуется своей анизотропией строения (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение между формой и анизотропией строения тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Геометрические элементы (L, $\bar{H}$, $\bar{M}$) формы	Анизотропия строения (I_M, I_H, I_L)
I (пласты, жилы, ленты)	$L>H>\bar{M}$ $B=\frac{L^2}{S}$	$I_M> I_H> I_L$ $A=\frac{I_M}{I_L}$
II (линзы, дисковидные залежи)	$H>\bar{M}$ $B=\frac{\bar{H}}{\bar{M}}$	$I_M> I_H$ $A=\frac{I_M}{I_H}$
III (трубки, столбы)	$L>\bar{M}$ $B=\frac{L}{\bar{M}}$	$I_M> I_L$ $A=\frac{I_M}{I_L}$
IV (штоки, штокверки, гнезда)	$\bar{M}$	I_M

Между формой тел полезных ископаемых и анизотропией их внутреннего строения существует тесная связь. Эта зависимость выражается формулой:

4) $A=KB$, где A – показатель анизотропии, K – коэффициент пропорциональности, B – показатель вытянутости формы залежи.

I тип залежей (пласты, жилы) характеризуется трехосной анизотропией ($I_M>I_H>I_L$) и индикатрисой анизотропии в форме трехосного эллипсоида или овалоида.

II тип залежей (линзы, дисковидные залежи) представляет двухосная анизотропия ($I_M>I_H$), имеющая индикатрису в форме вытянутого эллипсоида или овалоида.

III тип тел полезных ископаемых (трубки, столбы) также имеет две оси анизотропии ($I_M>I_L$) и индикатрису анизотропии в виде сплюснутого эллипсоида или овалоида вращения.

Для IV типа залежей (штоки, штокверки, гнезда) характерна одноосная анизотропия (I_M) и индикатриса шаровидной, сфероидной формы.

СИММЕТРИЯ ФОРМ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Тела полезных ископаемых, как и кристаллы, обладают определенной симметрией, за исключением залежей сложной формы, для которых элементы симметрии отсутствуют.

Симметрию основных форм тел полезных ископаемых представим в виде таблицы 5.

Таблица 5

Симметрия основных форм тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Варианты симметрии формы				
	1	2	3	4	5
I Пласты, жилы, ленты	$3L_2 \cdot 3P$	$L_2 \cdot 2P$	P	-	Элементы симметрии залежи отсутствуют
II Линзы, дисковидные залежи	$L\infty \times \infty L_2 \times \infty P$	$L\infty \times \infty P$	$Ln \cdot nP$	Ln	
III Трубы, столбы	$L\infty \times \infty L_2 \times \infty P$	$L\infty \times \infty P$	$Ln \cdot nP$	Ln	
IV Штоки, штокверки, гнезда	$\infty L_\infty \times \infty P$	$\infty L\infty$	$nL \cdot n$	-	

Первый тип представлен залежами сплюснуто-вытянутой формы. Для правильной формы тела в виде вытянутого сплюснутого эллипсоида характерна симметрия «кирпичика», по терминологии И.И. Шафрановского, включающая три оси 2 порядка и три плоскости симметрии ($3L_2 \cdot 3P$).

Когда одна поверхность тела более сплюснута, чем другая, наблюдается уменьшение симметрии, и она соответствует симметрии «крыши», состоящей из $L_2 \cdot 2P$. Когда срединная поверхность тела сложно изогнутая, а ось тела – кривая линия, имеет место минимальная симметрия, состоящая из одной плоскости симметрии (P). Сложные тела лентовидной формы характеризуются отсутствием элементов симметрии.

Второй тип залежей имеет невытянутую линзовидную, дисковидную форму. К третьему типу тел принадлежат залежи трубообразной формы. Тела 2 и 3 типа характеризуются одинаковыми элементами симметрии. Если они обладают идеальной дисковидной или трубообразной формой, то для них характерны ось бесконечного порядка и бесконечное количество осей 2 порядка и плоско-

стей симметрии $L\infty \times \infty L_2 \times \infty$P. Если залежь имеет в плане форму круга, она имеет симметрию «цилиндра» ($L\infty \times \infty P$). Если тело в плане имеет форму «каравая», отличную от круга, для него характерна симметрия «конуса» $Ln{\cdot}nP$, где Ln – ось 2 порядка и выше. Когда тело имеет форму «рога», и ось тела криволинейная, сильно изогнутая, имеет место криволинейная ось симметрии Ln. Для залежей 2 и 3 типов сложной формы элементы симметрии отсутствуют.

Четвертый тип включает залежи, имеющие изометричную форму. Тела идеальной формы имеют симметрию «шара», характеризующуюся наличием бесконечного количества осей бесконечного порядка и бесконечного количества плоскостей симметрии. Для тел, отличных от идеальной формы характерны $\infty L\infty$ и nL·n (где n≥ 2), а также отсутствием элементов симметрии для наиболее сложных форм.

Тела полезных ископаемых также характеризуются определенной симметрией анизотропии их строения в зависимости от комбинации осей анизотропии (табл. 6).

Таблица 6

Симметрия анизотропии строения тел полезных ископаемых

Тип залежи по форме	Анизотропия строения (I_M, I_H, I_L)	Симметрия		
		Варианты	Максимальная	Минимальная
I Пласты, жилы, линзы	$I_M > I_H > I_L$ $A=I_M/I_H$	1	$3L_2 3P$	3P
		2	$L_2 2P$	2P
		3	P	нет
		4	нет	нет
II Линзы, дисковидные залежи	$I_M > I_H$ $A=I_M/I_H$	5	$L\infty \times \infty L_2 \times \infty$P	Ln
III Трубы, столбы	$I_M > I_L$ $A=I_M/I_L$	6	$L\infty \times \infty P$	$L\infty$ (криволинейная)
IV Штоки, штокверки, гнезда	I_M	7	$L\infty \times \infty P$	$\infty L\infty$

ЛЕКЦИЯ 5

ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ УРОВНИ СТРОЕНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ

При проведении разведки и эксплуатации месторождений природные структурные уровни строения залежей полезных ископаемых трансформируются в геолого-промышленные уровни. К ним относятся: 1) тело полезного ископаемого, 2) подсчетный блок, 3) эксплуатационный блок (уступ), 4) объем селекции.

1. *Тело полезного ископаемого* как геолого-промышленное понятие представляет собой скопление полезных ископаемых в пределах естественного контура, проведенного по геологическим границам или искусственного контура, проведенного в соответствии с кондициями, удовлетворяющими требованиям промышленности.

2. *Подсчетный геологический блок* соответствует структурному уровню морфологически обособленного участка тел полезных ископаемых. Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным, находиться в одинаковых горнотехнических условиях и не превышать по размерам полугодовой - годовой объем добычи полезных ископаемых горным предприятием. Среднее содержание полезного компонента в подсчетном блоке должно быть больше минимального промышленного содержания ($C_{мп}$) для отнесения запасов к балансовым.

3. *Эксплуатационный блок или уступ* соответствует структурному уровню локально обособленного участка тела полезного ископаемого. Контуры эксплуатационных блоков зависят от горнотехнических условий эксплуатации. Среднее содержание полезных компонентов в эксплуатационном блоке может быть как больше, так и меньше минимального промышленного содержания ($C_{мп}$), но больше бортового содержания полезных компонентов ($C_{б}$).

4. *Объем селекции* отвечает структурному уровню минерального агрегата полезных ископаемых. Этот уровень выявляется только на стадии сопровождающей эксплуатационной разведки. В процессе очистных работ выделение объ-

ема селекции целесообразно при раздельной отбойке и выдаче полезных ископаемых и вмещающих пород. Рассмотренные геолого-промышленные уровни строения залежей полезных ископаемых выявляются на разных стадиях геолого-разведочных работ, начиная с разведки месторождения и заканчивая сопровождающей эксплуатационной разведкой.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СВОЙСТВ ТЕЛ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Способность измеряемых параметров (мощности тел, содержания полезных компонентов) менять свое количественное значение в разных точках пространства называется **изменчивостью**. При этом различают *случайную* и *координированную*, или *закономерную* изменчивость свойств залежей. Изменчивость свойств тел полезных ископаемых изучается с помощью различных геолого-математических моделей. Среди них наиболее распространенными являются вероятностно-статистическая, геометро-статистическая и геостатистическая модели.

1. Основными характеристиками ***вероятностно-статистической*** модели являются: 1) среднее значение оценочного параметра ($\overline{U}$), 2) среднеквадратическое отклонение ($\overline{S}$) и коэффициент вариации (V). Они определяются по формулам:

$$1)\ \overline{U} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{n},$$

$$2)\ \overline{S} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{\left(U_i - \overline{U}\right)^2}{(n-1)}},$$

$$3)\ V = \frac{\overline{S}}{\overline{U}} \cdot 100\%$$

где: *Ui* – измеренное значение параметра в *i*-той точке;

$\overline{U}$ – среднее значение параметра,

n – количество определений содержаний полезного компонента или замеров мощности тел полезных ископаемых.

Коэффициент вариации является мерой общей амплитудной изменчивости исследуемого параметра, включающей как случайную, так и закономерную составляющую.

По значению коэффициента вариации залежи полезных ископаемых делятся на 5 групп:

I - Весьма равномерная изменчивость (V<20%) – пласты углей, фосфоритов, минеральных солей.

II - Равномерная изменчивость (V=20-40%) – пластообразные залежи железных, марганцевых руд.

III - Неравномерная изменчивость (V=40-100%) – медноколчеданные линзы, штокверки медных, молибденовых руд.

IV – Весьма неравномерная изменчивость (V=100-150%) – жильные месторождения молибдена, золота, барита, флюорита.

V – Крайне неравномерная изменчивость (V>150%) – гнезда редких металлов, драгоценных камней.

2. ***Геометро-статистическая модель*** для описания изменчивости свойств залежей использует *амплитудные* и *частотные* характеристики. Для оценки закономерной составляющей изменчивости строится график *сглаженной аппроксимирующей функции* с помощью интерполяционного полинома по 5 точкам по формуле:

$$4)\ U_j = \frac{1}{16}(U_{i-2} + 4U_{i-1} + 6U_i + 4U_{i+1} + U_{i+2}),$$

где U_j – значение аппроксимирующей функции исследуемого параметра в заданной точке профиля;

U_i – измеренное значение параметра в той же точке i;

U_{i-2}, $4U_{i-1}$, $6U_i$, $4U_{i+1}$, U_{i+2} – значения параметра в соседних точках профиля.

Амплитудными характеристиками геологического поля являются: 1) $\overline{U}$ – среднее значение параметра, 2) среднеквадратичная амплитуда закономерных отклонений параметра (S_1), 3) среднеквадратичная амплитуда случайных от-

клонений параметра (S_2), 4) погрешность построения аппроксимирующей функции ($\Delta\alpha$), 5) погрешность определения среднего (ΔU). Расчет координированной (S_1^2) и случайной (S_2^2) дисперсий амплитудной изменчивости производится по формулам:

5) $S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}[fg(x_i) - \overline{U}]^2}{n-1}$ - координированная дисперсия амплитудной изменчивости,

6) $S_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}[U_i - fg(x_i)]^2}{n-1}$ – случайная дисперсия амплитудной изменчивости,

где: *Ui*, $\overline{U}$ – единичное наблюдение и среднее значение параметра,

fg(x_i) – значение аппроксимирующей функции в конкретном пункте (x_i).

Далее определяем доли закономерной и случайной составляющей изменчивости по формулам:

7) $\frac{S_1^2}{S^2}$ – доля закономерной составляющей изменчивости,

8) $\frac{S_2^2}{S^2}$ – доля случайной составляющей изменчивости, где

где: S^2 – дисперсия общей амплитудной изменчивости параметра.

Погрешность построения аппроксимирующей функции оценивается формулой:

$$9)\ \Delta\alpha = \frac{\pm 2S_2}{\sqrt{m}} \approx 0{,}89S_2,$$

где: m=5 (количество членов интерполяционного полинома).

Погрешность определения среднего рассчитывается по формуле:

$$10)\ \Delta U = \frac{\pm 2S_2}{\sqrt{n}},$$

где: n – число наблюдений на разведочном профиле.

Радиус геометрической автокорреляции (r_q) характеризующей частотную изменчивость параметра, определяется по формуле:

$$11)\ r_q = \frac{L}{1+2Kq},$$

где: L – длина разведочного профиля, м;

K_q – количество экстремумов (максимумов и минимумов) аппроксимирующей функции (точек, где $\frac{du}{dx}$=0).

Геометро-статистическая модель используется для определения частотной изменчивости параметра при преобладании доли закономерной составляющей изменчивости над долей случайной составляющей или их равных соотношениях.

3. ***Геостатистическая модель*** применяется для исследования частотной изменчивости при преобладании доли случайной составляющей изменчивости в распределении значений параметра. Основными характеристиками геостатистической модели являются: 1) дисперсия случайной составляющей изменчивости (*D*), 2) автоковариационная функция *[K(h)*], 3) автокорреляционная функция *[r(h)]*, 4) вариограмма *[j(h)]*, 5) радиус автокорреляции (*Ra*). Эти величины рассчитываются по приведенным ниже формулам.

12) $D=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[\delta(x_i)]^2$ - дисперсия случайной составляющей изменчивости;

13) $K(h)=\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{n}[\delta(x_i+h)\cdot\delta(x_i)]$ - автоковариационная функция;

14) r(h)=K(h)/D – автокорреляционная функция (коэффициент автокорреляции),

15) $j(h)=\frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}[\varphi(x_i+h)-\varphi(x_i)]^2$ - вариограмма;

16) D=j(h)+K(h) – дисперсия случайной составляющей изменчивости;

17) $\delta(x_i)=\varphi(x_i)-\bar{\varphi}$,

где: $\delta(x_i)$ - случайное отклонение значений признака от среднего значения в *i*-той точке;

$\bar{\varphi}$ - среднее значение признака;

n – количество наблюдений;

h – шаг наблюдений, м;

m – количество соседних отклонений значений признака.

Частотная изменчивость признака (мощности, содержаний полезного компонента) в геостатистической модели определяется величиной радиуса авто-

корреляции, за который принимают шаг наблюдений, при котором линия автокорреляции первый раз пересекает линию абсцисс.

Исследование изменчивости свойств тел полезных ископаемых при помощи геометро-статистической или геостатической моделей проводится для выявления анизотропии строения залежей. Она определяется по средним значениям показателей частотной изменчивости – радиусов геометрической автокорреляции (R_q) и автокорреляции (R_a). Они рассчитываются по разведочным профилям, ориентированным по мощности (М), ширине (Н) или длине (L) тел полезных ископаемых. В этом случае коэффициент анизотропии (k_a) определяется по формулам:

18) $k_a = \frac{R_L}{R_M}$ - для залежей I и III типа (пласты, жилы, трубки);

19) $k_a = \frac{R_h}{R_M}$ - для залежей II типа линзовидной, дискообразной формы.

Коэффициент анизотропии (k_a) также применяется для оценки степени анизотропии разведочной сети. По его значению выделяют 5 классов разведочной сети:

1) изотропная (k_a<1,5);

2) слабоанизотропная (k_a=1,5-3);

3) среднеанизотропная (k_a=3-5);

4) сильноанизотропная (k_a=5-10);

5) крайне анизотропная (k_a>10).

В первом классе горные выработки и буровые скважины располагаются по квадратной сети, в остальных классах – по прямоугольной сети.

ЛЕКЦИЯ 6

ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Геологоразведочные работы на горных предприятиях выполняются для решения следующих задач:

1) выявление и оценка новых запасов полезных ископаемых в районе горного отвода для расширения минерально-сырьевой базы горного предприятия и продления срока его существования - задачи доразведки месторождения;

2) уточнение данных о разведанных запасах полезных ископаемых по мере их вскрытия, подготовки и отработки, повышение степени разведанности запасов – задачи эксплуатационной разведки.

3) контроль за качеством и полнотой отработки запасов полезных ископаемых, величиной потерь и разубоживания полезных ископаемых – текущие задачи геологической службы.

Геологоразведочные работы, направленные на выполнение этих задач проводятся обычно одновременно на различных участках месторождения. Они тесно взаимосвязаны между собой и составляют основу геологического обеспечения рациональной эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

ДОРАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Доразведка месторождений в действующем Положении о стадийности геологоразведочных работ не рассматривается как отдельная стадия. Необходимость проведения доразведки месторождения определяется недропользователем.

Доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, хотя и детально разведанного проводится для получения дополнительной геологической информации. Она необходима в связи с пересмотром проектной производственной мощности горного предприятия, технологии добычи и переработки минерального сырья. Доразведка месторождений полезных ископаемых также осуществляется при несоответствии имеющейся геологической информации действующей классификации запасов полезных ископаемых.

Доразведка разрабатываемого месторождения проводится на менее изученных его участках: флангах, глубоких горизонтах, обособленных залежах. Она предусматривает детальное изучение этих участков для восполнения отрабо-

танных запасов месторождения разведанными запасами промышленных категорий (А, В, $С_1$).

Основными задачами доразведки месторождения являются:

1) изучение изменчивости формы тел полезных ископаемых;

2) выявление закономерностей распространения полезных компонентов в залежах полезного ископаемого;

3) выявление природных разновидностей, промышленных типов и сортов полезных ископаемых;

4) комплексное изучение основных и попутных полезных компонентов, их фазового состояния;

5) уточнение гидрогеологических, инженерно-геологических, горнотехнических условий месторождения;

6) оконтуривание безрудных участков внутри тел полезных ископаемых, а также участков развития тектонических нарушений;

7) увеличение количества запасов месторождения за счет изменения контуров известных залежей на флангах и глубине, а также оконтуривания вновь выявленных тел полезных ископаемых;

8) изучение технологических свойств полезных ископаемых, их влияние на геолого-экономическую оценку месторождения.

Доразведка разрабатываемого месторождения по детальности проведения геологоразведочных работ может соответствовать стадиям оценочных и разведочных работ. На менее изученных участках месторождения (флангах, глубоких горизонтах) доразведка проводится с целью получения запасов полезного ископаемого категорий $С_2$ и $С_1$, их постепенного перевода в категории В и А с последующей подготовкой этих участков к отработке.

Доразведка эксплуатируемого месторождения отличается от разведки нового месторождения следующими особенностями: 1) использование при проектировании разведочных работ уже известных на детально разведанных участках факторов локализации полезных ископаемых; 2) возможность совмещения во

времени и пространстве отдельных стадий геолого-разведочных работ (оценки, разведки, эксплуатационной разведки); 3) максимальное использование для разведочных целей подготовительных и нарезных горных выработок и наоборот, разведочных горных выработок – для вскрытия, подготовки и нарезки тел полезных ископаемых; 4) возможность отработки новых разведанных тел полезных ископаемых сразу же после оперативного подсчета их запасов; 5) геолого-экономическая оценка разведанных запасов проводится на основе реальных технико-экономических показателей работы горного предприятия.

Выбор систем и технических средств доразведки месторождений полезных ископаемых определяется в зависимости от сложности геологического строения месторождения, в соответствии с параметрами сети, использованной при разведке месторождения, а также способами и системами его разработки. С учетом этих факторов на стадии доразведки применяются следующие системы разведки: 1) по сети (квадратной, прямоугольной, ромбической); 2) параллельных сечений (разрезов) – горизонтальных и вертикальных.

Разведка по сети используется для крупных по размерам, простых по морфологии и внутреннему строению тел полезных ископаемых, залегающих горизонтально или полого I и II групп сложности – пластов, штокверков, пластообразных залежей.

Разведка горизонтальными сечениями осуществляется для крутопадающих тел сложных формы и строения – трубообразных, жильных. Вертикальные сечения применяются при разведке любых по форме тел, характеризующихся переменными углами падения, со сложным внутренним строением.

Частным случаем системы вертикальных сечений является разведка аллювиальных россыпей, когда расстояние между разведочными линиями в десятки раз может превышать расстояние между разведочными выработками в линиях.

На стадии доразведки месторождений в зависимости от сложности их строения применяются буровые, комбинированные (горно-буровые) или горные разведочные системы.

Доразведка месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых открытым способом, обычно имеет меньшие масштабы, чем на горных предприятиях, ведущих подземную разработку месторождений. Доразведка на таких месторождениях проводится с целью более детального изучения флангов и периферийных частей тел полезных ископаемых для обоснованного определения контура карьера и размещения производственных коммуникаций и объектов. Доразведка залежей полезных ископаемых проводится сочетанием скважин колонкового и бескернового бурения.

При подземной разработке доразведка осуществляется на всех месторождениях, независимо от группы сложности по геологическому строению. На пластовых месторождениях I группы сложности применяются буровые системы. В случае глубокого залегания тел полезных ископаемых используются горно-буровые системы с проходкой коротких восстающих и рассечек из штреков и квершлагов и бурением скважин.

Такая комбинированная система применялась, в частности, на Миргалимсайском полиметаллическом месторождении для создания разведочной сети 50х50 м и отнесении запасов к категории В.

Доразведка пластообразных и линзовидных тел на месторождениях II группы сложности осуществляется путем проходки разведочных горных выработок и бурением подземных скважин при преобладающей роли последних, доразведка таких тел реализуется по двум принципиальным схемам – штрековой и ортовой. При штрековой схеме производится веерное бурение скважин в вертикальной плоскости из полевых горно-подготовительных штреков. При ортовой схеме доразведки проходят орты из штреков, а затем из тех и других бурят наклонные и горизонтальные скважины вкрест простирания тела полезного ископаемого.

Для доразведки жильных и штокверковых месторождений III группы сложности также применяются комбинированные системы, при повышенной роли горных выработок по сравнению с буровыми скважинами.

Доразведка жилообразных и гнездовидных залежей на месторождениях IV группы сложности проводится горными системами. Например, на месторождениях изумруда до глубины 30-40 метров проходят шурфы с рассечками вкрест простирания жильных зон, а доразведка глубоких горизонтов проводится комплексом подземных горных выработок (шахт, квершлагов, штреков и ортов).

В целом доразведка флангов и глубоких горизонтов месторождений характеризуется большей плотностью разведочной сети, чем их разведка.

ЛЕКЦИЯ 7

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Эксплуатационная разведка – это стадия геологоразведочных работ, проводимых в процессе разработки месторождения. Цель эксплуатационной разведки состоит в уточнении полученных при разведке данных о количестве, качестве запасов, условиях залегания тел полезных ископаемых. Она предназначена для текущего и оперативного планирования добычи полезных ископаемых, обеспечения проведения горно-капитальных, горно-подготовительных, нарезных и очистных работ, контроля за полнотой и качеством отработки запасов.

Основными задачами эксплуатационной разведки являются:

1) Уточнение условий залегания, размеров и формы тел полезных ископаемых, их внутреннего строения в пределах рабочего или подготавливаемого к отработке этажа, горизонта, блока или уступа.

2) Оконтуривание безрудных прослоев и участков некондиционных руд внутри рудных тел.

3) Детальное изучение качества полезных ископаемых, распределения полезных и вредных компонентов, пространственного размещения типов и сортов полезного ископаемого.

4) Учет потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче.

5) Определение гидрогеологических, инженерно-геологических, горнотехнических условий эксплуатации месторождения.

Эксплуатационная разведка, в отличие от стадии разведки месторождений, имеет следующие особенности: 1) она проводится не на всем месторождении, а по мере развития добычных работ, опережая их не более чем на один - два года; 2) система эксплуатационной разведки и плотность разведочной сети зависят не только от природных геологических факторов, но также и от применяемых систем разработки месторождения и технологии обогащения и переработки полезных ископаемых; 3) разведочные горные выработки и буровые скважины проходят из подготовительных, нарезных и очистных выработок и они часто не пересекают тело полезного ископаемого на всю мощность; 4) методики эксплуатационной разведки при открытом и подземном способах разработки существенно различаются; 5) опробование при эксплуатации месторождений приобретает массовых характер.

Методику проведения эксплуатационной разведки определяют следующие факторы:

1) сложность контура залежей полезного ископаемого и их внутреннего строения;

2) применяемые системы открытой, подземной или комбинированной разработки месторождения и способы переработки полезного ископаемого;

3) ценность минерального сырья и себестоимость его добычи;

4) расположение и плотность разведочной сети на стадии разведки месторождения.

Эксплуатационная разведка, несмотря на ее специфические особенности, в значительной мере наследует систему разведки месторождения или приспосабливается к ней. Часто разведочная сеть в процессе эксплуатации месторождения только сгущается вдвое или четверо.

Вместе с тем, формируемая система эксплуатационной разведки тесно связана с системой подготовки и нарезки эксплуатационных этажей (горизонтов). Особенно это имеет значение при подземной разработке месторождений полезных ископаемых.

Эксплуатационная разведка проводится за счет основных производственных фондов горного предприятия, затраты на ее проведение относятся на себестоимость добываемого полезного ископаемого.

Эксплуатационная разведка делится на две подстадии (опережающую и сопровождающую). Эти подстадии отчетливо различаются по целевому назначению, методике работ и применяемым техническим средствам разведки.

Опережающая эксплуатационная разведка проводится в пределах эксплуатационного этажа или группы блоков, подготавливаемых к очистным работам при подземном способе разработки месторождения или в пределах уступа карьера при открытом способе разработки. Она ведется одновременно с горно-капитальными, горно-подготовительными и нарезными работами. Целью этой подстадии является уточнение контуров тел полезных ископаемых, определение запасов и качества полезных ископаемых, условий их пространственного размещения в пределах эксплуатационного участка. Детальное изучение этих вопросов необходимо для составления локальных проектов разработки месторождения и текущего (годового) планирования работы горного предприятия. Опережающая эксплуатационная разведка проводится на 1-2 года раньше добычных работ. Задачами ее при открытой разработке месторождений являются: 1) уточнение контуров залежи полезных ископаемых на 1-2 горизонтах, расположенных ниже горизонта текущих очистных работ; 2) прослеживание и оконтуривание блоков пустых пород и некондиционных руд внутри тел полезных ископаемых, участков, сложенных различными технологическими типами с сортами полезного ископаемого. Количество оцененных на этой подстадии запасов должно быть не менее годовой производительности предприятия по руде, а для маневрирования горными работами должно превышать годовой объем добычи руды в 2-3 раза.

Система опережающей эксплуатационной разведки, как правило, наследует систему проведенных разведочных работ. Она включает, в зависимости от сложности геологического строения месторождения, проходку буровых сква-

жин целевого назначения и горных выработок. Например, при разработке пластообразных залежей железистых кварцитов Криворожского бассейна проходились вертикальные и наклонные колонковые скважины, а также скважины шарошечного бурения на высоту двух уступов карьера. При этом плотность сети (50х50 м) в 2 раза превышала плотность разведочной сети для оценки запасов категории В. Разведочная сеть сгущается дифференцированно в зависимости от сложности строения залежи полезного ископаемого. В первую очередь бурятся скважины для детализации приконтурной зоны. Промежуточные профили скважин проходят в тех случаях, когда данных по основным разведочным профилям недостаточно для характеристики внутреннего строения тел полезных ископаемых. Эти промежуточные профили могут быть короткими, охватывающими приконтурную полосу или участки развития пустых пород внутри тел.

На штокверковых месторождениях руд цветных металлов II и III групп сложности опережающая эксплуатационная разведка осуществляется бурением колонковых или бескерновых скважин (ударно-канатных, шарошечных) с обязательной проходкой контрольных шурфов. Это объясняется наличием расхождений между данными разведки и эксплуатации в связи с избирательным истиранием в керне хрупких минералов (молибденита).

Проведение опережающей эксплуатационной разведки при подземной разработке месторождений полезных ископаемых характеризуется большей сложностью. Это вызвано как многообразием морфологических типов тел полезных ископаемых, так и множеством применяемых систем разработки.

Разрабатываемые подземным способом месторождения по условиям проведения опережающей эксплуатационной разведки делятся на две группы:

I группа включает системы отработки с открытым очистным пространством (камерно-столбовые, этажно-камерные), системы этажного и подэтажного обрушения. В этих системах подготовка к очистной выемке заключается в проходке большого количества горных выработок для выпуска руды и ее транспортировки. Нарезка блоков при разработке месторождений выполняется на

достоверной геологической основе, так как перестройка горных работ в процессе очистной выемки затруднительна.

Во II группу входят системы разработки с магазинированием руды, с закладкой и креплением очистного пространства. Такие системы позволяют изменять конструкцию очистных блоков при получении дополнительной геологической информации.

Опережающая эксплуатационная разведка для систем обеих групп заключается в бурении целевых разведочных скважин и проходке горных выработок. При этом соблюдается определенная очередность ведения работ. Сначала с горизонта эксплуатации на нижележащий горизонт бурят наклонные скважины, расположенные по 2-4 в разрезе и через определенный интервал по простиранию тел. Эти скважины приурочиваются по возможности к разведочным линиям или границам эксплуатационных блоков (камер). При необходимости бурятся также горизонтальные или восстающие скважины. Затем проходят основные подготовительные выработки (откаточные штреки, орты, восстающие), которые одновременно являются и разведочными.

При выборе плотности разведочной сети за основу принимается тот фактор, который оказывает решающее влияние на ход подготовительных и очистных работ (сложность формы тел полезных ископаемых, их внутреннего строения, размер тектонически однородных блоков). Например, плотность разведочной сети буровых скважин на Высокогорском скарново-магнетитовом месторождении железа, рудные тела которого разделены пострудной тектоникой на отдельные блоки, определялась длиной этих блоков, составившей в среднем 25 метров.

Сопровождающая эксплуатационная разведка жилообразных и гнездообразных тел на месторождениях IV группы сложности (редких, благородных металлов, драгоценных камней) проводится штреками, ортами, рассечками. Они проходятся таким образом, чтобы их можно было использовать в качестве заездов при выпуске руды из блока. Для разведки применяются также вентиляци-

онные или перепускные восстающие, отстоящие друг от друга по простиранию тел полезных ископаемых на 20 метров. Из них проходят рассечки с расстоянием 10-20 метров по падению рудного тела.

ЛЕКЦИЯ 8

СОПРОВОЖДАЮЩАЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Сопровождающая эксплуатационная разведка месторождений проводится в пределах отрабатываемых блоков одновременно с очистными работами. Она заключается в опробовании нарезных и очистных выработок, технологических скважин и шпуров, их геологической документации. Задачами этой подстадии работ являются: уточнение контуров тел полезных ископаемых, безрудных и некондиционных участков внутри них, запасов полезных ископаемых, распределения различных по качеству руд, размещения технологических типов и сортов полезных ископаемых.

Полученные данные используются для оперативного планирования (квартального, месячного, суточного) добычи полезных ископаемых, управления процессом разработки, усреднения руд, определения размеров фактической добычи, потерь и разубоживания полезных ископаемых, систематического контроля за полнотой и качеством отработки запасов.

Сопровождающая эксплуатационная разведка при открытой разработке месторождений проводится в пределах уступа карьера, находящегося в отработке. Ее целью является уточнение внутреннего строения рудного тела, количества и качества руды. Она заключается в документации и опробовании шлама буровзрывных скважин, нарезных траншей, бортов уступов, забоев карьера.

Взрывные скважины бурятся на высоту одного уступа с небольшим перебуром по густой сети. Так, на уральских медноколчеданных месторождениях эти скважины проходились по сети 5х5 м, на месторождениях железных руд Кривбасса по сети 6х6 м, 8х8 м.

Опробование проводится во всех скважинах или по разряженной сети. В этом случае достоверность опробования должна быть научно обоснована. Качество руд определяется по рядовым пробам. Для определения качества руд нередко применяется геофизическое опробование (магнитный каротаж на железорудных месторождениях, экспрессные рентген-радиометрические анализы для определения содержания цветных металлов). На некоторых месторождениях опробуются перебуры скважин для прогнозирования качества руды на нижележащий уступ. Обогатимость руд изучается с помощью забойного опробования. Пробы, отбираемые в процессе сопровождающей эксплуатационной разведки анализируются экспрессно, с получением результатов анализов через сутки, а иногда и через несколько часов после взятия проб. Результаты анализов проб наносятся на планы погоризонтного опробования. Они являются основными документами для оперативного планирования и управления процессами добычи и усреднения руд. Это способствует повседневному контролю за полнотой и качеством отработки запасов полезных ископаемых.

Сопровождающая эксплуатационная разведка при подземной разработке месторождений совмещается с проходкой нарезных выработок и скважин для отбойки руды. В результате ее проведения обеспечиваются оперативное планирование добычи полезных ископаемых, контроль за качеством и полнотой выемки запасов с минимальными потерями и разубоживанием полезных ископаемых. Эта подстадия работ включает документацию и опробование нарезных и очистных выработок, отбор шламовых проб из шпуров и буровзрывных скважин, применение геофизических методов опробования.

На месторождениях, разработка которых осуществляется системами I группы (камерно-столбовые, с обрушением руды) доступ в очистное пространство невозможен. Это исключает проведение прямых геологических наблюдений. Для получения необходимой дополнительной геологической информации проводится опробование и каротаж буровзрывных скважин, документация нарез-

ных выработок (заходок, подэтажных штреков, буровых камер) и отбор проб из них.

На месторождениях, отрабатываемых системами II группы (магазинирование, слоевая выемка, с распорной крепью), имеется доступ к очистному забою.

Для таких месторождений характерны рудные тела небольшой мощности. Сопровождающая эксплуатационная разведка на них проводится путем систематического опробования и документации очистного забоя и периодического вскрытия контактов тел полезных ископаемых короткими шпурами или рассечками. В зависимости от сложности строения рудного тела и характера распределения в нем полезных компонентов расстояние между опробуемыми слоями (лентами) составляет от 2 до 8м, между бороздами в слое от 2 до 5 м. При обосновании плотности сети сопровождающей эксплуатационной разведки главными критериями являются получение минимальных потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче и поставка на обогатительную фабрику или металлургическое предприятие руды требуемого качества.

В практике проведения эксплуатационной разведки наибольшее распространение получили следующие методы обоснования плотности разведочной сети: 1) основанные на допустимых ошибках геометризации положения залежи в пространстве; 2) экономического анализа; 3) сравнения данных разведки и эксплуатации.

Кроме аналитических методов при обосновании системы эксплуатационной разведки и плотности разведочной сети также применяется метод внутриобъектной аналогии. Его сущность состоит в том, что для участков тел полезных ископаемых одинаковой сложности геологического строения и технологических особенностей разработки применяются одни и те же соотношения объемов горных и буровых работ, одна и та же плотность и форма разведочной сети. Аналогия проводится по различным частным показателям сложности строения залежей полезных ископаемых: 1) сложности контура участка или рудного те-

ла; 2) длине граничных линий контуров технологических типов и сортов руд; 3) интенсивности тектонических нарушений.

В качестве обобщающего количественного показателя Ю.К. Пановым был предложен стереологический показатель сложности (ПС) тел полезных ископаемых на стадии эксплуатационной разведки. Он вычисляется по формулам:

$$1)\ ПС = \frac{L}{S},$$

$$2)\ L = l_k + l_c + l_n,$$

где: L – суммарная длина граничных линий, м;

S – площадь участка рудного тела, м^2;

l_k - длина контура участка, м;

l_c - суммарная длина контактных линий технологических типов или сортов руд, м;

l_n - суммарная длина линий дизъюнктивных нарушений, м.

Отношения $\frac{l_k}{S}, \frac{l_c}{S}, \frac{l_n}{S}$ определяют соответственно долю сложности строения залежи на основе учета конфигурации площадей, распространения сортов и типов руды, интенсивности тектонических нарушений. Сопоставление этих отношений позволяет выявить главные факторы, определяющие сложность строения тел полезных ископаемых.

Результаты исследований, проведенных на различных по сложности геологического строения месторождениях, показали, что величина показателя сложности колеблется от 0,02 до 5,0.

Наименьшие значения показателя сложности характерны для осадочных морских пластовых месторождений Fe и Mn I группы сложности (ПС=0,02-0,1), для медноколчеданных месторождений Урала II группа сложности ПС=0,1-0,5. Для жильных золоторудных месторождений третьей группы сложности, ПС=0,5-2. Наибольшее значение показателя сложности установлено для редкометальных пегматитовых месторождений IV группы сложности (Ta, Nb) с дискретным распределением рудной минерализации (ПС=2-5).

Стереологический показатель сложности (ПС) строения залежей рекомендуется для оптимизации сети эксплуатационной разведки при разработке месторождений открытым способом – карьерами.

За критерий оптимизации принимается минимум затрат на разведку и ущерба от недоизученности сложности строения залежи. Оптимизация разведочной сети проводится в определенной последовательности.

Сначала по ранее разведанным участкам и 2х – метровым перебурам технологических скважин вычисляются показатели сложности отработанного участка и проектируемого к разработке участка. В отработанных залежах выделяются эталонные участки, контрастно отличающиеся по сложности строения и величине показателя сложности. На эталонном участке проводится не менее 3-х вариантов разрежения сети технологических скважин. Затем по каждому варианту разрежения сети рассчитываются потери и разубоживание полезных ископаемых, затраты и ущерб на 1 тонну балансовых запасов руды. Разведочная сеть с минимумом затрат и ущерба принимается за оптимальную. В дальнейшем рассчитанные параметры сети эксплуатационной разведки применяют на участках, проектируемых к разработке, с показателями сложности строения, близкими к эталонным.

ЛЕКЦИЯ 9

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Геологическая документация на горных предприятиях является основной информационной базой геологического обеспечения их производственной деятельности.

Основными задачами геологической документации на действующих предприятиях (рудниках, шахтах, карьерах) являются:

1) установление истинных границ тел полезных ископаемых;

2) выявление внутреннего строения залежей полезных ископаемых;

3) определение пространственного размещения типов и сортов полезных ископаемых для рационального планирования подготовительных, нарезных и очистных работ, предотвращения сверхнормативных потерь и разубоживания полезных ископаемых при добыче.

Объектами геологической документации на горных предприятиях служат открытые горные выработки (нарезные траншеи, борта уступов, забои карьеров), подземные горные выработки (квершлаги, штреки, орты, штольни, восстающие, гезенки, уклоны), а также разведочные и технологические буровые скважины.

Выделяют 4 формы геологической документации: 1) первичная; 2) окончательная; 3) техническая; 4) сводная.

Первичная (полевая) геологическая документация включает сбор и запись информации при проведении разведочных и эксплуатационных работ на месторождениях.

При открытой разработке месторождений к первичной геологической документации относятся: 1) журналы массовых зарисовок и фотографий уступов и забоев карьеров; 2) журналы детальных и тематических зарисовок; 3) журналы документации и опробования забоев и уступов карьера, скважин (буровзрывных и эксплуатационной разведки); 4) рабочие фрагменты геологических планов уступов карьеров для отдельных участков и блоков; 5) журналы замеров водопритоков, определения физико-механических свойств горных пород и полезных ископаемых (объемной массы, пористости, влажности).

Первичная геологическая документация при подземной разработке месторождений включает: 1) массовые зарисовки и фотографии разведочных, капитальных, подготовительных, нарезных и очистных горных выработок; 2) журналы документации и геологические колонки скважин эксплуатационной разведки и буровзрывных скважин; 3) журналы опробования буровых скважин и горных выработок, определения физических свойств горных пород и полезных

ископаемых; 4) журналы гидрогеологических наблюдений и определения водопритоков; 5) журналы документации признаков проявления горного давления.

Окончательная (чистовая) геологическая документация выполняется на основе полевых зарисовок, но с обязательной корректировкой данных по итогам опробования, минералого-петрографического изучения каменного материала. Материалы окончательной геологической документации включают альбомы чистовых зарисовок горных выработок, очистных забоев, геологических колонок буровых скважин, журналы опробования, определения качества руды во взрывных блоках, эталонные коллекции руд и пород.

Техническая геологическая документация включает составление различных актов, журналов, реестров при ведении горных и буровых работ в процессе эксплуатации месторождений.

При проходке горных выработок и буровых скважин составляются акты о их заложении или закрытии. Все отобранные образцы регистрируются в журнале образцов, в котором указываются их привязка, полевое определение.

Взятые пробы также регистрируются в журнале отбора лабораторных проб. В нем указываются номер пробы, дата взятия, место отбора, материал пробы, вид лабораторных исследований (химический, минералогический, спектральный анализы). Обработка проб также документируется в специальных журналах. Пробы, отбираемые для внутреннего и внешнего контроля анализов, регистрируются в журнале контрольных анализов. Технологические пробы, направляемые для исследований, сопровождаются актом отбора и паспортом пробы. Пройденные разведочные выработки заносятся в реестры горных выработок и буровых скважин, в которых фиксируются их номер, привязка, целевое назначение.

Сводная геологическая документация на горных предприятиях включает: 1) погоризонтные геолого-маркшейдерские планы; 2) поперечные и продольные разрезы по профилям доразведки и эксплуатационной разведки месторождений; 3) погоризонтные качественные сортовые или геолого-технологические

планы; 4) сводные геологические планы карьера, эксплуатационных подземных горизонтов рудника (шахты); 5) планы и разрезы с изолиниями структурно-морфологичеких и качественных показателей месторождения, отметок кровли, подошвы залежи, содержаний полезных компонентов, мощности тел полезных ископаемых; 6) блок-диаграммы месторождений, тел полезных ископаемых; 7) гидрогеологические и инженерно-геологические планы для месторождений со сложными условиями.

Целью сводной геологической документации является обобщение и увязка между собой материалов первичной и окончательной геологической документации горных выработок и буровых скважин и составление планов, разрезов, проекций, блок-диаграмм, отражающих строение месторождения, качество полезного ископаемого, гидрогеологические и инженерно-геологические условия его отработки. Совокупность сводной геологической документации представляет графическую модель месторождения. Она служит основой для подсчета запасов полезных ископаемых, проектирования вскрытия и разработки месторождения, планирования добычи полезных ископаемых, прогноза их распространения на глубину и фланги месторождения.

Содержание геологической документации при разработке месторождений включает: 1) изучение элементов залегания тел полезных ископаемых (простирания, падения, склонения); 2) описание природных типов и сортов полезных ископаемых; 3) характеристика околорудных метасоматических пород; 4) определение минерального состава, текстуры и структуры руд и вмещающих пород; 5) выявление складчатых и разрывных нарушений (дорудных, внутрирудных и пострудных); 6) исследование гипергенных изменений пород и руд; 7) фиксация признаков проявления горного давления (стреляния, пучения, отслоения, вывалов, заколообразования горных пород).

При открытой разработке месторождений карьерами документация откосов уступов и забоев производится методами зарисовки или фотографирования в

масштабе 1:200, а наиболее интересных в геологическом отношении участков (контактов, тектонических нарушений и т.д.) – в масштабе 1:50.

Откосы рудных уступов документируются по мере продвижения фронта работ не реже, чем через 20 м. Движущиеся забои зарисовываются ежемесячно для пополнения геологическими данными маркшейдерских планов карьера.

При подземной разработке месторождений стенки и кровля горных выработок, пройденных по простиранию тел полезных ископаемых (штреков, штолен), документируются непрерывно. Забои в полевых штреках обычно документируются через 20-25 м, а в рудных штреках не реже, чем через 5-10 м. Горные выработки, пересекающие тела полезных ископаемых по мощности (орты, рассечки) подвергаются сплошной документации. В зависимости от сложности геологического строения тел в выработке зарисовываются либо одна стенка, либо стенка и кровля, либо обе стенки и кровля. Пробы отбираются обычно по одной из стенок, реже двум стенкам выработки. При документации наклонных и крутопадающих выработок (гезенков, восстающих, уклонов) пробы отбираются эпизодически только в доступных местах.

Документация буровзрывных скважин технологического назначения предназначена для изучения качества рудной массы, подготавливаемой к добыче. Главным объектом документации и опробования буровзрывных скважин является шлам, отбираемый с каждого интервала длиной 1-2 м желонкой. При вращательном шарошечном бурении шлам выдувается воздушной струей. На рудниках проводится регулярное описание проб шлама, его цвета, состава, в соответствии с составленной эталонной коллекцией. Результаты лабораторных исследований шламовых проб служат основой для уточнения границ руд различных сортов на подготавливаемом к взрыву участке.

Скважины колонкового бурения документируются в соответствии с Инструкцией по отбору, документации керна скважин, в процессе их бурения. Документация включает буровой журнал, акты о заложении и закрытии скважин, акты замеров искривления скважин, акты контрольных замеров их глубины, ак-

ты на перебурку рудного тела, ликвидационного тампонажа. Первичная документация ведется по рейсовым уходкам в буровом журнале. При описании керна определяют минеральный состав пород и руд, их текстуру и структуру, характер наблюдаемых контактов, трещиноватость.

ЛЕКЦИЯ 10

ГЕОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ (ГТК) РУД ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГКТ представляет собой комплекс работ, позволяющий выявить и отобразить в пространстве технологически неоднородности месторождения, оценить технологические свойства руд, обосновать оптимальную систему разработки руд в режиме усреднения. Предметом ГТК являются технологически однорудные блоки (ТОБ). Это геологически однородные блоки, в пределах которых руды обладают относительно однородными технологическими свойствами.

Специальными методами ГТК являются:

1) Выявление технологических параметров, увязывающих особенности вещественного состава руд с требованиями технологических процессов;
2) Отображение технологических параметров в пространстве путем составления геолого-технологических планов и разрезов.

Цель ГТК заключается в технологической оценке разведанных запасов и геологическом обосновании формирования однородного по качеству потока руды в течении различных по времени периодов работы рудника (завода).

Задачами ГТК являются:

1) Составление частной геолого-технологической классификации руд, увязывающей свойства руд с технологическими требованиями завода;
2) Выявление технологических неоднородностей в контуре балансовых руд и их графическое отображение в пространстве;
3) Оценка технологических свойств руд;
4) Составление эффективной системы технологического опробования руд;

5) Разработка оптимального варианта технологических испытаний руд и способа металлургического передела;
6) Обоснование оптимальной системы разработки руд в режиме усреднения.

ГТК включает следующие операции:

1) Отбор минералого-технологических проб по опорной сети разведочных выработок;
2) Детальное изучение вещественного состава и структурных параметров минералого-технологических проб;
3) Исследование обогатимости минералого-технологических проб;
4) Составление минералого-технологических карт рудных тел.

На этапе изучения вещественного состава проб полезного ископаемого решают следующие задачи:

1) Выделение перечня полезных компонентов на данном месторождении, их количество, минеральные формы;
2) Выявление основных и попутных компонентов;
3) Составление баланса распределения полезного компонента по минералам-концентраторам и собственным минералам;
4) Определение парагенетических ассоциаций, в которые входит основной полезный минерал, количества его генераций;
5) Выяснение пространственного распределения продуктивных минеральных парагенезисов на каждой стадии процесса рудоотложения;
6) Установление на месторождении вертикальной (или горизонтальной) зональности оруденения;
7) Определение присутствия и содержания в полезном ископаемом вредных компонентов;
8) Оценка масштабов развития на месторождении процессов гипергенеза (зоны окисления).

При изучении минералого-технологических проб определяются признаки обогатимости руд. Они подразделяются на три группы:

1 группа включает признаки, необходимые для выделения и оконтуривания технологических типов руд. К этой группе относятся валовые содержания основных и попутных полезных компонентов, текстурно-структурные особенности, кусковатость и глинистость руд.

2 группа содержит признаки, используемые для выделения и оконтуривания технологических сортов и разновидностей руд. К ним относятся содержание вредных примесей, размеры рудных выделений, характер срастания минералов.

3 группа включает признаки для более детальной характеристики выделенных сортов и разновидностей руд. К этой группе относятся степень раскрытия зерен рудных минералов при измельчении руд, полный химический и минералогический состав руд, их объемная масса, пористость, влажность, абразивность, крепость.

По степени обогатимости руды делятся на легко-, средне- и труднообогатимые. На обогативность руд влияют их минеральный состав, текстурно-структурные особенности, характер зернистости, механические свойства (руда монолитная, выветрелая, рыхлая, глинистая), степень проявления вторичных процессов (окварцованность, лимонитизация и др.). Например, на Джезказганском месторождении медистых песчаников вкрапленные сульфидные медные руды являются хорошо обогатимыми, а окисленные руды – труднообогатимыми.

Выделение технологических типов и сортов руд является основой для характеристики технологической неоднородности рудных тел в пределах разрабатываемого месторождения. Технологическая типизация руд проводится по следующим данным:

1) Содержание основного металла в руде (α);
2) Выход концентрата (γ);
3) Извлечение металла в концентрат (ε);
4) Содержание металла в концентрате (β);

5) Размеры рудной вкрапленности.

Далее проводится оконтуривание природных и технологических типов и сортов руд на картах, планах, разрезах и проекциях с использованием приемов интерполяции и экстраполяции.

Все виды геолого-технологических карт делятся на три группы:

1) Карты свойств минералов, их конкретных признаков, пространственных закономерностей формирования и распределения, имеющих значение для обогащения руд. Примером могут служить карты размеров рудной вкрапленности, габитуса кристаллов полезных минералов, карты распространенности генерации полезного минерала;
2) Минералого-технологические карты. К ним относятся карты природных типов и сортов руд, карты текстур, структур руд;
3) Карты промышленных типов и сортов руд, выделенных по данным малообъемного технологического картирования.

В качестве примера рассмотрим технологическую типизацию руд на Риддер-Сокольном полиметаллическом месторождении на Рудном Алтае. На этом месторождении в зависимости от интенсивности проявления процессов гипергенеза выделены следующие природные типы руд: сульфидные свинцово-цинковые, медно-свинцово-цинковые, медные, цинково-медные, окисленные и смешанные. Несколько меньше на месторождении определено технологических типов руд: полиметаллический, медный, цинково-медный, окисленные свинцово-цинковый и полиметаллический, смешанный. При этом в каждом технологическом типе выделяются от одного до трех технологических сортов руд по извлечению в концентрат (ε) основных металлов – меди, свинца и цинка.

При проведении геолого-технологического картирования на месторождениях бокситов осадочного и латеритного типов основными технологическими параметрами являются кремниевый модуль ($M_{Si}=Al_2O_3/SiO_2$), приведенный глинозем ($A_{пр}=Al_2O_3-2SiO_2$), содержание вредных примесей (S, CO_2) в рудах.

При разработке месторождений гипергенных никелевых руд основными технологическими параметрами служат:

1) Минералогический параметр (T_o), определяемый по формуле

$$1)\ T_o = \frac{P_c}{P_o},$$

где: P_c, P_o - площадные продуктивности руд никеля силикатного и окисного типов (т/м^2) в пределах технологически однородного блока (ТОБ). Площадь ТОБ определяется исходя из расстояния между скважинами эксплуатационной разведки, пройденными на месторождении.

Площадные продуктивности силикатных и окисных руд (P_c и P_o) устанавливаются по формулам:

$$2)\ P_c = m_c \times C_c \times d_c \times 10^{-2} (т/м^2),$$
$$3)\ P_o = m_o \times C_o \times d_o \times 10^{-2} (т/м^2),$$

где: m_c, m_o - мощность силикатных и окисных руд по разведочной скважине, м;

C_c, C_o - средние содержания никеля в силикатных и окисных рудах, %;

d_c, d_o - объемная масса силикатных и окисных никелевых руд (т/м^3).

2) Геохимический параметр (Кз), устанавливаемый как отношение произведения содержаний основных компонентов руд в коре выветривания, испытавших концентрацию (Fe_2O_3, Al_2O_3), к произведению содержаний компонентов в рудах, подвергшихся рассеянию (MgO, SiO_2):

$$4)Кз = \frac{Fe_2O_3 \times Al_2O_3}{MgO \times SiO_2}$$

Расчет этих технологических параметров (То; Кз) позволяет определить технологические сорта руд, выполнить их геолого-технологическое картирование в пределах залежи никелевых руд и определить очередность отработки отдельных технологически однородных блоков (ТОБ) руд в режиме усреднения. Сначала отрабатываются блоки соответствующие техническим условиям технологического процесса. Во вторую очередь подлежат отработке в режиме усреднения блоки с приблизительно равными отклонениями от технических

условий. Руды в блоках с максимальными отклонениями от технических условий не включаются в отработку (резервируются).

ЛЕКЦИЯ 11

ОПРОБОВАНИЕ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Отбор проб на горных предприятиях проводится с целью получения количественной информации о качестве полезного ископаемого в пределах залежей. Основными задачами опробования при эксплуатации месторождений являются:

1) установление контуров тел полезных ископаемых, не имеющих видимых геологических границ;

2) определение средних содержаний полезных компонентов, мощности тел полезного ископаемого, необходимых для подсчета запасов минерального сырья;

3) выявление закономерностей пространственного размещения природных типов и промышленных сортов полезных ископаемых;

4) установление зависимостей между содержанием основных и попутных компонентов для подсчета запасов последних;

5) определение физико-механических свойств полезных ископаемых и вмещающих пород;

6) оценка потерь и разубоживания полезных ископаемых при эксплуатации месторождения;

7) управление качеством добытых руд в режиме усреднения.

При разработке месторождений применяется 5 основных видов опробования: 1) химическое; 2) минералогическое; 3) техническое; 4) технологическое; 5) товарное.

Химическое опробование проводится для определения содержания основных и попутных полезных компонентов и вредных примесей в эксплуатационных выработках. Вредными примесями считаются такие компоненты, которые ухудшают потребительские свойства полученного из минерального сырья про-

дукта или усложняют технологию переработки полезных ископаемых. Например, сера в скарново-магнетитовых рудах является вредной примесью для производства стали. Для удаления серы применяют мокрую магнитную сепарацию медно-магнетитовых руд с последующей их флотацией. В результате этих процессов сера переходит в сульфидные продукты обогащения и в металлургический передел для получения чугуна и стали не попадает.

Минералогическое опробование предназначено для изучения минерального состава, текстуры и структуры полезных ископаемых и вмещающих пород, установления возможности комплексного использования минерального сырья. На стадии разработки месторождений минералогическое опробование широко применяется для оперативного контроля технологического процесса. Этот вид опробования является определяющим при эксплуатации россыпных месторождений. Минералогический анализ проб подразделяется на качественный и количественный. Качественные минералогические анализы отражают вещественный состав полезных ископаемых и их текстурно-структурные особенности. Количественные минералогические анализы используются при исследовании приполированных штуфов, аншлифов, шлифов, шлихов, протолочек, контроле конечных и промежуточных продуктов обогащения и исходного сырья.

Техническое опробование применяется для определения физико-механических показателей, необходимых при подсчете запасов полезных ископаемых (объемной массы, пористости, влажности, гранулометрического состава). Для оценки качества строительных материалов, слюд, асбеста, оптического сырья устанавливают прочностные свойства, прозрачность, бездефектность кристаллов, длину волокна. Для обоснования применения геофизических методов оценки качества руд определяют их магнитную восприимчивость, плотность, удельное электрическое сопротивление, естественную и наведенную радиоактивность.

Технологическое опробование предназначено для разработки рациональных схем обогащения и переработки минерального сырья. При исследовании

технологических проб определяют показателями обогатимости руд: выход концентрата, извлечение металла в концентрат, содержание металла в руде, концентрате и хвостах обогащения. По данным изучения технологических проб, отобранных по определенной системе наблюдений, на стадии эксплуатации месторождений проводится геолого-технологическое картирование залежей полезных ископаемых, составление карт распространенности технологических типов и сортов полезных ископаемых, карт изменения показателей обогатимости руд.

Товарное опробование проводится для определения качества поступающей на переработку или временно складируемой товарной руды. К товарным пробам со стороны потребителей минерального сырья предъявляются высокие требования. Например, операции подготовки товарной пробы к химическому анализу (дробление, грохочение, перемешивание и сокращение) должны быть проведены с погрешностью, не превышающей допустимые нормативы.

Объектами опробования на горных предприятиях являются:

1) полезные ископаемые в забое уступов карьера и подземных горных выработках;

2) отбитая горная масса в карьерах, очистных блоках подземной разработки;

3) сырье и концентраты на обогатительной фабрике;

4) керн скважин колонкового бурения;

5) шлам буровзрывных скважин;

6) товарная продукция на складах и в транспортных сосудах после загрузки.

Способы отбора проб полезных ископаемых и горных пород в коренном залегании (забоях, горных выработках, буровых скважинах), отбитых масс руды и породы, рудных потоков существенно различаются.

Опробование забоев горных выработок проводится бороздовым, шпуровым, штуфным, точечным, горстьевым, задирковым и валовым способами:

Бороздовый способ применяется для опробования забоя, стенок, реже кровли горных выработок для получения представительных проб для химического анализа с оконтуриванием отдельных промышленных сортов и типов полезных ископаемых. Шпуровой способ заключается в отборе бурового шлама при проходке шпуров обычными или колонковыми перфораторами для химического опробования руды в целике впереди забоя. Точечный способ опробования забоя применяется для получения представительной по содержанию и технологическим свойствам пробы без оконтуривания отдельных сортов полезных ископаемых. Этот способ используется для опробования мощных залежей, жил, штокверков. Горстьевой способ служит для опробования отбитых масс руды в забое. Штуфный способ заключается в отборе характерных кусков (штуфов) руды из забоя или отвала для ориентировочной характеристики качества полезных ископаемых. Задирковый способ применяется для опробования жильных месторождений редких и благородных металлов малой мощности (до 0,25 м). Валовый способ используется при отборе проб для технологических испытаний, контроля других способов отбора проб, опробования месторождений с крайне неравномерным распределением полезных компонентов (ртути, алмазов, изумрудов).

При опробовании скважин колонкового бурения в пробу идет либо весь керн при диаметре его менее 60 мм, или половина керна – при большем его диаметре. Для оценки качества полезных ископаемых на стадии эксплуатационной разведки широко применяются шламовые пробы. Они отбираются из бескерновых скважин, проходимых станками шарошечного или пневмоударного бурения.

Для отбора проб из добытых или перерабатываемых неподвижных масс полезных ископаемых, применяются следующие способы:

1) способ вычерпывания предназначен для опробования полезных ископаемых, находящихся в штабелях, отвалах, емкостях, заключается в отборе разовых проб со стенок лунок глубиной 0,2 – 0,4 м;

2) при опробовании отвалов сырья высотой более 1 м пробы отбираются из шурфов на всю высоту отвала;

3) опробование отвалов небольшой высоты (до 1 м) проводится отбором проб из канав, траншей, глубиной до 1 м;

4) для опробования мелкозернистых руд, концентратов, хвостов обогащения с крупностью частиц не более 3 мм на обогатительных фабриках разовые пробы отбираются щупом посредством его вдавливания;

5) при опробовании масс полезных ископаемых при перегрузке их циклично действующими механизмами (экскаваторы, грейферные краны, скипы, вагонетки) применяется фракционный или выборочный способ. Он заключается в отборе каждой пятой, десятой лопаты или ковша, скипа, вагонетки в пробу;

6) опробование жидких и весьма сыпучих твердых материалов проводится желонением. Открытие желонки производится на заданной для отбора пробы глубине.

Опробование потоков рудных масс и концентратов, находящихся в движении на обогатительных фабриках, осуществляется механическими пробоотборниками.

Равномерные потоки руды с малой степенью изменчивости опробуются способом продольных сечений секторным пробоотборником. Масса проб составляет от 1/8 до 1/2 массы опробуемого потока.

При возможности полного пересечения опробуемого рудного потока используется способ поперечных сечений при помощи ковшевого, ножевого или скреперного пробоотборников. Масса проб составляет от 0,001% до 5% от массы опробуемого потока. Также для опробования рудных потоков могут применяться комбинированные продольно-поперечный и поперечно-продольный способы отбора проб.

Пробоотборники устанавливаются на перепадах рудного потока с одного транспортного устройства на другое, либо с транспортного устройства в вагон, бункер, штабель.

Лекция 12

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КОНДИЦИИ НА МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Эксплуатационные кондиции используются для обеспечения стабильной безубыточной работы горного предприятия и более полного рационального использования недр. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) эксплуатационных кондиций разрабатывается недропользователем на ограниченный срок, соответствующий периоду отработки части рудного тела и выемочных единиц (горизонта, блока, камеры, уступа).ТЭО эксплуатационных кондиций опирается на материалы, характеризующие конкретные особенности геологических, горнотехнических, технологических и экологических условий разработки месторождения. Параметры эксплуатационных кондиций могут быть дифференцированы по сравнению с разведочными кондициями с учетом уточненных в процессе доразведки и разработки месторождения данных о характере и условиях залегания полезного ископаемого. Они включают морфологию залежей, их выемочную мощность, углы падения рудных тел, крепость и устойчивость руд и пород, технологические свойства руд, гидрогеологические условия. Значения параметров эксплуатационных кондиций (бортового содержания, минимального промышленного содержания полезных компонентов) могут быть больше величины, установленной разведочными кондициями, при неблагоприятной конъюнктуре рынка или меньше при росте цен на минеральное сырье.

Основными параметрами эксплуатационных кондиций являются:

1) Предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка;
2) Предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части;
3) Минимальная выемочная мощность тела полезного ископаемого;
4) Максимальная длина безрудного участка залежи, включаемая в выемочный контур;
5) Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых;
6) Предельный коэффициент вскрыши;

7) Максимальная глубина подсчета запасов;

8) Максимально допустимые водопритоки в подземные горные выработки;

9) Углы падения пласта (залежи)

Предельно допустимое качество запасов на контуре выемочного участка является аналогом бортового содержания. Расчет бортового содержании полезного компонента (Сб), если конечной продукцией служит товарный концентрат, выполняется по формуле:

$$1)\ Сб=\frac{(Зд+Зо)\times Ск}{Цк\times Ио\times(1-Р)}\times 100\%,$$

где: Зд и Зо – эксплуатационные затраты на добычу и обогащение 1т руды, руб.;

Ск – содержание полезного компонента в концентрате, %;

Цк – цена 1т товарного концентрата, руб.;

Ио – извлечение полезного компонента в концентрат при обогащении, доли единиц;

Р – разубоживание при добыче, доли единиц.

При этом в эксплуатационных затратах не учитываются погашение горно-капитальных работ, условно-постоянные затраты (зарплата управленческого персонала и постоянного штата рабочих), затраты на амортизацию и ремонт основных фондов.

При наличии на месторождении участков с прерывистым оруденением и тесной перемежаемости прослоев руд и пустых и слабооруденелых пород допускается применение бортового содержания полезного компонента не к отдельной пробе, а к интервалу эксплуатационной выработки, соответствующему высоте эксплуатационного уступа (подуступа). Применение такого бортового содержания целесообразно, в частности, для месторождений меди, молибдена штокверкового типа с относительно невысокими содержаниями полезных компонентов при небольших коэффициентах их вариации.

Предельно допустимое качество запасов в целом по эксплуатационному блоку или его части, которая может быть раздельно добыта, является аналогом

минимального промышленного содержания в блоке, рассчитываемого по предстоящим затратам. Оно соответствует «цеховому» содержанию полезного компонента, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение предстоящих эксплуатационных затрат и получение минимально необходимой прибыли горным предприятием.

По отрабатываемым открытым способом неглубокозалегающим месторождениям руд или россыпям, минимальное промышленное содержание полезного компонента (Смп) по оцениваемому блоку определяется с учетом коэффициента вскрыши по формуле:

$$2)\ Смп=\frac{(Знв+Кв\times Зв)\times 100}{Ц\times И\times(1-Р)},$$

где: Знв – затраты на добычу и переработку 1т руды или 1м^3 при нулевой вскрыше, руб.;

Кв – коэффициент вскрыши по оцениваемому блоку, т/т,м^3/м^3, м^3/т;

Зв – затраты на выемку 1т или 1м^3 вскрышных пород, руб.;

Ц – оптовая цена товарной продукции, получаемой при переработке руд или песков, руб.;

Р – разубоживание при добыче, доли единицы;

И – сквозное извлечение полезного компонента из минерального сырья в товарную продукцию, доли единицы.

Расчет минимального промышленного содержания полезного компонента ($С_{МП}$) в руде в коммерческом варианте (с учетом налогов) оценки месторождений осуществляется по формуле:

$$3)\ Смп=\frac{Сд+Со+Н}{Цк\times E_0\times(1-Р)}\times 100\%,$$

где: Сд – себестоимость добычи 1 т руды с учетом налогов, входящих в структуру эксплуатационных затрат, руб.;

Со – себестоимость обогащения 1т руды, включая общекомбинатские и коммерческие расходы, руб.;

Н – налоги на прибыль, имущество на одну тонну добытой руды, руб.;

Цк – цена 1 тонны металла в концентрате, руб.;

E_0 – извлечение металла в концентрат при обогащении, доли ед.;

Р – разубоживание руды при добыче, доли ед.

Минимальные запасы изолированных тел (участков) полезных ископаемых определяются на месторождениях, подлежащих подземной разработке, если они находятся на значительном расстоянии от основных рудных тел и требуют проходки дополнительных вскрывающих выработок. При определении целесообразности промышленного освоения (безубыточной добычи) изолированных рудных тел применяется формула:

$$4)\ Q_{min} = \frac{\text{Здоп}\times(1-\text{р})}{(\text{Ци}-\text{Зп})\times(1-\text{n})},$$

где: Q_{min} - минимальные геологические запасы рудного тела при заданных расстояниях от основных рудных тел и содержаниях полезных компонентов в рудах, т;

Здоп – дополнительные затраты, связанные с вскрытием и отработкой рудного тела, руб.;

Ци – извлекаемая ценность всех полезных компонентов в расчете на 1т руды оцениваемого изолированного рудного тела без учета Здоп, руб.;

n и р – эксплуатационные потери и разубоживание руды, доли ед.

Варианты расстояний от изолированных рудных тел до основных вскрывающих выработок определяются с учетом фактических содержаний полезных компонентов в залежи.

Коэффициент вскрыши является главным критерием применимости открытого способа добычи минерального сырья. Он характеризует долю горной массы, приходящейся на единицу полезного ископаемого. Предельный коэффициент вскрыши ($K_в^n$) как кондиционный показатель рассчитывается исходя из того, что себестоимость добычи 1т сырья открытым способом не должна быть выше таковой при подземной разработке месторождения. Для месторождений широко распространенных полезных ископаемых (железа, мрамора) значения коэффициента вскрыши устанавливаются обычно не выше 2, для менее

распространенных видов сырья (золота, алмазов) его значение может возрастать до 10 и более. Для определения способа разработки месторождения рассчитываются фактический ($K_в^ф$) и предельный ($K_в^п$) коэффициенты вскрыши по формулам:

$$5)\ K_в^ф = \frac{V_к - V_р}{V_р} = \frac{V_в}{V_р};$$

$$6)\ K_в^п = \frac{C_п - C_о}{C_в};$$

где: $V_к$ – объем карьера, м^3;

$V_р$ – объем руды, м^3;

$V_в$ – объем вскрышных пород, м^3;

$C_п$, $C_о$ – себестоимость добычи 1т руды при подземном и открытом способах разработки, руб.;

$C_в$ – себестоимость выемки 1т вскрышных пород, руб.

При $K_в^ф < K_в^п$ месторождение отрабатывается открытым способом (карьером), при $K_в^ф > K_в^п$ - подземным способом, при $K_в^ф = K_в^п$ - комбинированным способом.

Максимальная глубина подсчета запасов для условий подземной разработки месторождения определяется на основе прямых технико-экономических расчетов с учетом стоимости полезного ископаемого и издержек производства при условиях безубыточной добычи запасов минерального сырья, приращиваемых на глубоких горизонтах.

Максимально допустимые водопритоки в подземные горные выработки, ограничивающие возможность отнесения запасов полезных ископаемых в группу балансовых, устанавливаются для месторождений со сложными гидрогеологическими условиями (минеральных солей, бокситов, медно-никелевых руд).

В условиях разработки месторождений предлагается применение динамических (дифференциальных) эксплуатационных кондиций в связи с нестабильностью цен на товарную продукцию и себестоимости добычи и переработки

руд. Расчет динамических кондиций на стадии эксплуатации месторождений предусматривает их определение с учетом степени подготовленности запасов: вскрытие, подготовленные, готовые к выемке. Динамические эксплуатационные кондиции целесообразно использовать при разработке месторождений с постепенным переходом от рудных залежей к вмещающим породам (штокверки, минерализованные зоны, месторождения коры выветривания). Последовательное определение динамических кондиций на разных стадиях освоения месторождения предполагает исключение из расчета уже произведенных затрат и вовлечение в отработку все более бедных руд, обеспечивающее более полное использование запасов месторождения.

Лекция 13

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИКОПАЕМЫХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При открытой разработке месторождений карьерами основными элементами отработки являются горизонт, уступ, блок, заходка. Подсчет запасов полезных компонентов по уступу карьера проводится способом горизонтальных сечений в объеме, заключенном между верхним и нижним горизонтами на высоту счистного пространства. Подсчет запасов руды и металла по уступу карьера, подготовленному к очистной выемке, выполняется в определенной последовательности:

1) На планах горизонтов проводится выделение и оконтуривание промышленных типов и сортов руд в соответствии с параметрами кондиций (бортовым содержанием, минимальным промышленным содержанием полезного компонента);
2) Определяются величины рудных площадей на верхних и нижних горизонтах уступа с учетом типов и сортов руд;
3) Вычисляются средние содержания полезного компонента по разведочным скважинам и подсчетному блоку в пределах уступа карьера;
4) Рассчитывается объем блока (V) по формулам призмы:

$$1)\ V = \frac{S_1+S_2}{2} \times h \ \text{ при } S_1 - S_2 \leq 40\%$$

или усеченной пирамиды:

$$2)\ V = \frac{S_1+S_2+\sqrt{S_1 \times S_2}}{3} \times h \ \text{ при } S_1 - S_2 > 40\%$$

где: S_1 *и* S_2 - площадь верхних и нижних горизонтов, м^2;

h - высота уступа, м.

5) В пределах горизонтов уступа выделяются участки некондиционных руд, предусмотренные к отдельной выемке;

6) Определяют запасы руды (Q) и металла (P) в подсчетном блоке в пределах уступа карьера по формулам:

$$3)\ Q = V \times d,$$

$$4)\ P = \frac{Q \times \bar{C}}{100},$$

где: V – объем блока, м^3;

d – объемная масса руды, т/м^3;

$\bar{C}$ - среднее содержание полезного компонента в блоке, %.

Уступ карьера отрабатывается последовательно с разделением его на очистные блоки. Оценка средних значений мощности и содержаний полезных компонентов при пересчете запасов сырья в очистных блоках проводится с учетом данных опробования всех дополнительных разведочных выработок – скважин эксплуатационной разведки и буровзрывных скважин.

При подземной разработке месторождений подсчет запасов полезных ископаемых выполняется способами эксплуатационных блоков, вертикальных или горизонтальных параллельных сечений.

Способ эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов маломощных жильных или пластовых месторождений. Блоками являются части рудного тела, оконтуренные и опробованные с четырех сторон: сверху и снизу штреками или штольнями, а по бокам-восстающими. Рудные тела вскрываются горными выработками на всю мощность по простиранию и восстанию. Последовательность подсчета запасов в эксплуатационном блоке следующая: 1) расчет средних значений мощности и содержания полезного компонента по каждой выработке; 2) определение средней мощности и среднего содержания по-

лезного компонента по блоку; 3) измерение или расчет площади блока на вертикальной или горизонтальной проекциях с поправкой на угол падения рудного тела, или определение истинной площади в плоскости падения рудного тела; 4) расчет объема блока, определение запасов руды и металла в блоке. Способ эксплуатационных блоков позволяет оперативно пересчитывать запасы по элементам блока. Например, данные по горизонтам распространяются на высоту потолочин, а по восстающим – на межкамерные целики. По мере развития горноподготовительных работ запасы по элементам эксплуатационного блока регулярно пересчитываются.

ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для подсчета запасов полезных компонентов при проведении разведки и разработки месторождений с использованием персональных компьютеров создаются банки геологоразведочных данных. Среди них различают банки первичных, промежуточных и итоговых данных.

К банкам первичных данных относятся результаты анализа рядовых, групповых, минералогических проб, испытаний технических и технологических проб, координаты местоположения разведочных выработок, данные искривления скважин, маркшейдерских измерений.

Банки промежуточных данных включают интервалы рудных пересечений, выделенные согласно кондициям, состав руды в них, координаты начала и конца каждого интервала, результаты промежуточных вычислений площади и объемов блоков.

Банки итоговых данных содержат сведения о запасах и качестве руды в подсчетных блоках, а также по участкам, рудным телам и по месторождению в целом с разделением по категориям запасов и сортам полезного ископаемого.

В настоящий период компьютерные технологии используются при подсчете запасов как традиционными методами (геологических и эксплуатационных блоков, параллельных сечений), так и геостатистическими методами. Подсчет запасов полезных компонентов традиционными методами выполняется при

полной или частичной автоматизации вычислительных работ. Полная автоматизация включает выделение рудных пересечений согласно кондициям, оконтуривания рудных тел и подсчетных блоков, а также подсчет запасов руд и полезных компонентов.

При частичной автоматизации оконтуривание рудных тел и подсчетных блоков проводят вручную, а ввод координат точек контура или площади блоков для подсчета запасов руды и полезных компонентов выполняется на ПЭВМ.

Геостатистические методы подсчета запасов минерального сырья заключается в разделении рудного тела на множество ячеек (кластеров, блоков). При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи. Минимальный размер элементарного подсчетного блока должен быть не менее ¼ средней плотности разведочной сети. Считается, что геостатистический способ подсчета запасов позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением и более точно определить среднее содержание полезного компонента в блоках и залежах на месторождениях 3 и 4 групп сложности.

Для создания моделей месторождений и подсчета запасов минерального сырья имеется ряд компьютерных систем и программ, в которых ГКЗ РФ рекомендует обрабатывать геологоразведочные данные для подготовки проектов горных предприятий, представляемых на экспертизу. К ним относятся компьютерные программы «Datamine» (Великобритания), «Micromine» и «Vulcan» (Австралия), «Techbase» (США), «Итегра» (Россия). Среди них наиболее часто используемым является пакет Micromine. Основными методами подсчета запасов минерального сырья в компьютерной системе «Micromine» являются следующие:

1) Полигональный метод;
2) Метод обратных расстояний (JDW);
3) Обычный (ординарный) кригинг (О.К);

4) Многоиндикаторный кригинг (MIK);

5) Условная симуляция.

Полигональный метод может применяться как при регулярной, так и нерегулярной сети опробования. В этом методе содержание полезного компонента в точке, где опробование не проводилось, принимается равным значению содержания в ближайшей пробе. Коэффициент взвешивания для этой пробы равен 1, для других проб – 0. Полигональный метод хорошо подходит для оценки маломощных жильных рудных тел. Их оценка сводится к простой процедуре взвешивания содержания полезного компонента на мощность рудного тела.

Метод интерполяции обратно пропорционально степени расстояния показывает очень хорошие результаты при равномерной разведочной сети. В этом методе учитываются расстояния ячейки от близлежащих разведочных выработок. Чем дальше находится разведочная выработка от ячейки, тем слабее ее влияние. Метод обратных расстояний учитывает анизотропию распределения интерполируемого компонента. Он наиболее подходит для месторождений, где наблюдается четкий структурный контроль оруденения.

Обычный кригинг обеспечивает минимальную дисперсию отклонений прогнозных значений параметров от фактических. В этом методе значения параметра в ячейке зависят от значений его в ближайших разведочных выработках и от их взаимного расположения. Обычный кригинг применяется для подсчета запасов на месторождениях, где наблюдается четкая закономерность в распределении содержаний ПК в трехмерном пространстве (вариография) (месторождения вкрапленных руд, кор выветривания, меднопорфировых руд).

Многоиндикаторный кридинг включает расчет и моделирование вариограмм при серии бортовых содержаний ПК. Он применяется на метасоматических месторождениях в пределах которых контуры рудных тел устанавливаются по данным опробования.

Условная симуляция является специфическим методом, в котором определяется вероятностное значение содержания ПК в каждой отдельно взятой

точке путем комбинации симулированных моделей. Эти модели имитируют реальные закономерности распределения содержаний ПК в рудном теле.

ЛЕКЦИЯ 14

ПОКАЗАТЕЛИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Показатели экономической эффективности освоения эксплуатируемых месторождений при укрупненных расчетах определяются по формулам:

1) Чистая дисконтированная прибыль (ЧДП)

$$ЧДП = \frac{(П'_ч - K_г)\cdot\left[(1+E)^{Tэ} - 1\right]}{(1+E)^{Tэ}\cdot E} - K_ф,$$

где: $П'_ч$ - чистая годовая прибыль с амортизационными отчислениями; $K_г$ - среднегодовые капитальные вложения в эксплуатацию месторождения, руб; $T_э$ - срок эксплуатации месторождения, лет; E – норма дисконтирования прибыли; $K_ф$ - стоимость основных фондов предприятия на момент оценки месторождения,

2) $K_ф = K_o - K_п + ОБ$,

где K_o - общие капиталовложения в освоение месторождения, руб; $K_п$ - предстоящие инвестиции, необходимые для полной отработки промышленных запасов месторождения, руб; *ОБ* – оборотные средства, руб.

3) Индекс прибыльности (ИП)

$$ИП = \frac{\left(П'_ч \cdot \frac{(1+E)^{Tэ} - 1}{(1+E)^{Tэ}\cdot E}\right)}{\left(K_ф + K_г \cdot \frac{(1+E)^{Tэ} - 1}{(1+E)^{Tэ}\cdot E}\right)}$$

4) Срок окупаемости капитальных вложений

$$T_o = \frac{\log\cdot\left(\frac{П'_ч - K_г}{П'_ч - K_г - E\cdot K_ф}\right)}{\log(1+E)}$$

Внутренняя норма прибыли (*ВНП=$E_{ВН}$)* устанавливается по графику изменения величины *ЧДП* для нескольких значений ставки дисконтирования *(E)*.

Экономическая эффективность освоения эксплуатируемых месторождений оценивается на основе рассмотренных показателей с учетом социальных и экологических факторов. Освоение месторождения будет эффективным, если *ЧДП>0*, *ИП>1*, T_o*<10* лет, *ВНП>Е*.

Приведенные показатели экономической эффективности освоения месторождений рассчитывались в условиях стандартного налогообложения. Альтернативным вариантом является оценка эффективности освоения месторождений на основе соглашения о разделе продукции (СРП) между инвестором и государством. Закон о СРП представляет субъекту предпринимательской деятельности на возмездной основе и на определенный срок исключительные права на поиски, разведку, добычу минерального сырья на участке недр, указанном в соглашении.

Соглашение о разделе продукции устанавливает систему платежей, включающую несколько составляющих: 1) доля в прибыльной продукции; 2) роялти, 3) бонусы, 4) рентальс. В соглашении определяются пропорции, по которым прибыль от разработки месторождения делится между государством и инвестором. Роялти представляют собой регулярные платежи за добычу полезных ископаемых. Бонусы включают разовые платежи, уплачиваемые при заключении соглашения о разделе продукции. Рентальс взимаются в форме ежегодных платежей за проведение поисковых и разведочных работ. В течении всего срока действия соглашения о разделе продукции инвестор осуществляет выплату следующих налогов: 1) налог на добычу полезных ископаемых (с коэффициентом 0,5); 2) налог на прибыль; 3) платежи по социальному и медицинскому страхованию своих работников; 4) платежи в государственный фонд занятости населения Российской Федерации; 5) платежи в пенсионный фонд Российской Федерации. Снижение налогового бремени при реализации горных проектов на основе соглашения о разделе продукции позволяет инвесторам уменьшить сроки окупаемости капиталовложений (T_o) и получения чистой прибыли. Это приводит к улучшению экономических условий разработки месторождений.

Инвестиционные проекты, составленные на условиях соглашения о разделе продукции по месторождениям углеводородов: Сахалин-1, Сахалин-2, Харьягинское, Самотлорское. По рудным месторождениям в перечень для разработки на условиях соглашения о разделе продукции включены Яковлевское месторождение железа в Белгородской области, Куранахская группа месторождений Au в республике Саха (Якутия), Тасеевское месторождение золота в Читинской области.

Важными показателями при проведении оценочных расчетов является критический объем производства товарной продукции ($Q_{кт}$) или добычи минерального сырья ($Q_{кс}$), обеспечивающие безубыточною деятельность предприятия. Критический объем (точка безубыточности) означает объем реализации товарной продукции, при котором выручка от ее реализации покрывается расходами на создание продукции без получения прибыли. Он определяется по формуле:

$$5)\ Q_{км} = \frac{З_с}{Ц - З_v}$$

где: $Q_{кт}$ - критический объем реализации товарной продукции, т/год; $З_с$ - постоянные затраты на весь объем, р; $З_v$ - переменные затраты на единицу реализации продукции, р/т; $Ц$ - цена единицы товарной продукции, р/т.

Критический объем добычи минерального сырья ($Q_{кс}$) при выпуске одного вида товарной продукции определяется из выражения:

$$6)\ Q_{кс} = \frac{Q_{км}}{j}$$

где: j - выход товарной продукции с 1 т сырья, доли ед.

Уменьшение постоянных (или переменных) расходов ведет к снижению точки безубыточности и улучшению финансового состояния горного предприятия, где большое влияние на изменение критического объема добычи сырья ($\Delta Q_{кс}$) оказывает цена товарного продукта:

$$7)\ \Delta Q_{кс} = \frac{З_с \times (Ц_{сф} - Ц_{сп})}{(Ц_{сф} - З_v) \times (Ц_{сп} - З_v)},$$

где: $Ц_{сп}, Ц_{сф}$ - соответственно прогнозная и фактическая цены товарного продукта, р/т.

Экономическая оценка месторождений предполагает наряду с расчетом основных показателей эффективности и определением точки безубыточности установление степени риска (устойчивости) инвестиционных горных проектов.

Риск инвестиций означает вероятность невозвращения инвестиционных средств при осуществлении проекта. Альтернативной вероятностью того, что данный проект обеспечит возврат сделанных инвестиций, является устойчивость проекта. Факторы риска делятся на внутренние, в определенной степени поддающиеся контролю, и внешние, на которые инвестор не может повлиять. К внутренним факторам риска в горной промышленности, относятся: 1) точность и достоверность оценок запасов и средних содержаний полезных компонентов в недрах и добытом сырье; 2) правильность оценок условий добычи и переработки минерального сырья; 3) достоверность определения расчетных экономических показателей.

Внешние факторы риска включают:

1) политические (внутриполитическая и внешнеполитическая напряженность);

2) финансово-экономические (экономический спад, высокий уровень инфляции, рост цен на энергетические ресурсы, увеличение транспортных тарифов);

3) законодательные (ужесточение налогового законодательства, повышение таможенных сборов);

4) чрезвычайные ситуации (стихийные бедствия и т.п.), неблагоприятные для реализации инвестиционных проектов.

Критериями риска проекта являются оценки вероятности событий:

$$ЧДП>0, ИП>1, ВНП>Е.$$

По уровню риска инвестиций в добычу полезных ископаемых выделяют четыре области риска:

1) минимального риска (уровень риска 10-25%);

2) среднего риска (уровень риска 25-50%);

3) повышенного риска (уровень риска 50-60%);

4) особого риска (уровень риска 60-75%).

Дифференциация предприятий – недропользователей по областям риска проводится по следующим критериям: 1) морфология тел полезных ископаемых; 2) виды полезных ископаемых, определяющие их ценность; 3) способ добычи (открытый, подземный, скважинный); 4) географо-экономические условия разработки.

На основе экспертных оценок горных предприятий России по двум критериям (вид полезного ископаемого и способ добычи) в область минимального риска отнесены нефтегазодобывающие компании, в область среднего риска – предприятия, осуществляющие добычу сырья открытым способом (кроме угольных) и предприятия по добыче благородных, цветных металлов и драгоценных камней подземным способом, в область повышенного риска - угледобывающие разрезы, в область особого риска – угольные шахты.

ЛЕКЦИЯ 15

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Техногенные месторождения – это скопление минеральных веществ, образовавшихся в результате складирования отходов добычи полезных ископаемых, обогатительного, металлургического и других производств, качество и количество которых позволяет осуществлять их добычу и переработку на рациональной экономической основе.

Состав и строение техногенных месторождений зависит от геолого-промышленного типа исходного природного месторождения, способа добычи и технологической схемы переработки минерального сырья, условий складирования и сроков хранения отходов.

В соответствии с этим они подразделяются на:

1) сырье, образовавшиеся в результате разработки полезных ископаемых (отвалы забалансовых руд, вскрышных и вмещающих пород);
2) отходы, сформировавшиеся в процессе переработки минерального сырья (шламо- и хвостохранилища, отходы металлургического, химического и других производств).

Изучение техногенных месторождений на стадиях разведочных работ, эксплуатационной разведки сопровождается их комплексной геолого-экономической оценкой. Она включает оценку геологических и горнотехнических условий освоения месторождений, технологических свойств техногенного сырья, расчет технико-экономических показателей оценки месторождений с учетом социальных и экологических последствий их разработки.

Техногенные месторождения для целей разведки делятся на две группы, различающиеся по морфологии, внутреннему строению и гранулометрическому составу.

В первую группу входят отвалы, сложенные отходами добычи полезных ископаемых, энергетического (золоотвалы) и металлургического (шлаки, кеки) переделов. По форме они представлены плоскими, пластообразными и террасированными, коническими и гребневидными образованиями, сложенными разнозернистым материалом с размером кусков от мм до десятков сантиметров.

Ко второй группе относятся шламохранилища и хвостохранилища, имеющие плоскую поверхность, с нижней границей, определяемой рельефом местности, в которой они размещаются. Материал хвостохранилищ мелкозернистый или тонкодисперсный.

Запасы техногенного сырья делятся на предварительно оцененные и разведанные в зависимости от степени изученности качественных свойств, определяющих внутреннее строение месторождений. Для определения качества вторичного сырья последуют его минеральный и химический состав, содержание полезных компонентов и вредных примесей и характер их пространственного распределения в пределах техногенных залежей. При опробовании шлакоотва-

лов изучают текстурные особенности шлаков, которые по физическому состоянию делятся на гранулированные и литые.

Гранулированные шлаки представляют собой мелкозернистый (2-5мм) сыпучий материал. В литых шлаках устанавливают размеры и характер строения зерен и агрегатов соединений, содержащих полезные компоненты, а также их физико-механические свойства (плотность, истираемость, кислотостойкость, водопоглащаемость, вязкость). Для изучения качества техногенного сырья, предназначенного для использования в стройиндустрии, проводят техническое опробование для определения насыпной и минералогической плотности, гранулярного состава, влажности, прочности, упругости.

По инженерно-гидрогеологичеким условиям техногенные месторождения делятся на сухие (маловлажные), влажные и обводненные. К маловлажным относятся отвалы вскрышных и вмещающих пород, специальные отвалы некондиционных руд, осушенные шламо, шлако- и хвостохранилища. Влажные и обводненные техногенные месторождения включают частично осушенные действующие хвостохранилища, а также законсервированные хвостохранилища, на 40% и более покрытые водой. В процессе инженерно-гидрогеологических исследований техногенных образований, отрабатываемых открытым способом (карьером) изучается степень обводненности месторождения поверхностными и подземными водами, устанавливается положение уровня грунтовых вод, рассчитываются возможные водопритоки в эксплуатационные выработки, определяются физико-механические свойства мерзлых и талых пород, оценивается возможность возникновения оползней.

Если техногенная залежь отрабатывается с применением геотехнологических методов (кучного химического и бактериального выщелачивания), изучаются основные физико-химические параметры сырья (пористость, коэффициент фильтрации, водоотдача), определяющие условия эксплуатации.

Оценка технологических свойств техногенных образований в связи с более низким содержанием в них полезных компонентов в сравнении с природными

месторождениями является главной задачей их изучения. Из техногенного сырья сначала отбираются минералого-технологические пробы, в которых определяют содержание ценных компонентов и вредных примесей, гранулометрический состав, физико-механические свойства. Затем производится отбор малообъемных технологических проб массой от нескольких кг до 50кг, характеризующих отдельные типы и сорта техногенного сырья по разведочным пересечениям. По выделенным технологическим типам и сортам в процессе разведки отбираются лабораторные и укрупнено-лабораторные пробы массой от 0,1 до первых тонн для выбора рациональной схемы переработки сырья, изучения распределения основных и попутных компонентов по продуктам обогащения. Завершается оценка технологических свойств сырья отбором полупромышленных проб массой от нескольких тонн до нескольких сотен тонн для уточнения схем и показателей переработки отвалов.

При проведении технологических испытаний также оценивается возможность предварительного обогащения техногенного сырья (радиометрического, в тяжелых суспензиях, отсадкой). Масса технологических проб, отбираемых для испытаний обогатимости радиометрическими методами, должна быть не менее 2-3 тонн.

Переработка техногенного сырья обычно проводится на действующих горных предприятиях. Важным горно-технологическим показателем оценки техногенного месторождения является годовая производственная мощность рудника по переработке отходов (Аг), определяемых по формуле:

$$1)\, Aг = {Q_T}/{j_T},$$

где: Q_T - свободная мощность на обогатительной фабрике (металлургическом заводе) по товарной продукции, т/год;

j_T - выход товарной продукции, получаемой из 1т добытого сырья, доли ед.

Он устанавливается по формуле:

$$2)\, j_T = \frac{C_c \times K_и}{C_T},$$

где: C_c, C_T - содержание полезного компонента в добытом сырье и товарной продукции, %;

$K_и$ – коэффициент извлечения полезного компонента в товарную продукцию, доли ед.

Если при освоении техногенного месторождения попутно используются нерудные составляющие для производства стройматериалов, выход строительной продукции определяется отношением ее объема к величине объема переработанных отходов.

Экономическая оценка эффективности освоения техногенных месторождений , как и при оценке первичных природных месторождений, включает определение следующих показателей:

1) Общая величина инвестиций;
2) Эксплуатационные затраты;
3) Годовая прибыль от реализации товарной продукции;
4) Чистая дисконтированная прибыль;
5) Индекс прибыльности;
6) Срок окупаемости инвестиций;
7) Внутренняя норма прибыли.

Народнохозяйственный эффект (Энх) от освоения техногенного месторождения рассчитывается по формуле:

3) $Э_{нх}=Э_{ком}+Э_{эк}+Э_{с}+Э_{соп}$

где: $Э_{ком}$ – коммерческий эффект, равный чистой дисконтированной прибыли (ЧДП) за весь срок разработки месторождения;

$Э_{эк}$, $Э_{с}$ – экономический и социальный эффекты;

$Э_{соп}$ – сопряженный эффект от эксплуатации техногенного месторождения, возникающий в геологоразведочной отрасли ($Э_{гр}$) и строительстве ($Э_{ст}$).

Экологический эффект от разработки техногенного месторождения возникает вследствие уменьшения вредного воздействия на окружающую среду. При

освоении техногенного месторождения образуется также социальный эффект вследствие увеличения занятости населения, создания новых рабочих мест.

Эффект в геологоразведке возникает вследствие экономии затрат, которые пришлось бы осуществлять на поиски и разведку запасов полезных ископаемых взамен отрабатываемых техногенных ресурсов.

Эффект в строительстве образуется вследствие экономии инвестиций, обусловленной размещением техногенного сырья на поверхности и резким сокращением объемов строительных (горно-капитальных) работ.

ЛЕКЦИЯ 16

СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основным **критерием** достоверности разведанных запасов ПИ является степень их подтверждения в процессе эксплуатации месторождения. Сопоставление данных разведки и разработки и анализ причин их расхождения производятся совместно организациями, разведывавшей и разрабатывающей месторождение. При этом горное предприятие, разрабатывающее месторождение обязано подготовить все необходимые материалы геолого-маркшейдерского обслуживания, полученные в процессе эксплуатации и проанализировать их совместно с геологоразведочной организацией. Сопоставление данных разведки и эксплуатации должно осуществляться по всем участкам с погашенными, подготовленными и готовыми к отработке запасами, а также по площадям, где проведено или намечается списание запасов в связи с их неподтверждением или по технико-экономическим причинам.

Сопоставление данных разведки и разработки производится:

1) по телам полезного ископаемого в контурах запасов подсчетных блоков, ранее утвержденных ГКЗ (ТКЗ);
2) по этим же телам, но с учетом запасов, дополнительно выявленных при эксплуатационной разведке и разработке месторождения за контурами

подсчетных блоков ранее утвержденных запасов, на сопряженных площадях;

3) с учетом новых тел полезного ископаемого, выявленных при разработке или доразведке месторождения в пределах ранее известных рудовмещающих зон.

Сопоставление данных разведки и эксплуатации проводится раздельно по подсчетным блокам и телам полезного ископаемого, разрабатываемых различными способами (открытым, подземным, комбинированным), а также раздельно по участкам, разведанным с помощью различных технических средств (буровыми скважинами, горными выработками, сочетанием скважин и горных выработок, геофизическими методами).

При этом проводится сравнение:

1) представлений об особенностях геологического строения месторождения, полученных на стадиях его разведки и эксплуатационной разведки;
2) подсчетных параметров (мощности, площади тел, содержания полезных компонентов, объемной массы руды), установленных по данным разведки и разработки;
3) запасов руды и металлов, разведанных и выявленных при эксплуатации месторождения;
4) природных разновидностей, технологических типов и сортов руд;
5) гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения.

Данные разведки и разработки (геологические и гидрогеологические особенности месторождения, мощности, площади и запасы рудных тел, средние содержания полезных компонентов, объемная масса руд) сравниваются в одних и тех же границах сопоставления.

При характеристике особенностей геологического строения месторождения, положенных в основу подсчета запасов и полученных при эксплуатационной разведке, сопоставляются условия залегания и характер выклинивания

рудных тел, их морфологические типы, размеры рудных залежей по простиранию, падению и мощности, степень сложности формы залежей по величине контурного модуля, изменчивость параметров рудных тел (мощности, содержания полезного компонента). По данным разведки и разработки месторождения определяются степень пространственного совпадения рудных тел и ошибки геометризации. Сравнение представлений об особенностях геологического строения месторождения проводится с использованием специальных графических материалов. К ним относятся планы основных горизонтов или уступов; планы подэтажей в контурах участка сопоставления; разрезы, отстраиваемые в опорных маркшейдерских осях, совпадающих с подсчетными разрезами по данным разведки месторождения.

Для надежной статистической обработки информации в пределах подсчетных блоков выделяются элементарные блоки сопоставления. Под элементарным блоком понимается часть подсчетного блока , установленного разведкой в границах эксплуатационного этажа или уступа, однородного по геологическому строению и имеющего соответствующую категоризацию запасов.

Площади блоков определяют путем непосредственных замеров на вертикальных проекциях или параллельных разрезах в зависимости от способа подсчета запасов. В контуре каждого элементарного блока определяются средние значения мощности рудных тел и запасы руды. Среднее содержание металла в элементарном блоке определяется как средневзвешенное на мощность единичных разведочных пересечений.

Подсчет запасов руды по данным разработки проводится по элементарным или эксплуатационным блокам, а также по сумме данных эксплуатационной разведки, опробования горноподготовительных, нарезных и очистных выработок в границах участка сопоставления.

При сравнении за 100% принимаются разведочные данные утвержденного ГКЗ (ТКЗ) подсчета запасов. Величина расхождения (Р) между запасами, под-

считанными по данным разведки ($Q_р$) и установленными по данным разработки месторождения ($Q_э$) определяется по формуле:

$$1)\ \text{Р} = \frac{Q_э - Q_р}{Q_р} \times 100\%$$

Аналогично определяются расхождения в значениях других подсчетных параметров: мощности (М), площади (S), среднего содержания ($\bar{С}$), коэффициента рудоносности (Кр), объемной массы (d), выхода товарной продукции (общего и по сортам).

В результате сравнения значений подсчетных параметров и запасов рудных залежей устанавливаются итоговые расхождения по отдельным блокам, рудным телам и участку сопоставления. Выявленные расхождения в подсчетных параметрах и запасах руды и металла должны быть тщательно проанализированы, определены величины случайных и систематических погрешностей определения запасов, подсчетных параметров и качества руд.

Средняя случайная (среднеквадратическая) погрешность вычисляется по формуле:

$$2)\ \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(di-\bar{d})^2}{n}},$$

где: di - расхождение в запасах (подсчетных параметрах, качестве руд) в блоке по данным разведки и разработки;

$\bar{d}$ - средняя абсолютная систематическая погрешность определения запасов, подсчетных параметров и качестве руд. Она определяется по формуле:

$$3)\ \bar{d} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} di}{n}},$$

где: n - число определений параметра.

Средняя относительная систематическая погрешность рассчитывается по формуле:

$$4)\ \bar{d}_r = \frac{\bar{d} \times 100}{\bar{C}_0},$$

где: $\bar{C}_0$ - средняя по выработке величина запасов (параметра рудной залежи, качества руд), оцененная по данным разведочных работ.

Значимость систематической погрешности оценивается по критерию Стьюдента. При выявлении значимых систематических расхождений между данными разведки и разработки месторождения, выясняются причины этих расхождений. Возможными причинами расхождений в запасах, подсчетных параметрах и качестве руд могут быть как погрешности разведки, так и разработки месторождений.

К основным недостаткам разведки месторождений, обусловившим значительные расхождения, относятся:

1) Неправильное понимание геологических особенностей месторождения;
2) Недостаточная плотность разведочной сети;
3) Отсутствие или малый объем подземных горных выработок (штреков, восстающих);
4) Низкая достоверность данных бурения;
5) Наличие избирательного выкрашивания или истирания полезных минералов (молибденит, графит) при опробовании рудных тел.

Причинами возникновения погрешностей определения запасов, подсчетных параметров и качества руд по данным разработки являются:

1) Недостаточная плотность сети эксплуатационной разведки;
2) Выборочная отработка богатых руд;
3) Неполное пересечение рудных тел разведочными и нарезными выработками;
4) Необоснованный перевод отдельных участков балансовых руд в забалансовые;
5) Невысокое качество опробования в процессе эксплуатационной разведки;
6) Разведка и отработка рудных тел при разных параметрах кондиций.

Для оценки подтверждаемости представлений о технологических свойствах полезного ископаемого сравниваются технологические показатели, принятые при утверждении запасов, с установленными при разработке месторож-

дения. К ним относятся промышленные типы и сорта руд, их пространственное распределение, показатели, определяющие технологические свойства руд (минеральный состав рудных включений, содержание полезных компонентов и вредных примесей), показатели обогащения и переработки минерального сырья, качество получаемой продукции.

При сопоставлении гидрогеологических и горнотехнических условий месторождения при его разведке и разработке сравниваются данные о водопритоках в горные выработки, составе и свойствах шахтных и карьерных вод, физико-механических свойствах полезных ископаемых и вмещающих пород, степени их трещиноватости, о развитии разрывных нарушений, закарстованности, участков многолетнемерзлых пород, о природной газоносности отложений.

Лекция 17

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Основными задачами геофизических исследований при эксплуатации месторождений являются:

1) Выявление благоприятный для размещения полезных ископаемых геологических структур;
2) Обнаружение тел полезных ископаемых на флангах и глубоких горизонтах месторождений в пространстве между выработками;
3) Определение мощности и контуров тел полезных ископаемых, условий их залегания;
4) Оценка качества полезных ископаемых;
5) Уточнение гидрогеологических условий месторождений;
6) Оценка состояния массивов горных пород и прогнозирование геодинамических процессов.

Геофизические исследования в зависимости от целей, решаемых задач и условий проведения работ выполняются в наземном, скважинном и подземном вариантах. Все геофизические методы в зависимости от природы физических

полей подразделяются на гравиметрические, магнитные, электромагнитные, радиоволновые, сейсмические, радиометрические и термические.

Особенность применения методов наземной геофизики на действующих горных предприятиях выражается в их детальности, крупномасштабности, сложности учета геометрии выработок, наличии техногенных полей.

Гравиметрические методы, базирующиеся на оценке гравитационных аномалий, позволяют определить глубину залегания, форму и размеры тел полезных ископаемых, выявить блоки плотных и закарстованных пород, зоны трещиноватых и брекчированных пород. По положительным гравитационным аномалиям изучают рудные месторождения хромита, барита, по отрицательным аномалиям – месторождения каменной соли, ископаемых углей.

Магнитные методы основаны на изучении магнитных аномалий, вызванных различной магнитной восприимчивостью горных пород и полезных ископаемых. Они применяются для оценки магнетитовых руд, алмазоносных кимберлитовых трубок, бокситовых руд, золотоносных россыпей.

Электромагнитные методы исследования массивов горных пород предназначены для выявления и изучения аномалий в электромагнитных полях. Среди них наиболее распространенными являются методы естественного поля, заряженного тела, вызванной поляризации, кажущегося сопротивления, пьезоэлектрический, магнито-теллурический. С их помощью изучают сульфидные и угольные месторождения, оконтуривают рудные тела, пласты антрацита и графита, выявляют дайки, разрывные нарушения.

Высокочастотные **радиоволновые методы** (индуктивные, радиоволнового просвечивания, интерференционные) применяются для определения местоположения и размеров рудных тел, залежей угля, графита, обнаружения тектонических нарушений и обводненных зон.

Сейсмические методы (отраженных волн, корреляционный преломленных волн) характеризуют строение и состояние массивов горных пород. Их используют при разведке и инженерно-геологических изысканиях: изучении зон

трещиноватости, разломов, карстовых полостей, выветрелых горных пород, а также при оценке параметров упругости и прочности горных пород.

Радиометрические методы, фиксирующие естественные радиоактивные поля, применяются при изучении месторождений урановых руд, при выявлении разломов, зон трещиноватости.

Геофизические методы исследования скважин (каротаж) основаны на изучении в них различных полей. По данным каротажа строят геологические разрезы, оценивают структуру месторождений, расчленяют толщи по литологическим признакам, выявляют полезные ископаемые, определяют физические свойства горных пород. Наиболее распространенными являются следующие виды каротажа скважин: электрический, магнитный, акустический, термический, радиоактивный, фотометрический, газовый. Для рудных месторождений наибольшее значение имеют электрический, радиоактивный и магнитный каротаж. С помощью электрического каротажа осуществляется расчленение разрезов скважин на медноколчеданных месторождениях по удельному сопротивлению или проводимости. При радиоактивном каротаже на урановых месторождениях наиболее часто применяют методы ГК, НГК, ГГК-С. Магнитный каротаж на месторождениях железных руд проводится методом КМВ с использованием скважинных каппометров. Используется также комплексная аппаратура электромагнитного каротажа для измерения электропроводности и магнитной восприимчивости пород и руд.

Для контроля за техническим состоянием рудных скважин применяются специальные геофизические методы. К ним относятся инклинометрия, предназначенная для измерения углов отклонения оси скважины от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости разведочного разреза (азимутальное искривление), и кавернометрия, с помощью которой определяют фактический диаметр скважины.

При проведении гидрогеологических исследований на разрабатываемых месторождениях для выделения фильтрующих горизонтов, выявления и изуче-

ния водопритоков, оценки дебитов и минерализации подземных вод, определения значений коэффициентов фильтрации используются такие геофизические методы как термометрия, резистивиметрия, расходометрия, барометрия. Термометры сопротивлений применяют для непрерывного или поточечного измерения температур в скважинах. Резистивиметрия служит для измерения удельного электрического сопротивления промывочной жидкости. Расходометрия предназначена для определения скорости перемещения жидкости по скважине. Барометрия используется для установления давления по стволу скважины.

Методы подземной (шахтной) геофизики применяют для изучения подземного пространства с помощью источника и приемника поля, помещенных в горных выработках и скважинах подземного бурения. Основное назначение этих методов заключается в оперативном обеспечении геолого-геофизическими результатами процесса разведочных работ и подготовки эксплуатационных блоков, изучения гидро- и инженерно-геологических условий освоения месторождений, прогозирования геодинамических процессов. В подземной геофизике получили распространение различные варианты методов электро-, грави-, термо-, магнито- и сейсморазведки, геоакустики и др. Электропрофилирование применяется для оконтуривания рудных тел с низким удельным сопротивлением, метод заряда - для установления сплошности рудных залежей, метод вызванной поляризации – для выделения участков наиболее обогащенных руд, фиксации вкрапленных руд.

С помощью подземной гравиразведки решаются следующие задачи:

1) Ведение поисков в межвыработочном пространстве рудных залежей, не выявленных при разведке;
2) Выяснение условий залегания, формы и размеров рудных залежей;
3) Определение литологических и тектонических контактов пород с разной плотностью;
4) Обнаружение проявлений глубинного карста, пустот в продуктивных толщах, зон обрушения;

5) Установление плотностных характеристик толщ горных пород между горизонтами.

Методы подземной магниторазведки позволяют выяснить природу магнитных аномалий, вести поиск намагничесннх тел в окрестностях выработок и забойном пространстве, выявить их пространственное положение, формы, размеры, элементы залегания.

Радиоволновые методы в шахтно-рудничном варианте используются для решения следующих вопросов:

1) Оценка рудоносности блоков пород между выработками для целенаправленного ведения горно-буровых работ;
2) Выяснение особенностей морфологии, размеров, условий залегания тел полезных ископаемых – уточнение контуров, выделение мест разрыва сплошности, апофиз и пережимов;
3) Контроль за отработкой эксплуатационных блоков с целью предотвращения потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Применение подземных радиоволновых методов дало положительные результаты на медно-никелевых, медноколчеданных, полиметаллических, железорудных месторождениях.

Сейсмические и геоакустические методы подземной геофизики позволяют определить упругие свойства горных пород, изучать степень их трещиноватости, исследовать напряженное состояние массива, выявлять подземные полости и зоны разломов, оконтуривать рудные залежи, угольные и соляные пласты.

ЛЕКЦИЯ 18

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Основными задачами гидрогеологических исследований на стадии разработки месторождений являются:

1) определение характера взаимосвязи подземных и поверхностных вод;
2) изучение водообильности и водопроницаемости пород;

3) установление возможных водопритоков в горных выработках;

4) исследование агрессивности подземных вод и возможности их использования для бытового и промышленного водоснабжения.

Гидрогеологические исследования при открытой разработке месторождений карьерами включают: 1) наблюдение за режимом водопритока и уровнем подземных вод; 2) проведение откачек и нагнетаний вод; 3) изучение состава и свойств воды; 4) гидрогеологическая съемка.

Наблюдение за режимом притоков подземных и поверхностных вод в карьер осуществляется по системе ориентировочных точек. По мере развития карьера их количество пополняется и изменяется. Для установления режима водопритоков проводятся следующие наблюдения:

1) определение дебита наиболее крупных концентрированных выходов воды в откосах уступов и на дне карьера;

2) оценка единичных расходов потоков воды, просачивающихся на откос уступа (траншеи) карьера на характерных участках, а также расхода воды, поступающей в водосборники;

3) исследование поглощения атмосферных, поверхностных и технических вод;

4) изучение и прогнозирование динамики изменения депрессионной воронки во времени и пространстве по мере развития фронта горных работ.

Частота режимных наблюдений за водопритоками в карьерах должна быть не менее 2-3 раз в месяц, а в периоды весеннего снеготаяния и ливневых дождей – 1 раз в три дня или ежедневно.

На месторождениях с простыми гидрогеологическими условиями режимные наблюдения за водопритоками проводят по центральному водоотливу, на обводненных карьерных полях – по пунктам, расположенным по всему контуру горных работ. Для уточнения водопроницаемости горизонтов в карьерах выполняются кратковременные пробные или опытные откачки вод. Линии сква-

жин или шурфов ориентируют по направлению потока подземных вод и перпендикулярно к нему.

Наливы в скважины и шурфы проводятся для приближенного определения проницаемости и поглощения воды в горизонтах водоносных пород. Для изучения фильтрационных характеристик, трещиноватости пород по величине удельного водопоглощения осуществляются опытные нагнетания вод в выработки.

Состав, температура и другие характеристики вод определяются по сети наблюдательных пунктов в карьерах. Агрессивность подземных вод к металлам и бетону устанавливается по величине pH, содержанию в них свободных кислорода, угольной (H_2CO_3) и серной (H_2SO_4) кислот. Качество подземных вод и возможность их использования для питья, в технических целях или сельском хозяйстве оцениваются в соответствии с нормами и стандартами.

Гидрогеологическая съемка должна охватывать все карьерное поле и примыкающую к нему площадь на расстоянии не менее 1 километра. Съемка проводится в период сезонных изменений режима поверхностных водотоков, а при строительстве карьера – каждый месяц. Она выполняется на основе геологического плана карьера масштаба 1:10 000. Он включает контуры горных работ, некоторые нарушения, трещинные зоны, водоносные горизонты и водоупоры, участки деформаций уступов. Результаты гидрогеологической съемки отображают на геолого-маркшейдерских планах, планах гидроизогипс и гидроизопьез (одинаковых уровней напора подземных вод). На основании полученных при гидрогеологических исследованиях в карьерах данных рассчитывается водоотлив.

Гидрогеологические наблюдения при подземной разработке месторождений на рудниках и шахтах предназначены для установления режима подземных вод, условий формирования водопритока, его зависимости от развития очистных работ на горизонте и подготовительных работ на глубину. Для исследования связи поверхностных и подземных вод, ее влияние на водопритоки изуча-

ется поверхность шахтного поля. На ней выделяются участки повышенной фильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод, поглощения сбрасываемых шахтных вод. В подземных горных выработках, опережающих, дренажных и гидрогеологических скважинах выполняются наблюдения за режимом подземных вод. Они позволяют установить суммарные и погоризонтные поступления воды в шахту, динамику изменения депрессионной воронки во времени и пространстве, определить роль тектонических нарушений в обводнении месторождения, выявить гидрогеологические параметры водоносных горизонтов и комплексов, химический состав и свойства подземных вод. Для прогнозирования величины водопритоков в шахту определяют удельные водопритоки на 1 м понижения в центре депрессионной воронки, на 1 м глубины отработки месторождений, на единицу длины горной выработки, на 1 тонну добытого полезного ископаемого.

Инженерно-геологические исследования при эксплуатации месторождений выполняются для:

1) определения физико-механических свойств вмещающих пород и полезных ископаемых в массиве и отбитой горной массы;

2) уточнения структуры разрабатываемых и отвальных массивов;

3) оценки устойчивости и деформаций стенок горных выработок, бортов карьеров и отвалов;

4) установления проявлений горных ударов, внезапных выбросов пород и газа;

5) разработки мероприятий по предотвращению оползней, провалов, обрушений.

На месторождениях со сложными инженерно-геологическими условиями, разрабатываемых открытым способом – карьерами уточняют физико-механические свойства горных пород и полезных ископаемых.

При лабораторных испытаниях образцов определяют следующие характеристики:

1) для твердых и полутвердых пород – влажность, плотность и объемную массу, хрупкость, морозостойкость, сопротивление сжатию.

2) для глинистых пород – плотность и объемную массу, пористость, влажность, водопроницаемость, просадочность, набухаемость, зерновой состав;

3) для песчаных пород – зерновой состав, влажность, плотность и объемную массу, влагоемкость, водоотдачу, угол естественного откоса.

Полный комплекс физико-химических испытаний проводится по контрольным пробам.

Для остальных проб устанавливают только расчетные параметры (объемную массу, влажность, пористость, угол внутреннего трения, сцепление). На карьерах из каждой разновидности пород отбирают по 2-3 контрольные пробы на каждые 50-75 метров продвижения фронта горных работ и на 10-20 метров углубки карьера.

Изучение деформаций пород в карьере и устойчивости отвалов включает:

1) описание признаков деформации откосов и дна карьера (трещины, оползни, обвалы, провалы);

2) выявление связи деформаций пород с механическими нарушениями и интенсивностью выветривания пород в откосах;

3) исследование влияния обводненности пород на развитие деформации откосов уступов;

4) определение воздействия взрывных работ на развитие деформации откосов.

Сопротивление сдвигу горных пород определяется срезом больших призм, монолитов, целиков породы в шурфах.

Инженерно-геологические исследования при подземной разработке месторождений проводятся для решения следующих задач: 1) уточнение физико-механических свойств горных пород и полезных ископаемых; 2) изучение трещиноватости и тектонической нарушенности пород; 3) установление характера и интенсивности развития инженерно-геологических явлений (вывалов, об-

рушений, проседания пород); 4) оценки проявления горного давления в подземных выработках и деформаций поверхности, связанных с ведением добычных работ.

Наиболее детально на рудниках изучают физико-механические свойства пород в зонах повышенной трещиноватости, брекчирования, тектонической нарушенности, выветривания.

Результаты инженерно-геологических исследований при открытой и подземной разработке месторождений используются для следующих целей:

1) районирования карьерных (шахтных) полей и отвальных территорий;

2) разработки мероприятий по управлению состоянием массива пород для обеспечения безопасного ведения горных работ;

3) охраны недр и земельных ресурсов;

4) восстановления нарушенных территорий.

ЛЕКЦИЯ 19

ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ

Текущие задачи геологической службы на горнодобывающем предприятии, включают:

1) учет потерь и разубоживания полезных ископаемых;

2) учет движения запасов;

3) планирование добычи полезных ископаемых;

4) прогнозирование количества и качества минерального сырья;

5) управление качеством руд.

Промышленные запасы – это часть балансовых запасов, подлежащая извлечению из недр. Балансовые запасы состоят из промышленных запасов, проектных потерь и запасов, нецелесообразных для отработки по технико-экономическим причинам.

Промышленные запасы делятся на вскрытые, подготовленные и готовые к выемке. К вскрытым относятся запасы, подсеченные капитальными горными

выработками, к подготовленным – запасы, оконтуренные подготовительными выработками. Готовыми к выемке считаются запасы, подсеченные нарезными горными выработками. Подготовленные запасы включают активные запасы, предназначенные для выемки и неактивные запасы, находящиеся во временных целиках, пожароопасных участках, временно заваленные или затопленные.

Проектные потери состоят из общешахтных потерь в целиках под охранными объектами, барьерных целиках, целиках для охраны капитальных горных выработок и эксплуатационных потерь в целиках, обусловленных принятой на месторождении системой разработки. К запасам, нецелесообразным для отработки по технико-экономическим причинам относятся запасы мелких изолированных тел полезных ископаемых, запасы участков с интенсивной тектонической нарушенностью и обводненных участков.

Обеспеченность горного предприятия подготовленными запасами – важнейшее условие его эффективной деятельности. На каждом предприятии устанавливаются нормативы на количество подготовленных и готовых к выемке запасов. Сущность нормативов состоит в восполнении каждого отработанного блока равноценным блоком, готовым к выемке, а каждого блока, готового к выемке – подготовленным блоком.

ПОТЕРИ И РАЗУБОЖИВАНИЕ

Разведанные запасы полезных ископаемых при разработке месторождения не могут быть полностью извлечены из недр по многим причинам. Часть добытой рудной массы попадает в отвалы пустых пород, теряется при транспортировке и складировании. Разница между подсчитанными и извлеченными балансовыми запасами образует потери.

Отношение потерянных балансовых запасов к погашенным называется коэффициентом потерь, он оценивается по формуле:

$$1)\ \eta = \frac{Q_м - Q_д}{Q_м} \times 100\%$$

где: $Q_м$ - запасы руды в массиве, т; $Q_д$ - запасы добытой руды, т.

Разубоживание (потери качества) – это происходящее в процессе разработки снижение содержания полезного компонента в добытой рудной массе по сравнению с содержимым его в массиве.

Причинами разубоживания руд является:

1) примешивание пустых пород или некондиционных руд;

2) потери части полезного компонента в виде обогащенной мелочи;

3) выщелачивание полезных компонентов и т.д.

Количественно потери качества выражаются коэффициентом разубоживания, который определяется как отношение разницы между содержанием полезного компонента в массиве ($C_м$) и добытой руде ($C_р$) к содержанию его в массиве:

$$2)\ r = \frac{C_м - C_р}{C_м} \times 100\%,$$

При разработке месторождений подземным способом уровень фактических потерь составляет на железорудных месторождениях 20-30%, на месторождениях цветных металлов 15-35%, минеральных солей – до 45-60%.

Разубоживание на рудниках достигает 18-30%. В целом, чем сложнее горно-геологические условия разработки, тем выше потери и разубоживание.

При открытом способе разработки потери составляют – 4-6%, разубоживание – 5-10%.

УЧЕТ ПОТЕРЬ И РАЗУБОЖИВАНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Потери количества и качества полезных ископаемых устанавливаются: прямыми, косвенными и комбинированными методами.

При прямом методе потери руды определяются по замерам в натуре или на геолого-маркшейдерской графике. При определении разубоживания прямым методом замеряется количество разубоживающих пород. Применение прямых методов возможно при четких контактах рудных тел с вмещающими породами. Если контакты нечеткие применяют косвенные методы. Они основаны на сопоставлении количества добытой руды с количеством погашенных балансовых

запасов – при определении потерь, и на сопоставлении содержаний полезных компонентов в них – при определении разубоживания.

Комбинированные методы состоят в сочетании прямых и косвенных приемов определения потерь и разубоживания полезных ископаемых. Где это возможно применяют прямые методы, где нет – косвенные. Окончательные величины потерь и разубоживания можно определить только после полной отработки эксплуатационного блока. Дифференцированный учет потерь и разубоживания руд при разработке месторождений проводится на основании выделения приконтурных и внутриконтурных выемочных единиц рудника (эксплуатационных блоков, камер). Это связано с тем, что 85-90% всех фактических потерь и разубоживания руд приходится на приконтактовые части залежей (кровлю, подошву, фланги тел) и лишь 10-15% потерь и разубоживания руд – на внутренние части залежей.

На величины потерь и разубоживания также существуют нормативы. За нормативные принимают такие величины потерь и разубоживания, которые оправданы технически и допустимы экономически. Нормативы устанавливаются проектом горного предприятия.

ДВИЖЕНИЕ ЗАПАСОВ

Запасы полезных ископаемых являются динамической системой, они постоянно находятся в движении. Движением запасов называется изменение их количества в процессе разведки, добычи, переоценки и других причин. По мере выемки балансовые запасы переходят в погашенные. Среди них различают запасы добытые и потерянные.

В процессе добычи запасы превращаются в рудную массу, которая содержит извлеченные запасы балансовой руды и разубоживающую массу.

В процессе эксплуатации происходят следующие виды изменения запасов:

1) погашение;

2) приращение;

3) перевод в более высокую категорию;

4) перевод из забалансовых в балансовые запасы и наоборот;

5) списание запасов;

6) снятие с баланса;

7) постановка на баланс.

Соответственно называют запасы: погашенные, приращенные, переведенные в другую категорию, списанные и др.

Причинами изменения запасов могут быть: 1) разведка; 2) переоценка; 3) неподтверждение; 4) изменение технических границ месторождения; 5) подготовка к добыче; 6) добыча; 7) потери.

Учет состояния и движения запасов является важной задачей геологической службы горных предприятий. Основная цель учета движения запасов – получение полных данных о состоянии минерально-сырьевой базы предприятия, обеспеченности разведанными запасами. Учет запасов начинается с момента передачи месторождения в эксплуатацию и проводится ежегодно на 1 января каждого года. Контроль за учетом запасов осуществляет Госгортехнадзор Российской Федерации.

ЛЕКЦИЯ 20

ПЛАНИРОВАНИЕ ДОБЫЧНЫХ РАБОТ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Деятельность горных предприятий осуществляется по заранее составленным планам.

План представляет собой перечень объемов работ, составленный по видам работ, объектам и календарным периодам. Основными показателями планирования являются:

1) при планировании добычи – а) количество руды в целом и по сортам, б) процентное содержание полезных компонентов;

2) при планировании проходки – длина и объем горных выработок;

3) при планировании бурения – длина скважин;

4) при планировании закладки – объем закладываемых пустот.

Различают перспективное, текущее и оперативное планирование.

Перспективное планирование проводится на 6-8 лет. Это обосновывается тем, что при перспективном планировании решается вопрос о сроках введения в эксплуатацию новых горизонтов. Цикл их подготовки занимает 5-7 лет. Текущим является годовое планирование. Оно осуществляется в форме техпромфинплана. Оперативное планирование – это составление квартальных, месячных, недельных и суточных планов.

Планирование горных работ выполняется на основе прогноза количественных и качественных показателей полезных ископаемых. Прогнозируются следующие показатели: 1) количество горной массы; 2) количество руды; 3) качество руды в целом и по типам и сортам.

Для прогноза количества и качества полезных ископаемых в недрах на графические геологические материалы (планы, разрезы, проекции) наносят плановый контур добычи полезных ископаемых. Внутри него по бортовым содержаниям оконтуривают полезные ископаемые и выделяют участки разных сортов, согласно техническим условиям. Для каждого участка подсчитываются запасы и определяются качественные показатели. Затем подсчитывают суммарные запасы в целом и по сортам в плановом контуре добычи полезных ископаемых.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ РУД

Ценность товарной руды, поступающей на обогатительную фабрику и металлургический передел, определяется не столько величиной качественных показателей, сколько их стабильностью. Это обусловлено тем, что режим переработки руд (обогащения, плавки и т.д.) настраивается на определенный качественный состав поступающего сырья. Всякое изменение качества руд вызывает необходимость изменения параметров технологического процесса и увеличения расхода руды, потерь металла, затрат реагентов и энергии.

В связи с этим перед горным производством ставится задача обеспечения постоянства качественных показателей в технологическом потоке. Отсюда вытекает необходимость управления качеством руд.

Управление качеством руд – это совокупность операций, направленных на достижение в массе добытой руды заданных показателей качества. Информационной основой для управления качеством руд является опробование. При этом опробование должно быть оперативным. Наиболее оперативны геофизические методы опробования.

Основным качественным показателем, к которому применяются управляющие воздействия, является содержание в руде ведущего полезного компонента. При этом используют два статистических показателя: 1) среднее содержание полезного компонента в руде или концентрате; 2) его изменчивость, выраженную среднеквадратичным отклонением.

Учет и измерение этих величин – основной прием управления качеством руд. Контролем должны быть охвачены все основные звенья технологической цепочки. Каждая операция управления качеством руд состоит из 2-х основных стадий:

1) определение содержания полезного компонента в руде и концентрате;

2) применение к нему управляющего воздействия.

Управляющие воздействия могут быть двух видов: 1) разделение объемов руды; 2) объединение (смешивание) порций руды.

Задачи управления качеством руд:

1) изучение закономерностей размещения качественных показателей в недрах;

2) выбор оптимального направления отработки рудных тел, обеспечивающего минимальную изменчивость качественных показателей в добытой рудной массе;

3) планирование участков отработки, совокупное качество которых соответствуют плановому уровню;

4) управление объемами и корректировка границ добычи для обеспечения среднего уровня показателей качества;

5) смешивание руд в специальных складах, штабелях, бункерах, с целью усреднения их качества.

Операциями управления качеством руд являются:

1) выделение объемов руды с разными показателями качества в недрах или потоке;

2) оперативное получение информации о качестве руд в данных объемах;

3) управление последовательностью добычи руд и подачи их на переработку.

Способы управления качеством руд включают:

1) разделение участка массива на части с разным качеством руд и селективная их отработка;

2) разделение очистного блока на части с разным качеством и выдача руды в определенной последовательности;

3) разделение потока горной массы на части по качеству и группировка их в промышленные сорта;

4) перераспределение порядка следования порций горной массы внутри рудопотока, в соответствии с качеством руды в порциях.

В настоящее время на крупных горно-обогатительных комбинатах имеются автоматизированные системы управления качеством продукции – АСУКП. Они действуют на базе ядерно-геофизических методов опробования.

УСРЕДНЕНИЕ РУД ПРИ ДОБЫЧЕ

Стабильность качественных показателей достигается в процессе управления качеством руд путем их усреднения. Под усреднением понимается комплекс мероприятий по поддержанию постоянных качеств руды, отправляемой потребителю. Параметр, подлежащий усреднению, выбирается по его значимости для производства.

Степень стабилизации качественных показателей оценивается коэффициентом усреднения:

$$1)\ \kappa_{ус} = \frac{\delta_1}{\delta_2} (> 1),$$

где: δ_1 - среднеквадратичное отклонение показателя до усреднения, а δ_2 - после усреднения.

Наиболее полно качество усреднения отражает формула:

$$2)\ \kappa'_{ус} = 1 - \frac{\delta_2}{\delta_1} (< 1),$$

Значения этого коэффициента изменяются от 0 до 1. В случае полного отсутствия эффекта усреднения он равен 0, в идеально усредненной руде – 1.

Усреднение – процесс многоступенчатый. Он начинается в забоях рудника, продолжается на складах карьеров и шахт, на складах и бункерах дробильно-сортировочных, обогатительных и конгломерационных фабрик.

Выделяют четыре ступени или стадии усреднения руд: 1) при планировании горных работ; 2) путем управления добычными забоями и транспортом; 3) посредством создания усреднительных складов; 4) с помощью специального усреднительного оборудования и механизмов.

Первой стадией процесса усреднения является планирование такого порядка горных работ, который обеспечил бы сглаживание качественных характеристик в пределах длительных календарных сроков – не менее года или квартала. На этой стадии можно достичь коэффициента усреднения от 1,5 до 2,5.

Вторая стадия усреднения состоит в организации гибкого управления добычными забоями и транспортом в течении суток или смены. Высокая эффективность усреднения достигается за счет следующих мероприятий:

1) селективной выемки качественно разнородных участков забоев;

2) поддержания резервных забоев с разными качественными характеристиками руды;

3) применения подшихтовочных складов.

Коэффициент усреднения на второй стадии составляет 2,5-3.

На третьей стадии применяются прикарьерные и околоствольные усреднительные склады, на которых стабилизация качества осуществляется за счет определенной последовательности укладки руды в штабеля. Штабеля рудной массы отсыпаются по мере ее поступления тонкими слоями. В каждом слое ру-

да имеет определенное качество. Отгрузка рудной массы производится вкрест слоев, в результате чего при направленном перемешивании материала разных слоев происходит усреднение руд.

В четвертую стадию достигается самый высокий эффект усреднения на складах обогатительных фабрик и рудных дворах металлургических заводов посредством применения специальных усреднительных механизмов и оборудования. На этой стадии усреднение достигается путем механического перемешивания рудной массы в специальных емкостях, как правило, в автоматическом режиме.

ЛЕКЦИЯ 21

МОНИТОРИНГ МЕТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ММТПИ)

ММТПИ является подсистемой мониторинга состояния недр (геологической среды). Он представляет собой объектный уровень мониторинга. ММТПИ – это система регулярных наблюдений, сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния недр и связанных с ними других компонентов окружающей природной среды в границах техногенного воздействия в процессе геологического изучения и разработки месторождения, а также ликвидации и консервации горнодобывающих предприятий.

К компонентам окружающей природной среды относятся недра, почвы, растительный и животный мир, поверхностные и подземные воды, воздух.

Целью ведения ММТПИ является информационное обеспечение органов управления государственным фондом недр и недропользователей при геологическом изучении и разработке месторождений полезных ископаемых. Для реализации этой цели в системе ММТПИ осуществляется решение следующих задач:

1) Оценка текущего состояния геологической среды на месторождении, включая зону существенного влияния его эксплуатации;

2) Составление текущих, оперативных и долгосрочных прогнозов изменения геологической среды на месторождении и в зоне существенного влияния его отработки;
3) Проведение экономической оценки ущерба с определением затрат на осуществление природоохранных мероприятий и компенсационных выплат;
4) Разработка мероприятий по рационализации способов добычи полезного ископаемого, предотвращению аварийных ситуаций и ослаблению негативных последствий ведения эксплуатационных работ;
5) Контроль и оценка эффективности мероприятий по рациональному способу добычи полезного ископаемого.

К источникам антропогенного воздействия, связанными с добычей полезного ископаемого относятся:

1) Открытые и подземные горные выработки, технологические скважины подземного выщелачивания;
2) Сооружения шахтного или карьерного водоотлива (системы водопонизительных и дренажных скважин, подземных горных выработок);
3) Системы захоронения шахтных вод;
4) Фильтрационные завесы, связанные с закачкой в недра специальных растворов;
5) Газо-аэрозольные и пылевые выбросы;
6) Сооружения по инженерной защите горных выработок от негативного воздействия опасных геологических процессов;
7) Автономные водозаборы подземных вод.

Источниками антропогенного воздействия на окружающую среду, не связанными непосредственно с процессом добычи полезных ископаемых являются:

1) Отвалы горных пород, склады полезных ископаемых, шламо- и хвостохранилища, пруды-отстойники, накопители сточных вод;

2) Каналы и трубопроводы отвода рек и ручьев, технических вод и стоков;
3) Сбросы дренажных и сточных вод в поверхностные водотоки и водоемы;
4) Технологические и бытовые коммуникации;
5) Участки рекультивации земель;
6) Опасные инженерно-геологические процессы;

Мониторинг месторождений твердых полезных ископаемых включают:

1) Регулярные наблюдения за элементами геологической среды, горными выработками и другими сооружениями, регистрация наблюдаемых показателей и обработка полученной информации;
2) Создание и ведение информационных фактографических и картографических баз данных, включающих ретроспективную и текущую геологическую и технологическую информацию;
3) Оценка пространственно-временных изменений состояния геологической среды;
4) Учет движения запасов полезных ископаемых при их добыче и переработке;
5) Учет извлеченных (перемещенных) горных пород;
6) Прогнозирование изменения состояния объектов горных работ под влиянием добычи полезного ископаемого, дренажных мероприятий;
7) Предупреждения о вероятных негативных изменениях геологической среды и необходимой корректировке технологии добычи полезных ископаемых;
8) Разработка рекомендаций по ликвидации последствий аварийных ситуаций, связанных с изменениями состояния геологической среды.

На площади проведения ММТПИ выделяются 3 зоны:

1) Зона непосредственного ведения горных работ и размещения других технологических объектов, влияющих на изменение состояния недр в пределах границ горного отвода;

2) Зона существенного влияния разработки месторождения на различные компоненты геологической среды;
3) Периферийная зона, примыкающая к зоне существенного влияния разработки месторождения (зона фонового мониторинга).

Границы площади ведения горных работ (зоны горного отвода) определяются природными геологическими и технико-экономическими факторами. Верхней границей месторождения принимается поверхность земли, а нижней – подошва балансовых запасов полезного ископаемого.

Размеры зоны существенного влияния разработки месторождения твердых полезных ископаемых устанавливаются по распространению участков активизации опасных геологических процессов под влиянием добычи полезного ископаемого и существенного нарушения гидродинамического режима и структуры потоков подземных вод в пределах депрессионной воронки. Радиусы зон существенного влияния разработки месторождения обычно не превышают 10-20км в напорных пластах и первых километров – в безнапорных пластах.

Площадь периферийной зоны охватывает участки с геолого-гидрогеологическими условиями и ландшафтами, развитыми в зоне существенного влияния.

Все проводимые в системе мониторинга месторождений твердых полезных ископаемых наблюдения за состоянием окружающей природной среды делятся на две группы:

1) Стандартные (обязательные), осуществляемые на всех или большинстве месторождений;
2) Специальные (дополнительные), проводимые на отдельных месторождениях.

Стандартными наблюдаемыми показателями являются:

1) Данные по приросту запасов полезных ископаемых;
2) Количество и качество извлекаемых из недр полезных ископаемых;
3) Объем извлекаемых из недр горных пород;
4) Ход развития горных работ и состояние горных выработок;

5) Величина отбора шахтных и дренажных вод из внешних и внутренних водоприемных систем;
6) Величина сброса откачиваемых и сточных вод в различные элементы системы водоотведения;
7) Утечки из прудов-отстойников, накопителей сточных вод;
8) Уровни подземных вод всех водоносных горизонтов, участвующих в обводнении горных выработок;
9) Физические свойства, химический состав и температура подземных, шахтных и сточных вод.

К наблюдаемым специальным показателям относятся:

1) Расходы родников;
2) Уровни подземных вод в горизонтах, смежных с участвующими в обводнении горных выработок;
3) Расходы и уровни поверхностных вод; пересыхание и перемерзание, наледный сток;
4) Состояние горных выработок и их крепление;
5) Состояние устьев, фильтров и обсадных труб, насосного оборудования водозаборных и наблюдательных скважин;
6) Физико-механические свойства и трещиноватость пород;
7) Количество и величина карстовых воронок, изменение их размеров;
8) Планово-вертикальные деформации дневной поверхности для оценки оседания подрабатываемых территорий;
9) Данные геодезических и маркшейдерских наблюдений за деформациями склонов и бортов карьеров для оценки развития оползне-обвальных процессов;
10) Изменение состояния болот, видового состава и габитуса растительности;
11) Загрязнение атмосферного воздуха;
12) Техногенные землетрясения и горные удары;

13) Температура, физико-механические и теплофизические свойства многолетнемерзных пород.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаев И.И., Панов Ю.К. Основы рудничной геологии. Учебное пособие. Свердловск, 1984. 72 с.

2. Дворник Г.П., Угрюмов А.Н. Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья. Учебное пособие. Екатеринбург, 2004 – 220 с.

3. Ершов В.В. Основы горнопромышленной геологии: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. 328 с.

4. Петруха Л.М. Разведка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Екатеринбург, 2003. 247 с.

5. Рудничная геология: Учебное пособие для вузов / В.Ф. Мягков, А.М. Быбочкин, И.И.Бугаев и др. – М.: Недра, 1986. 199 с.

6. Свирский М.А., Чумаченко Н.М., Афонин Б.А. Рудничная геология. – М.: Недра, 1987. 237 с.

7. Тимкин Т.В. Основы горнопромышленной геологии /Т.В. Тимкин; ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 81с.

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор УГГУ
по учебно-методическому комплексу

_____С. А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.В.22 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУД

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Обогащения полезных ископаемых	горно-механического
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Козин В. З.	Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 2 от 29.09.2020	Протокол № 2 от 14.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

- изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
- изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана проведения эксперимента;
- составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
- аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

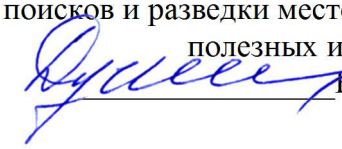
одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

дисциплина **СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ**

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенции:

ПК-3 (*(знать:* требования к содержанию, оформлению и документации геологических наблюдений; *уметь: выделить*, исследовать и задокументировать структурные элементы рудных полей; *владеть:* методическими и инструктивными материалами по документации геологических наблюдений*)*

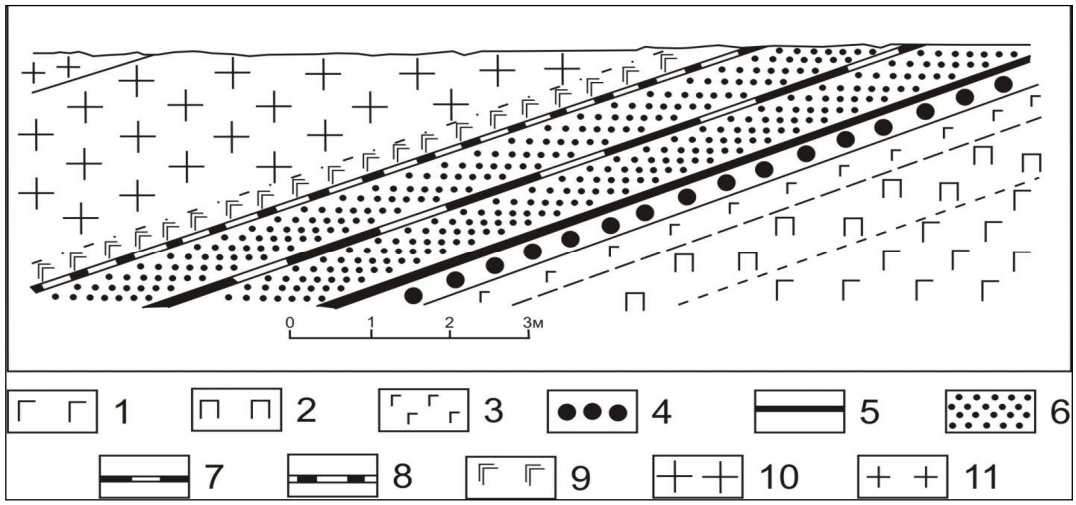
ПСК-1.1 (*знать*: геолого-структурные типы рудных тел и рудных полей; *уметь*: работать с разными видами графических геологических материалов; *владеть*: теоретическими основами и практическими навыками структурных исследований рудных полей)

Контрольная работа

Задание: на основании анализа геологического строения месторождения выделить и охарактеризовать структурные элементы рудного поля, геолого-структурные типы рудных тел, геолого-структурный тип рудного поля.

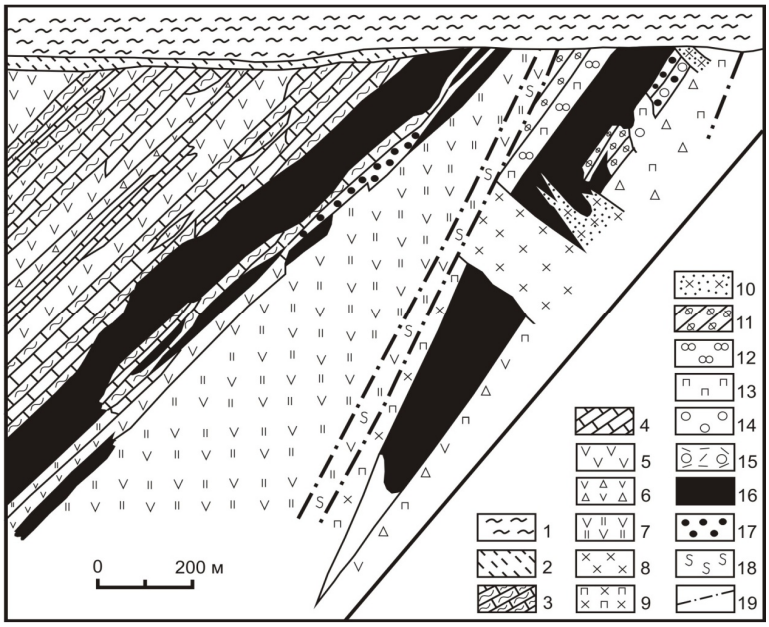
Работа выполняется на основании контрольных графических материалов. Один вариант соответствует одному месторождению. Количество вариантов практически не ограничено. Ниже приводится примерный комплект заданий.

Вариант 1. Месторождение платиноидов Риф Меренского



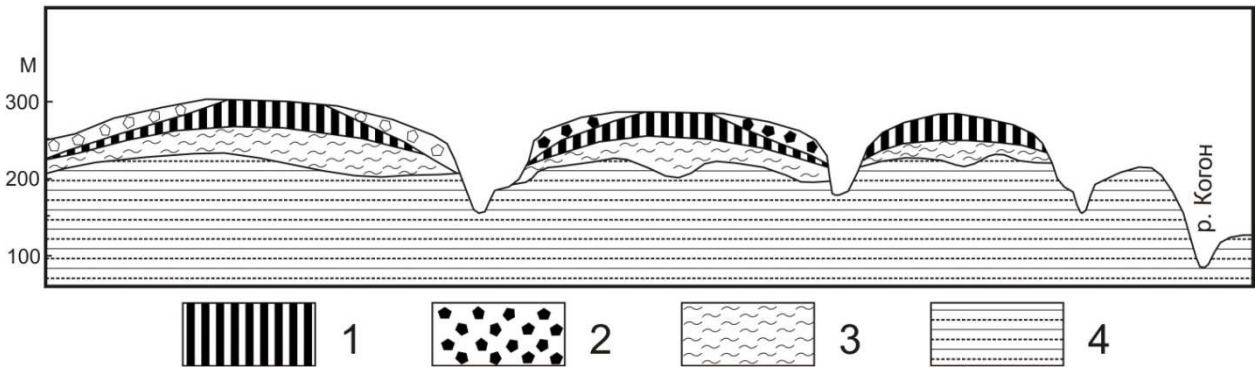
1 – пятнистый норит; 2 – пироксеновый норит; 3 – пятнистый анортозитовый норит; 4 – грубозернистый риф Меренского с платиной; 5 – нижний хромит с платиной; 6 – рудное тело; 7 – средний хромит с платиной; 8 – верхний хромит; 9 – норит висячего бока; 10 – пятнистый анортозит; 11 – анортозит

Вариант 2. Сарбайское месторождение железа



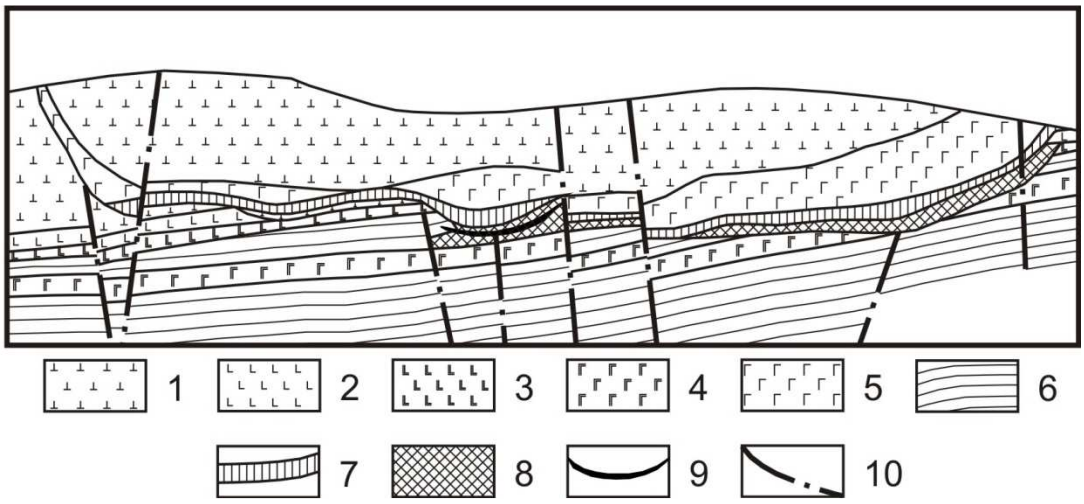
1 – мезо-кайнозойские отложения; 2 – глины древней коры выветривания палеозойских пород; 3 – туффиты алевролитовые, пелитовые; 4 – известняки битуминозные с прослоями туфогенного материала; 5 – туфы среднего состава с прослоями андезитов порфировой структуры; 6 – туфы и туфобрекчии среднего состава; 7 – туфобрекчии альбитизированные; 8 – диориты в том числе порфировой структуры; 9 – диориты жильные, дорудные; 10 – кварц-пироксеновые диориты, порфировой структуры, послерудные; 11 – ороговикованные туффиты; 12 – скаполитовые метасоматиты; 13 – пироксеновые скарны и скарнированные породы; 14 – гранатовые скарны и скарнированные породы; 15 – эпидот-актинолитовые породы; 16 – магнетитовые руды; 17 – вкрапленники магнетитовых руд; 18 – зоны милонитизации пород и руд; 19 – тектонические нарушения

Вариант 3. Месторождение бокситов Боке



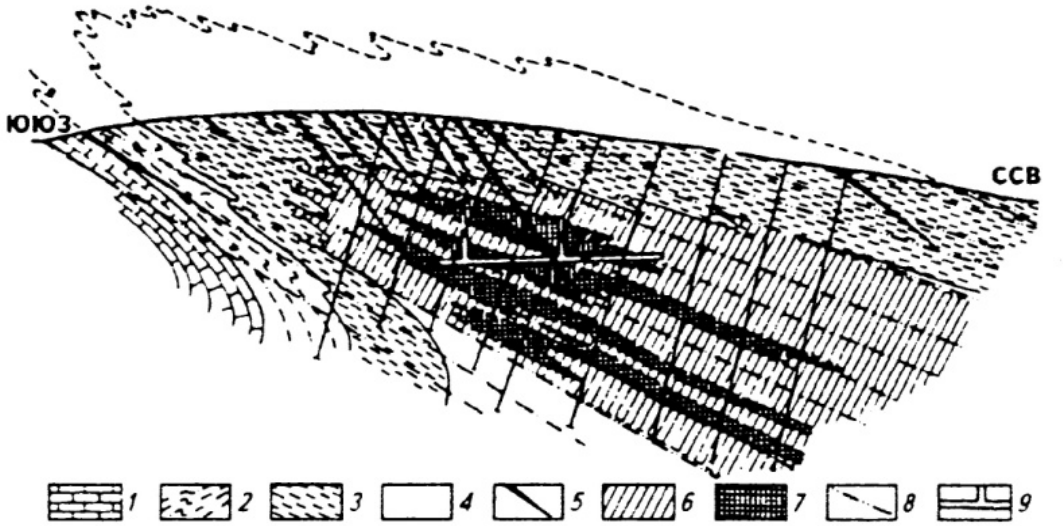
1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – граптолитовые сланцы и другие терригенные породы

Вариант 4. Месторождение никеля Норильск-I



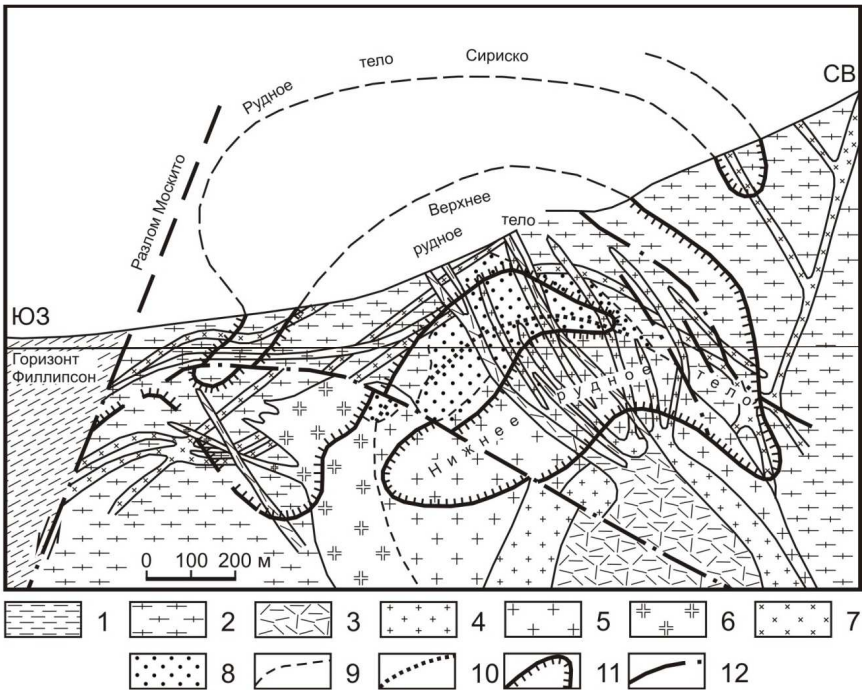
1 – эффузивы нерасчлененные; 2 – лабрадоровые базальты; 3 – титан-авгитовые базальты; 4 – силы титан-авгитовых долеритов; 5 – габбро-долеритовая интрузия Норильск I; 6 – осадочные породы тунгусской серии; 7 – вкрапленные руды в интрузии; 8 – вкрапленные руды в породах экзоконтакта; 9 – жильные руды; 10 – тектонические нарушения

Вариант 5. Месторождение золота Сухой Лог



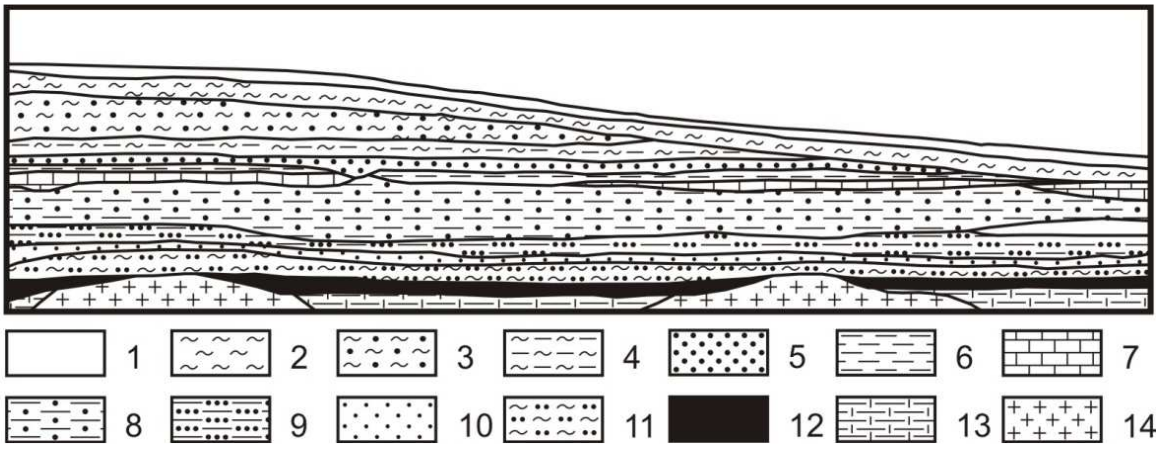
1 – известковистые алевролиты и алевросланцы; 2 – алевросланцы и алевролиты, преимущественно грубозернистые; 3 – «углистые» филлитовидные алевролиты; 4 – углистые кварцево-серицитовые алевросланцы; 5 – кварцевые жилы; 6-7 – ореол развития золото-сульфидной минерализации: 6 – умеренной; 7 – повышенной; 8 – кливаж; 9 – подземные горные выработки

Вариант 6. Молибденовое месторождение Клаймакс



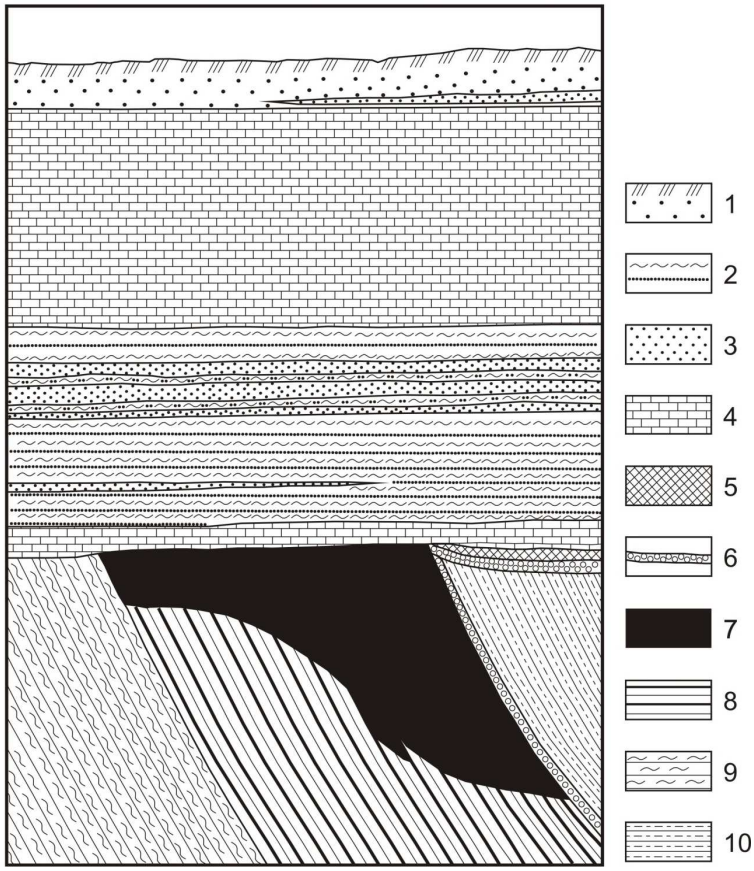
1 – осадочные породы палеозоя; 2 – докембрийские граниты и кристаллические сланцы; 3-7 – породы кайнозойского магматического комплекса порфировой структуры (этапа тектоно-магматической активизации): 3 – поздние дайки риолитов порфировой структуры; 4 – внутрирудные порфировые дайки; 5 – центральный массив порфировых пород штока Клаймакс; 6 – Юго-Западный массив штока Клаймакс; 7 – монцониты порфировой структуры; 8 – сильноокварцованные породы; 9 – граница сильноокварцованных пород; 10 – предполагаемое положение контакта пород в зоне окварцевания; 11 – контур молибденового оруденения с содержанием Mo 0,2 %; 12 – разрывные нарушения

Вариант 7. Никопольское месторождение марганца



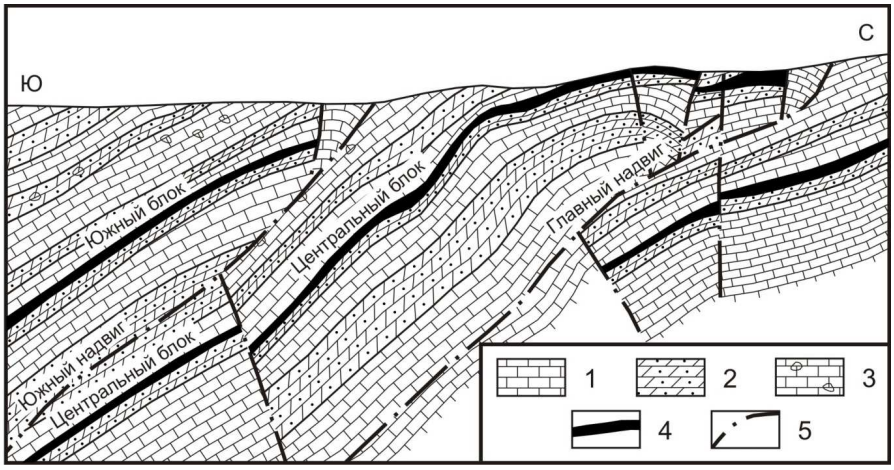
1 – ПРС; 2 – лёсс; 3 – глина красная; 4 – глина бурая; 5 – песок; плиоценовые отложения*:* 6 – глина серо-зеленая; 7 – известняки; миоценовые отложения: 8 – глина серо-белая; 9 – глина черная; 10 – песок зеленый; олигоценовые отложения: 11 – глина зеленая; 12 – марганцевая руда; 13 – каолин; 14 – докембрийские кристаллические породы

Вариант 8. Месторождение железа Яковлевское



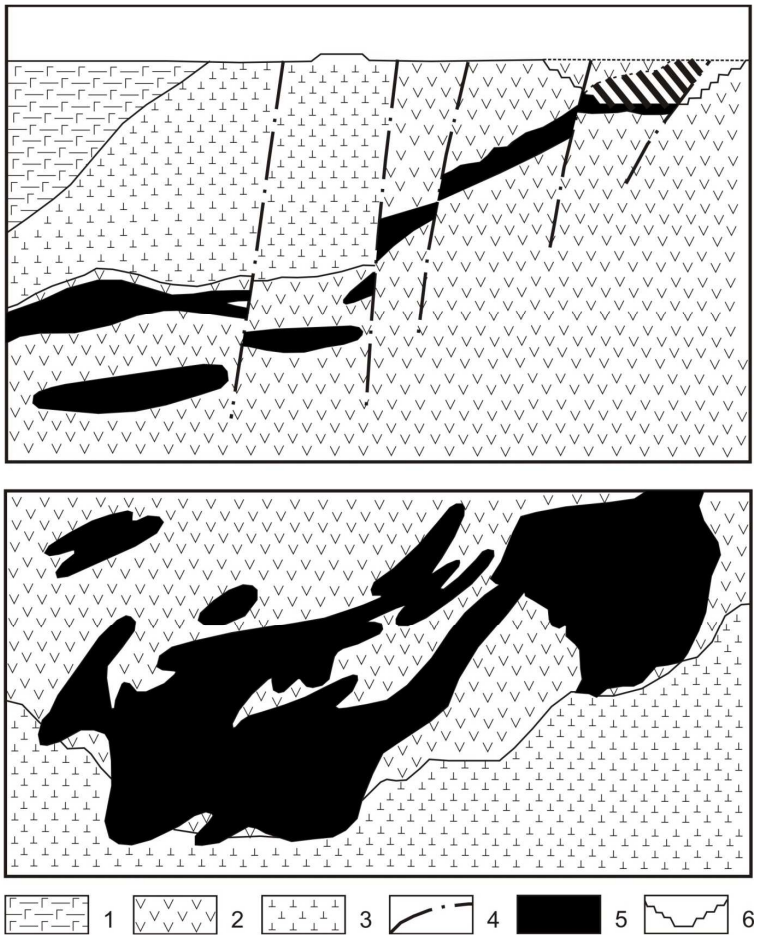
1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Вариант 9. Миргалимсайское месторождение полиметаллов



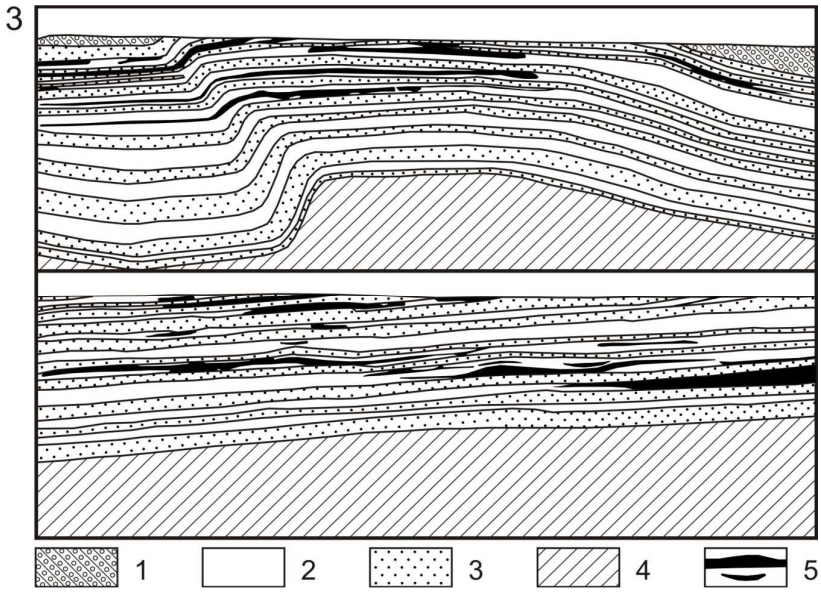
1-3 – породы верхнего девона: 1 – известняки; 2 –доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

Вариант 10. Месторождение хрома Алмаз-Жемчужина



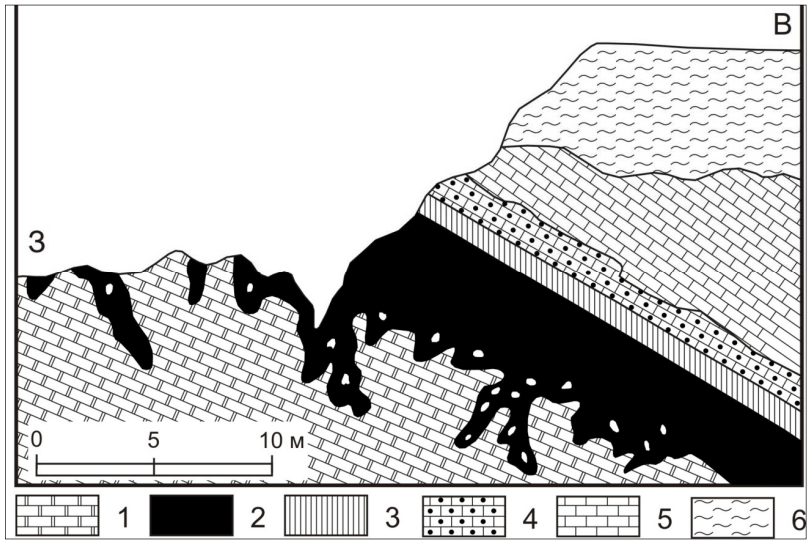
1 – габброамфиболиты; 2 – серпентиниты по дунитам; 3 – серпентиниты по перидотитам; 4 – разрывные нарушения; 5 – хромитовые тела; 6 – контур карьера.

Вариант 11. Джезказганское месторождение меди



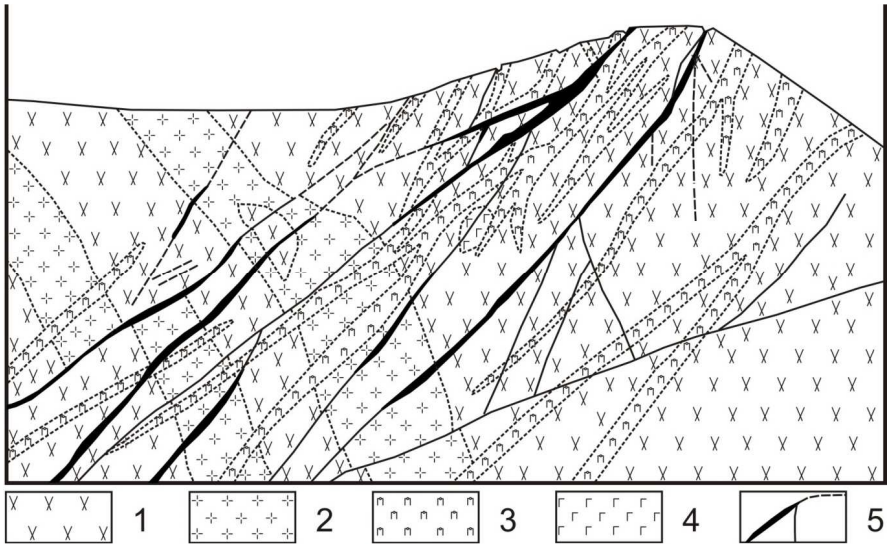
1 – нижнепермская красноцветная толща песчаников; 2 – рудоносные серые песчаники; 3 – безрудные красные песчаники и аргиллиты; 4 – нижнепермские песчаники и известняки; 5 – рудные тела.

Вариант 12. Месторождение бокситов Красная Шапочка



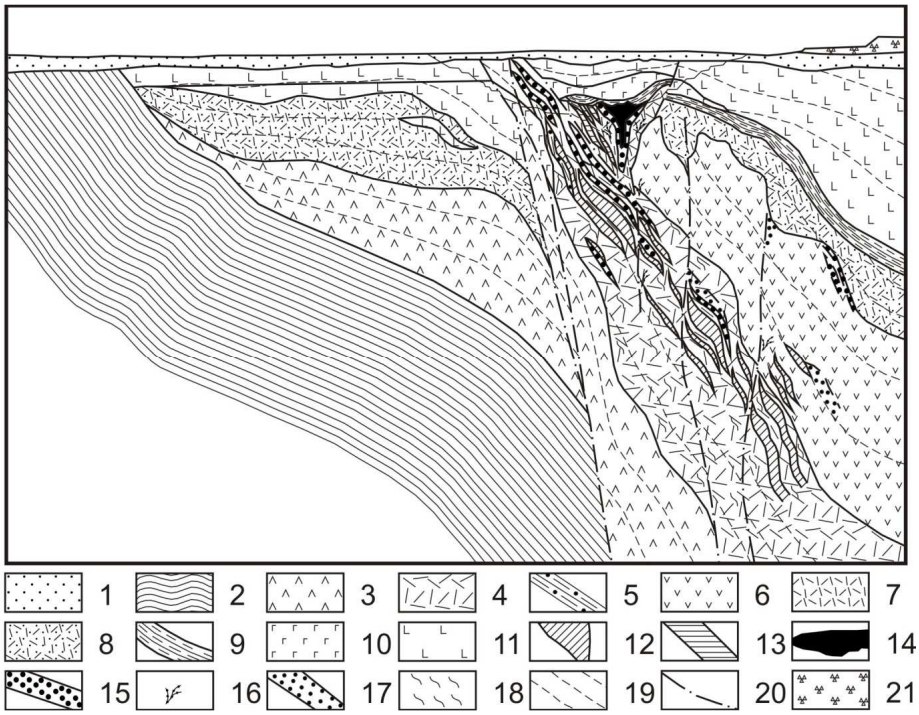
1 – вулканогенно-осадочные породы сосьвинской свиты (S_2); 2 – слоистые известняки (D_1-S_2); 3 – массивные известняки с прослоями сланцев петропавловской свиты (D_1-S_2); 4 – бокситы красные; 5 – бокситы зеленовато-серые; 6 – мергели; 7 – известняки надрудной толщи (D_2); 8 – кайнозойские глинистые отложения; 9 – надвиги; 10 – сбросы.

Вариант 13. Джидинское месторождение вольфрама



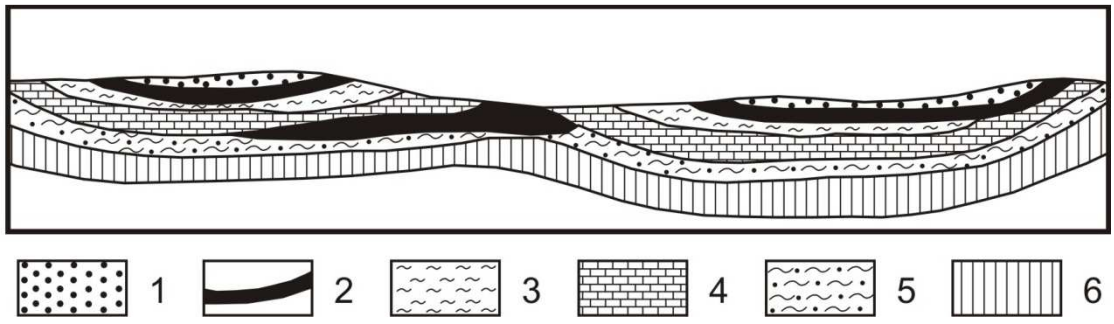
1 – кварцевые диориты; 2 – граниты порфировой структуры; 3 – лампрофиры; 4 – горнблендиты; 5 – кварцево-вольфрамовые жилы.

Вариант 14. Гайское месторождение меди



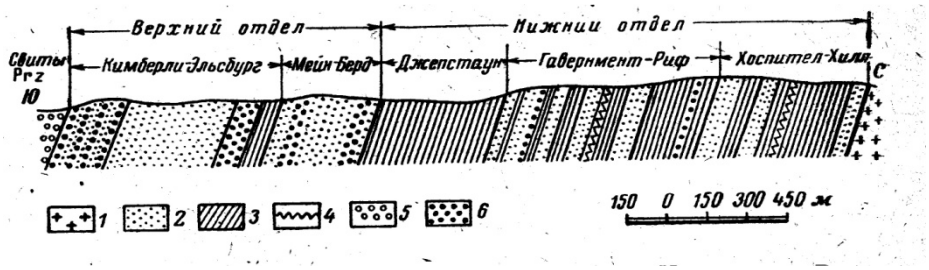
1 – мезо-кайнозойские песчано-глинистые отложения; 2 – породы основания Гайской палеовулканической структуры – переслаивание кремнистых и кремнисто-глинистых пелитовых туффитов, туфопесчаников, углистых алевролитов (D_1?); *вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Гайской палеовулканической структуры:* 3 – андезидацитовая толща; 4-5 – риолитовая толща: 4 – лавы, кластолавы, брекчиевые лавы, туфы; 5 – чередование кремнистых пелитовых туффитов и сплошных серно- и медноколчеданных руд; 6 – дацитовая толща; 7-8 – риодацитовая толща: 7 – окварцованные, серицитизированные и минерализованные пирокласты риолитового состава; 8 – туфы риодацитового состава с прослоями туффитов, кварцевые риолиты; 9 – переходный горизонт (переслаивание перемытых туфов с туфопесчаниками, туффитами, шлако-туфами базальтов, кремнями); 10-11 – базальтоидная толща: 10 – долериты, кварцевые долериты, габбродолериты; 11 – миндалекаменные и шлаковые лавы, лавобрекчии; туфы, туффиты пироксен-плагиопорфировых базальтов. *Сульфидная минерализация:* сплошные руды: 12 – серноколчеданные и бедные медноколчеданные; 13 – медноколчеданные и медно-цинковоколчеданные с повышенным содержанием меди и цинка; 14 – богатые медноколчеданные (включая борнитовые) и медно-цинковоколчеданные. *Прожилково-вкрапленная минерализация и продукты разрушения рудных тел:* 15 – медноколчеданная и медно-цинковоколчеданная кондиционная руда; 16 – прожилки и штокверки халькопирит-пиритового и халькопиритового состава, фиксирующие зоны переотложенного оруденения; 17 – горизонты и участки развития рудокластов сплошных серноколчеданных и бедных медноколчеданных руд. *Прочие обозначения:* 18 – сланцеватость; 19 – слоистость; 20 – синвулканические разрывные длительно развивающиеся нарушения; 21 – отвалы карьера

Вариант 15. Керченское месторождение железа



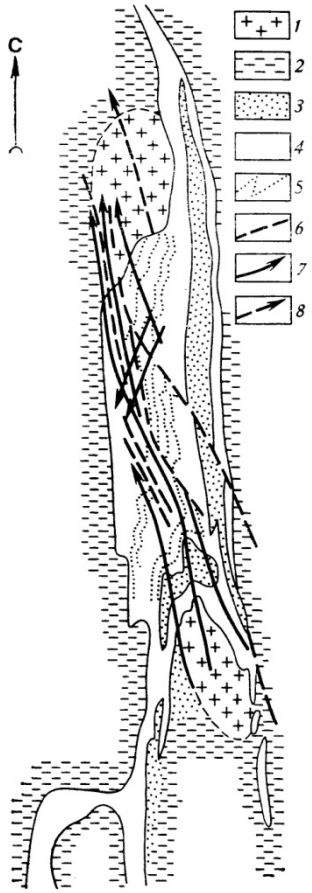
1 – глины и пески верхнекиммерийские; 2 – рудные слои; 3 – глины и известняки нижнекиммерийские; 4 – известняки, угли, пески понтические; 5 – глины, мергели, пески мэотиса; 6 – отложения сармата

Вариант 16. Золото-урановое месторождение Витваттерсранд



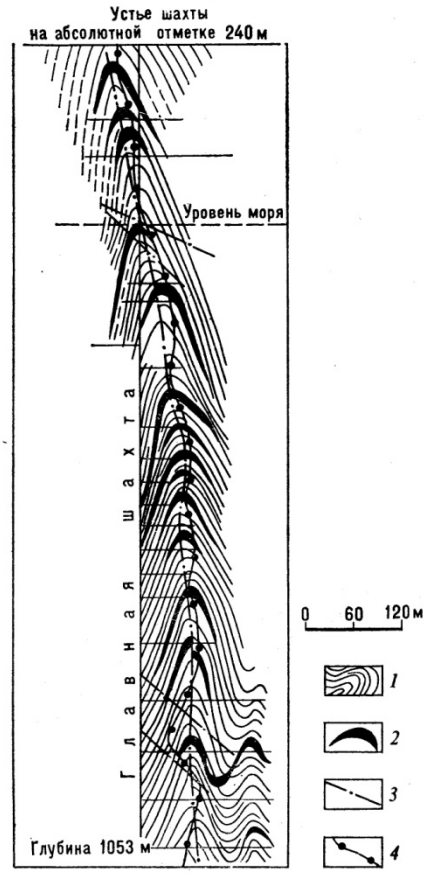
1 – древние граниты; 2 – кварциты; 3 – сланцы; 4 – смятые слои; 5 – мандельштейны; 6 – золотоносные конгломераты (рифы).

Вариант 17. Месторождение золота Колар



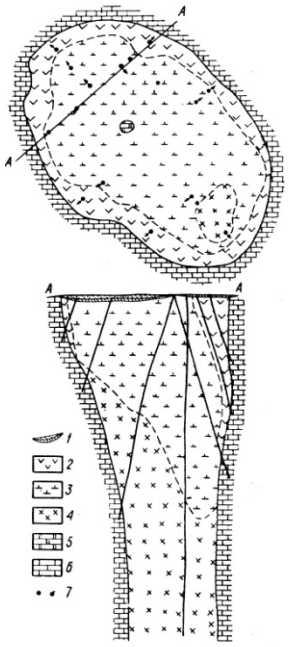
1 – граниты; 2 – гнейсы Пенинсула; 3 – гнейсы Чемпион; 4 – сланцевый пояс Колар; 5 – золотоносные залежи; 6 – разломы; 7 – оси кулисообразных наложенных

Вариант 18. Месторождение золота Бендиго



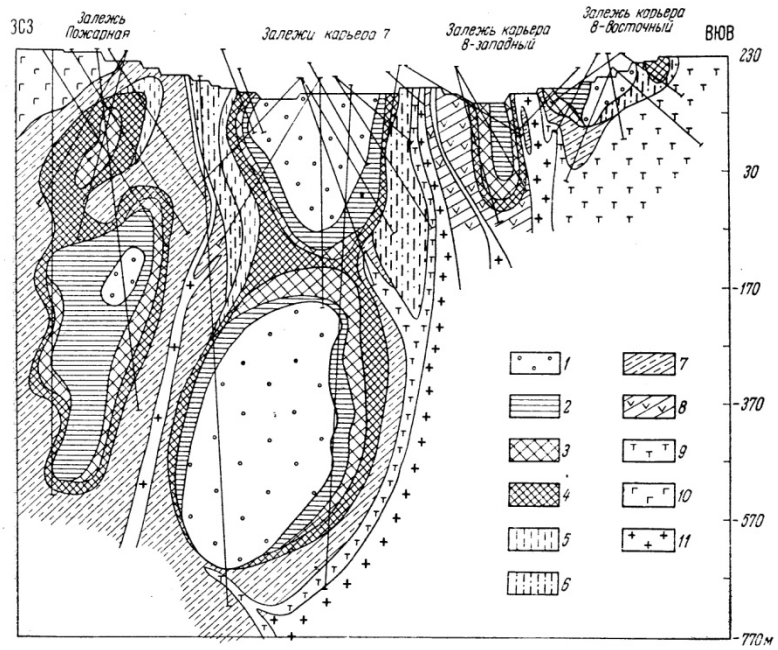
1 – сланцы и песчаники силурийского возраста; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения; 4 – дайки лампрофиров

Вариант 19. Месторождение алмазов Трубка Мир



1 – элювиально-делювиальный слой; 2 – измененный кимберлит желтого цвета; 3 – измененный кимберлит зеленого цвета; 4 – малоизмененный кимберлит зелено-черного цвета; 5 – крупный ксенолит («риф») карбонатных пород усть-кутской свиты; 6 – карбонатная порода усть-кутской свиты; 7 – буровые скважины.

Вариант 20. Баженовское месторождение асбеста



1 – перидотиты; 2 – перидотиты с отороченными жилами асбеста; 3 – перидотиты и серпентиниты с крупной сеткой жил асбеста; 4 – серпентиниты с мелкой сеткой жил асбеста; 5 – серпентиниты с мелкопрожилом; 6 – серпентиниты с просечками и единичными жилами асбеста; 7 – серпентиниты рассланцованные с асбестом; 8 – серпентиниты рассланцованные; 9 – оталькованные серпентиниты, тальковые, такльк-карбонатные, тальк-хлоритовые породы; 10 – габбро; 11 – дайки диоритов, диорит-аплитов, кварцевых порфиров, гранодиоритов.

Методические указания по выполнению контрольной работы прилагаются в виде отдельного документа.

Критерии оценивания: правильность определения структурных элементов 0-1 балл, геолого-структурных типов рудных тел – 0-2 балла, геолого-структурного типа рудного поля 0-5 баллов.

Критерии оценки:

оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если работа получает 3-5 баллов;

оценка «незачет» выставляется обучающемуся, если работа получает 0-2 балла.

Автор: _____ Никулина И. А., доцент, к.г.-м.н.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название	Стр.
	Введение	3
1	Структурные элементы рудных полей	4
2	Геолого-структурные типы рудных тел	39
3	Геолого-структурные типы рудных полей	56
4	Методы структурных исследований рудных полей	89
	Заключение	100
	Библиографический список	101

Введение

Впервые курс «Структуры рудных полей и месторождений» начал читать в 1935 году на геологоразведочном факультете Ташкентского политехнического института А. В. Королев. В 1936 году конспект его лекций был отпечатан на стеклографе и стал первым учебным изданием по дисциплине. В конце 30-х годов курс преподавался А. В. Пэком на курсах повышения квалификации геологов. Отдельные разделы читались в МГРИ Е. Е. Захаровым на лекциях по полезным ископаемым и В. М. Крейтером в курсе методики поисков и разведки месторождений. С 40-х годов структуры рудных полей и месторождений преподавались Ф. И. Вольфсоном и П. Д. Яковлевым как часть учения о рудных месторождениях в Московском институте цветных металлов и золота. В МГУ, начиная с 50-х годов, курс вел Л. И. Лукин, затем Г. Ф. Яковлев, а позднее – В. И. Старостин. Сейчас «Структуры рудных полей» преподаются во всех геологических вузах.

Основные научные положения учения о структурах рудных полей начали формироваться задолго до его оформления в качестве самостоятельной геологической дисциплины, еще со времен М. В. Ломоносова. Первое теоретическое обобщение, как уже отмечалось, было сделано А. В. Королевым. В 1965 г. В. И. Смирновым и П. А. Шехтманом была развита и дополнена структурная классификация, разработанная А. В. Королевым. Значительный вклад в развитие дисциплины внесли также А. В. Пэк, А. Г. Бетехтин, В. М. Крейтер, Ф. И. Вольфсон, В. И. Смирнов, А. С. Великий, С. А. Вахромеев, В. А. Королев, Н. П. Лаверов, В. А. Невский и др.

В 1968-1979 гг. профессор П. А. Шехтман, ученик, соавтор и последователь А. В. Королева, возглавлял кафедру Геологии месторождений полезных ископаемых Свердловского горного института (с 2004 года – Уральский государственный горный университет). Он читал авторский курс «Структуры рудных полей», насыщенный примерами из своих исследований, в первую очередь, по среднеазиатским месторождениям. Позднее его сменила доцент З. И. Путилина, изучавшая структуры уральских месторождений. Материалы П. А. Шехтмана и З. И. Путилиной, дополненные данными собственных работ, легли в основу лекционных и лабораторных занятий по изучению структур рудных полей, которые автор ведет с небольшими перерывами с 1989 года.

Лекционный курс включает три следующих раздела:

1) структурные элементы рудных полей;
2) геолого-структурные типы рудных тел;
3) геолого-структурные типы рудных полей.

Лабораторный практикум предусматривает три расчетно-графические работы:

1) крупномасштабное количественное прогнозирование полезных ископаемых;
2) геометризация продуктивных структурных поверхностей;
3) анализ массовых замеров мелкой трещиноватости.

В теоретической части пособия приводятся контрольные вопросы по каждому разделу. В заключение представлен список учебной и научной литературы по тематике дисциплины. Методические указания по выполнению практических работ представлены отдельным файлом.

Тема 1. Структурные элементы рудных полей

Основные понятия и определения

Понятия «рудное поле» и «структура рудного поля» сформулированы П. А. Шехтманом следующим образом.

Рудное поле – это участок земной коры, заключающий рудные тела, созданные единым геологическим процессом и находящиеся в единой геотектонической позиции, определяющей комплекс вмещающих пород и тектоническую структуру рудного поля в пределах его естественных границ.

Из определения следует, что понятие «рудное поле» требует соблюдения четырех единств: 1) единство рудообразующего процесса, 2) единство геотектонической позиции, 3) единство комплекса вмещающих пород и 4) единство тектонической структуры. Если нарушено даже одно единство, мы получаем разные рудные поля и пытаемся установить общие закономерности размещения, что неизбежно приводит к ошибкам. Например, коренное месторождение и его зона окисления созданы разными процессами, и размещение первичных и окисленных руд контролируется разными факторами.

Важный момент определения – естественные границы рудного поля. При их отсутствии задача определения структуры значительно усложняется.

Структура рудного поля – это относительное расположение геологических тел и распределение тектонических полей.

Под геологическими телами понимаются стратифицированные толщи вмещающих пород, разломы, складки, вулканические структуры, геологические контакты, магматические образования и, естественно, тела полезных ископаемых, или ***рудные тела***. То есть под структурой рудного поля понимается не только тектоника, но и вся геологическая обстановка участка месторождения (месторождений). Все перечисленные виды геологических тел и являются ***элементами структуры рудного поля***.

Цель изучения структуры рудного поля – реконструкция геологической ситуации в момент рудоотложения. Практическая задача – составление геолого-прогнозных карт.

Рудоконтролирующие факторы

В основе анализа структуры рудного поля лежит выявление рудоконтролирующих факторов (РФ). По А. Шехтману***, рудоконтролирующие факторы – это геологические тела и явления, которые определяют возможность образования, закономерности размещения, а также форму, размеры и качество полезных ископаемых.***

Рудоконтролирующие факторы делятся по масштабу действия. Одни из них контролируют рудные тела, другие – рудные поля, третьи – рудные районы и т. д.

Рудоконтролирующие факторы различаются также по видам. Их можно объединить в три основные группы: 1) состав и свойства пород; 2) их тектонические деформации и 3) физико-химические условия процесса рудообразования. Все факторы тесно связаны между собой. Относительное значение их меняется для разных типов месторождений. Например, в осадочном рудообразовании главную роль играют состав и свойства пород, в гидротермальном – тектонические деформации, в магматическом – физико-химические условия.

Состав и свойства пород по отношению к процессу рудообразования рассматриваются в трех направлениях: 1) как среда, подвергающаяся тектоническим деформациям; 2) как источник рудного вещества; 3) как геологическая среда рудоотложения. В связи с этим выделяется пять естественных групп пород: 1) карбонатные; 2) сланцы; 3) песчаники и конгломераты; 4) вулканические и 5) плутонические. Породы разных групп резко различаются по отношению к деформациям, метаморфизму, рудообразованию.

Тектонические деформации определяют: 1) пути движения рудообразующих растворов и расплавов; 2) участки их разгрузки; 3) форму рудных тел. Тектонические нарушения формируют связные цепи проницаемых участков от источников растворов до земной поверхности. Именно связь с земной поверхностью создает разницу давлений, которая является главной движущей силой для перемещения восходящих растворов и расплавов. При пересечении и сопряжении разломов происходит взаимодействие разных потоков гидротермальных растворов, что нередко приводит к осаждению рудных минералов. Часто рудные тела локализуются непосредственно внутри разлома, и тогда их форма и распределение оруденения зависит от рельефа поверхности разлома.

Физико-химические факторы рудоотложения наименее изучены, особенно в той их части, которая протекает в недрах земли. Сюда относится изменение температуры, давления, состав и концентрация растворов и другие параметры.

Исходя из этих трех групп, построена систематика РФ. Выделяются литолого-петрографические, тектонические и физико-химические виды факторов, которые, в свою очередь, подразделяются на подвиды. Тектонические факторы включают разрывные, складчатые, вулкано-структурные; физико-химические объединяют магматические, метаморфические, метасоматические; литолого-петрографические содержат литологические, петрографические, стратиграфические. Кроме того, для осадочных месторождений учитываются палеогеографические и геоморфологические факторы.

Изучение рудоконтролирующих факторов и анализ структуры рудного поля служит основой для геологического прогнозирования. Современный уровень геологических знаний требует количественного подхода ко всем процедурам, то есть количественной оценки значимости РФ. Существуют разнообразные методы количественного прогнозирования, которые рассматриваются в специальных курсах.

Рудоконтролирующие факторы для разных генетических типов месторождений приводятся в таблицах 1.1-1.4.

Т а б л и ц а 1.1

Систематика рудоконтролирующих факторов магматических месторождений

Масштаб РФ	Виды РФ		
	Тектонические	Петрологические	Магматические
Рудные районы	Глубинные магмовыводящие структуры	Глубины становления интрузивов	Рудоматеринские комплексы главных фаз
Рудные поля	План интрарудных деформаций. Форма интрузива. Искривления и пересечения магмовыводящих разломов	Внутренние поверхности неоднородности интрузивных тел. Внутриинтрузивные обособления	Соотношения интрузивов с породами рамы
Рудные тела	Форма и элементы залегания рудоконтролирующей поверхности (выступы, выпуклости). Прототектоника	Экранирующие поверхности. Первично обогащенные горизонты. План-параллельные текстуры	Стратификация интрузивных тел

Т а б л и ц а 1.2

Систематика рудоконтролирующих факторов гидротермальных месторождений

Масштаб РФ	Виды РФ		
	Тектонические	Петрологические и петрографические	Магматические
Рудные районы	Глубинные долгоживущие разломы	Вулканические и вулкано-плутонические формации	Магматические тела разных формационных типов
Рудные поля	Структура рамы. Структура вулканических построек	Межформационная контрастность. Экраны разных типов	Дайковые серии

Рудные тела	Форма рудолокализующих поверхностей (интрузивных контактов, разломов)	Околорудные метасоматиты и ореолы гипогенного рассеяния рудообразующих компонентов. Экранирующие поверхности	

Таблица 1.3

Систематика рудоконтролирующих факторов амагматических месторождений

Масштаб РФ	Виды РФ			
	Складчатые	Разрывные	Петрологические	Магматические
Рудные районы	Поднятия	Разломы длительного развития	Рудоматеринские формации	Сквозные интрузивы. Шовные зоны
Рудные поля	Осевые части складок. Изгибы осей складок. Волнистость крыльев	Изгибы разломов. Сопряжения и оперения разломов. Блоковые структуры	Экранирующие свиты	Дайки
Рудные тела	Отслоения в контактах пород. Волнистость залегания пород	Трещиноватость. Массовое дробление. Форма поверхности разломов	Состав пород. Контрастные толщи	Контактные зоны. Форма поверхности контакта

Таблица 1.4

Систематика рудоконтролирующих факторов экзогенных месторождений

Масштаб РФ	Виды РФ		
	Тектонические	Литологические	Физико-химические
Рудные районы	Внутренние и краевые зоны прогибов. Платформы	Эпохи накопления продуктивных формаций. Палеогеографические особенности	Типы продуктивных накоплений. Метаморфизм
Рудные поля	Типы структур – складчатые, разрывные, платформенные	Распределение продуктивных свит. Фациальные комплексы	Геохимические барьеры и зоны разных типов
Рудные тела	Контрастность и типы движений	Типы продуктивных циклов. Текстуры пород	Зональность продуктивных накоплений

Свойства и деформации горных пород

Тектонические свойства

Физические и физико-механические свойства горных пород, определяющие их отношение к тектоническим деформациям, называются ***тектоническими свойствами***. Главными из них являются пластичность, хрупкость, прочность, анизотропность, пористость, проницаемость, компетентность.

Пластичность и хрупкость. Деформации горных пород, как и других твердых тел, могут быть упругими, пластичными и хрупкими (Рис. 1.1).

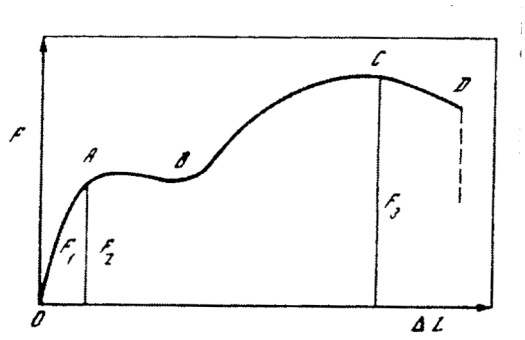


Рис. 1.1. Кривая деформаций [Старостин]: F – величина усилия; ΔL – приращение длины стержня; OA – упругая деформация (деформация прямо пропорциональна величине усилия); A – предел упругости (предел пропорциональности, отвечающий силе F_1); F_2 – усилие, отвечающее пределу упругости; AB – удлинение без изменения усилия («текучесть»); B – предел пластичности; C – предел прочности; F_3 – соответствующее ему усилие; D – разрыв образца

При *упругой деформации* внутренние связи в породе не нарушаются, после удаления напряжений она принимает первоначальную форму и объем. Если величина напряжения достигает предела упругости, происходит переход к пластической деформации. *Пластическая деформация* протекает с сохранением объема породы и без ее разрушения, за счет перестройки связей в кристаллической решетке минералов, взаимного скольжения минеральных
частиц. Она имеет необратимый характер, при снятии нагрузки сохраняется остаточная деформация. Геологическими проявлениями пластической деформации являются складчатость, кливаж, текстуры течения, будинаж. С нарастанием напряжения до величины предела пластичности наступает *хрупкая деформация*, сопровождающаяся нарушением сплошности горной породы за счет образования трещин. В результате хрупкой деформации образуются разрывы всех типов – сколы, отрывы, мелкая трещиноватость (Рис. 1.2).

Деформации горных пород отличаются от деформаций других твердых тел, так как они состоят обычно из разных минералов с разными свойствами. Поэтому, в целом, к пластичным относятся породы с широким интервалом между пределами упругости и пластичности, к хрупким – с узким интервалом. Пластичные породы способны испытывать длительную деформацию без разрушения, хрупкие – разрушаются почти сразу по достижении предела упругости или после незначительной пластической деформации.

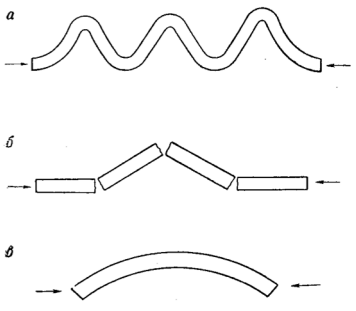


Рис. 1.2. Схемы деформации пластичного (*а*), хрупкого (*б*) и несущего (*в*) пластов, вызванной продольным изгибом. Разрезы [КШ]

Пластичность и хрупкость – противоположные, но и взаимосвязанные свойства, которые проявляются в полиминеральных породах одновременно. Для оценки пластичности-хрупкости используется полуколичественный показатель, который рассчитывается следующим образом. Главные породообразующие минералы можно расположить в ряд по понижению их хрупкости и повышению пластичности следующим образом: 1) кварц, 2) полевой шпат; 3) амфиболы, пироксены, оливин; 4) биотит, мусковит, серицит, карбонаты, 5) хлорит, тальк, каолинит.

Номера групп принимаются за показатель степени пластичности-хрупкости минералов. Содержание каждого минерала в породе умножается на этот номер; сумма произведений для породы в целом и является сравнительным показателем хрупкости-пластичности. Например, обычное габбро состоит из плагиоклаза и пироксена пример-

но в равных количествах. Следовательно, показатель пластичности-хрупкости (ПХ) габбро будет равен: ПХ=50·2+50·3=100+150=250.

Прочность горных пород – это их способность противостоять деформациям и передавать давление. Прочные породы отличаются высокими значениями пределов упругости и пластичности. Если соотношение упругости, пластичности и хрупкости выражаются формой кривой деформации, а прочность – ее высотой.

Физическая анизотропия. *Анизотропия* – различие свойств тела по разным направлениям. Физическая анизотропия горных пород выражается в том, что прочность пород в разных направлениях различна. В большинстве случаев анизотропия пород определяется слоистостью и сланцеватостью и особенно ярко проявляется в глинистых, серицитовых и хлоритовых сланцах. Проявлением анизотропии является ориентировка породообразующих минералов. Анизотропия усиливает пластичность и уменьшает хрупкость горных пород.

Пористость и проницаемость. *Проницаемостью* называется способность горных пород пропускать разные подвижные субстанции. Проницаемость горных пород определяется, в основном, эффективной *пористостью* и *трещиноватостью*. Пористость представляет собой отношение суммы объемов пор ко всему объему породы, выраженное в процентах. В гранитах, гнейсах пористость наименьшая и составляет сотые доли процента. Максимальная пористость отмечается в кавернозных известняках – десятки процентов. С уменьшением пористости увеличивается упругость и прочность пород.

Компетентность – специфическое свойство горных пород, отличающее их от всех других твердых тел и имеющее важное геологическое значение. Под компетентностью понимается способность горной породы испытывать хрупкую деформацию без разрушения за счет самозалечивания возникших трещин путем растворения и переотложения собственного минерального вещества. Наиболее ярко выраженной компетентностью обладают карбонатные породы. Компетентностью обусловлена способность карбонатных пород передавать одностороннее давление и выдерживать нагрузку, то есть их несущую способность.

Свойства породообразующих минералов

Свойства горных пород определяются, в первую очередь, их химическим и минеральным составом. От свойств породообразующих минералов и их взаимоотношений друг с другом, то есть структуры и текстуры, зависит поведение горных пород при деформациях и рудообразовании.

Кварц имеет высокую твердость и несовершенную спайность. Очень хрупкий, легко подвергается дроблению. В нем образуются извилистые трещины без закономерной ориентировки. В кислых растворах кварц нерастворим, а в щелочных сравнительно просто переходит в раствор. Поэтому в гидротермальных условиях кварц легко замещается пиритом и другими сульфидами. Химическая активность у кварца ниже, чем у полевых шпатов. Залечивание повреждений кварцевых зерен гидротермальными растворами происходит путем надстройки прежней решетки, и поэтому залеченные швы могут не выделяться на общем фоне кристалла.

Полевые шпаты имеют твердость ниже, чем у кварца, и хорошую спайность. Они достаточно хрупкие, легко подвергаются разрывам и сколам, но возникающие в них трещины чаще всего подчиняются направлениям спайности. Полевые шпаты могут разлагаться как в щелочных, так и в кислых растворах. Под воздействием эндогенных растворов плагиоклазы обычно подвергаются разложению раньше, чем калиевые полевые шпаты.

Пироксены хрупкие и обладают твердостью, меньшей, чем твердость полевых шпатов. Спайность совершенная. Возникающие при деформациях трещины сочетаются с плоскостями спайности. В условиях глубинных рудообразующих процессов и при

действии поверхностных вод пироксены разлагаются и замещаются раньше, чем полевые шпаты.

Амфиболы имеют твердость почти такую же, как и пироксены; спайность их также совершенная. Хрупкость меньше, чем у пироксенов. Химическая активность такая же, что и у пироксенов. Они подвергаются разложению и замещению раньше, чем полевые шпаты.

Слюды имеют низкую до средней твердость и весьма совершенную спайность. По спайности легко происходит скольжение, поэтому минерал обладает повышенной пластичностью, и в нем почти не встречаются трещины в направлении, перпендикулярном спайности. Химическая активность у слюд ниже, чем у полевых шпатов; у биотита она выше, чем у мусковита. В условиях действия глубинных растворов биотит легко замещается хлоритом или мусковитом, иногда пиритом или рутилом. Мусковит является относительно стойким минералом. В поверхностных условиях происходит главным образом гидратация слюд.

Карбонаты среди прочих минералов ведут себя своеобразно. Твердость их средняя, спайность весьма совершенная. Под давлением карбонаты могут вести себя и как хрупкие, и как пластичные кристаллы. Способность к химическим реакциям у карбонатов резко повышена по сравнению со всеми другими породообразующими минералами; они легко растворимы как в кислых, так и в щелочных растворах. Возникающие в них трещины быстро залечиваются собственным веществом, и кристаллы деформируются, не теряя своей сплошности. В глубинных условиях карбонаты особенно легко замещаются различными силикатами, кварцем и сульфидами.

Хлориты обладают низкой твердостью и весьма совершенной спайностью. По плоскостям спайности очень легко происходит скольжение, поэтому минерал обладает высокой пластичностью. Она еще более высока у ***талька***, сходного с хлоритом по физическим свойствам. Листочки у талька еще легче подвергаются изгибу, а твердость его еще ниже. При перекристаллизации под давлением кристаллические индивиды хлоритов, подобно слюдам, располагаются перпендикулярно давлению и обусловливают сланцеватость породы. В условиях действия гидротермальных растворов хлориты легко замещаются кварцем и сульфидами, особенно пиритом.

Серпентин в антигоритовой разновидности весьма сходен с хлоритом; хризотиловая разновидность имеет волокнистый характер; скольжение вдоль волокон придает хризотилу высокую пластичность и способность к изгибу. Вследствие этого серпентиниты, хрупкие на поверхности, в условиях глубин земной коры склонны к пластическим деформациям. В массе породы они слабо проницаемы для растворов. В отношении химических свойств и поведения при взаимодействии с растворами серпентин очень сходен с хлоритом, легко замещается тальком, особенно в зонах рассланцевания, и карбонатами.

Каолинит и другие минералы его группы отличаются очень низкой твердостью, весьма совершенной спайностью и часто дисперсностью. Для его агрегата характерна очень высокая пластичность и способность к набуханию, создающая водоупорность. Химическая активность слабая, в поверхностных условиях каолиниты весьма устойчивы к воздействию кислых растворов. В глубинных и поверхностных условиях каолинит замещает полевые шпаты, однако сам с большим трудом замещается другими минералами.

Структуры и ***текстуры*** горных пород также существенно влияют на их свойства. В общем случае, очень тонкозернистые, плотные, стекловатые породы при тектонических деформациях способны только к образованию трещин. В крупнозернистых породах часто развиваются межзерновые и внутризерновые деформации. Ориентированные текстуры – слоистая, сланцеватая, гнейсовая и др. всегда повышают пластичность и снижают хрупкость пород.

Группировка горных пород по тектоническим свойствам

Карбонатные породы – известняки, доломиты и их метаморфические производные образуют мощные толщи, рифы, пласты. Минеральный состав – кальцит, доломит. Текстуры массивные, слоистые. Пористость у известняков 15-20 %, у доломитов до 30 %. Прочность на разрыв в среднем 50 кг/см^2, на сжатие в среднем 1000 кг/см^2. При сжатии упрочняются; характерна текучесть, трансляция по спайности. Пластичность-хрупкость зависит от текстуры. Тонкослоистые известняки проявляют текучесть, характерна гофрировка; грубослоистые дают изгибание слоев с трещинами. Массивные мраморы – хрупкие. Анизотропия зависит от слоистости; обычно небольшая. Характерна высокая компетентность, прочное залечивание трещин. Типичны обособленные деформации отдельных пластов, складки с течением слоев. Разломы образуются сложной формы, маломощные, залеченные. Для известняков типична высокая растворимость, замещение, метасоматоз, осаждение рудных элементов. Типичные изменения – скарны, доломиты, мраморы. Характерны руды свинца, цинка, железа, вольфрама, ртути, сурьмы (особенно в контактовых частях).

Сланцы также слагают мощные толщи. Минеральный состав силикатный, текстура сланцеватая. Пористость сланцев низкая. Прочность на разрыв 160-300, на сжатие 600-1000 кг/см^2. Характерно значительное упрочнение, трансляция по спайности, текучесть. Сланцы высокопластичны, образуют изоклинальные складки, микрогофрировку. Анизотропия очень высокая; компетентность отсутствует. Типичные деформации – складки с гофрировкой нескольких порядков, изоклинали, кливаж. Разломы в сланцах быстро угасают; проявляются только те разломы, смещение по которым больше мощности сланцевой толщи. В химическом отношении сланцы инертны. Обладают водоупорными и экранирующими свойствами. При изменении образуются роговики. Иногда сланцы обогащены ураном, ванадием, оловом, медью, барием, стронцием, золотом и др.

Песчано-конгломератовые породы обычно образуют линзы разных размеров или мощные толщи. Имеют силикатный состав, слоистые текстуры, высокую пористость. Прочность зависит от цемента и составляет от 6 до 80 кг/см^2 на разрыв, от 300 до 2000, а в среднем 750 кг/см^2 - на сжатие. Пластичность и хрупкость зависят от цемента. Анизотропия обычно высокая. Компетентность также зависит от цемента, но трещины сохраняются. Для песчаников и конгломератов характерны простые складки с сопряженными разломами, крупные сложные разломы и трещины, зоны дробления. Химическая активность избирательная, зависит от состава. Из изменений чаще всего отмечаются роговики, сланцы, скарны. Из рудных элементов типичны медь, золото, олово.

Вулканические породы – лавы, туфы, туфолавы образуют стратифицированные потоки и покровы, языки, линзы, купола разных размеров. Состав их силикатный, от кислых до основных. Структуры обычно порфировые, стекловатые, текстуры – массивные, флюидальные. Пористость разная, от 0,4 до 2 %. Распространена мелкая трещиноватость. Прочность зависит от состава базиса и равна в среднем 60 кг/см^2 на разрыв и 1700-4500 кг/см^2 – на сжатие. Вулканиты отличаются повышенной жесткостью и хрупкостью. Анизотропия обычно существенная, компетентность низкая. Из складчатых структур возможны только широкие складки, складки облекания, горсты и грабены. Характерны многочисленные разрывные нарушения разного масштаба. Химическая активность вулканических пород растет в направлении от кислых к основным. Они благоприятны для замещения и отложения рудных минералов, особенно при повышенной щелочности. Из изменений распространены роговики, сланцы, из полезных ископаемых – разнообразные халькофилы.

Плутонические породы слагают массивы, штоки, дайки и др. тела. Состав также силикатный, от кислых до ультраосновных. Структуры зернистые, текстуры массивные, слабополосчатые. Пористость низкая, в среднем меньше 1 %. Характерна трещиноватость. Прочность на разрыв колеблется от 50 до 100 кг/см^2, на сжатие – от 1000 до

4000, в среднем 1500 кг/см^2. Плутониты, как правило, квазиизотропны, некомпетентны. Типичные деформации – разрывные; характерны также крупные, хорошо раскрытые разломы. Изменения разнообразны и зависят от состава исходных пород: для гранитов – альбититы, грейзены, березиты, для основных пород – амфиболиты, лиственитты, для ультраосновных – серпентиниты. Минерализация, связанная с плутонитами, также определяется их составом; чаще это литофилы.

Деформации горных пород

Деформации горных пород происходят под действием тектонических сил, направленных как по вертикали, так и по горизонтали. Тектонические силы порождают два типа напряжений: ***растяжение и сжатие***, которые проявляются одновременно в разных участках земной коры и последовательно сменяют друг друга в пределах одного участка. Деформация сжатия сопровождается, как правило, поднятием, а растяжения – опусканием.

Процессы деформаций в природных условиях крайне сложны и зависят от многих факторов. Поэтому при рассмотрении модели тектонических деформаций нужно принять ряд ограничений. Широко распространено использование в качестве модели так называемого эллипсоида деформации. Ниже рассматривается ***модель куба деформаций*** (Рис. 1.3 КШ 6), которая мало отличается по своей сути от эллипсоида, но более наглядна.

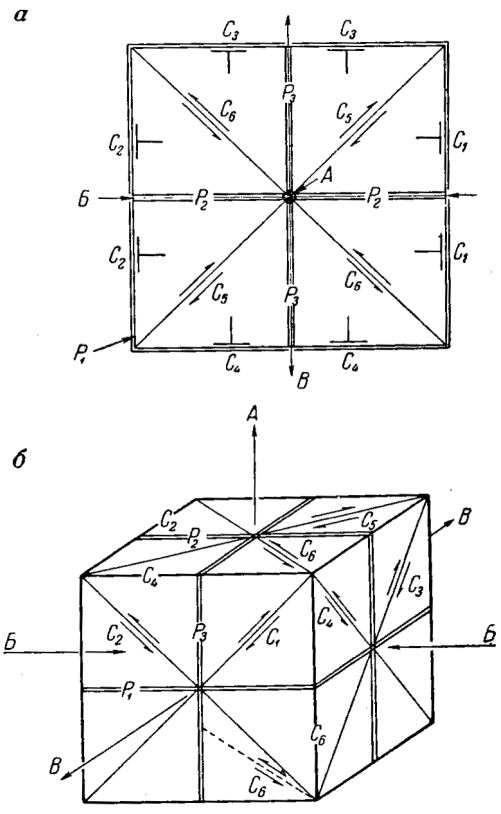


Рис. 1.3. Основные плоскости деформаций: *а* – в плане; *б* – в пространстве [КШ]. Плоскости: C_1 и C_2 – взброса; C_3 и C_4 – сброса и взброса; C_5 и C_6 – сдвига; P_1 – горизонтального отрыва; P_2 – отрыва; P_3 – сжатия

Рассмотрим элементарный объем горной породы в виде куба, расположенный в недрах земли, и проанализируем деформации, возникающие в нем. Примем следующие ограничения: 1) куб испытывает только одноосное горизонтальное сжатие (в то время как в природе, как правило, одновременно проявляются разнонаправленные движения – горизонтальные и вертикальные, с одной стороны, а также сжатие или растяжение по нескольким осям, с другой стороны); 2) будем говорить о деформациях, созданных данным тектоническим напряжением, не учитывая предыдущих; 3) предположим, что деформации носят хрупкий характер, хотя на глубине при высоком давлении даже хрупкие породы проявляют пластичность; 4) пренебрегая гравитационными силами, будем считать, что высвобождение горных пород будет направлено главным образом к по- верхности земли, то есть вверх. Таким образом, мы рассмотрим *фрагмент тектонической истории элементарного объема горной породы, ограниченный как во времени, так и в пространстве.*

Оси деформаций расположатся в кубе следующим образом: ось сжатия Б – горизонтально, ось растяжения В – перпендикулярно к ней и также горизонтально, ось высвобождения А – вертикально вверх, перпендикулярно осям Б и В.

Теоретическими и экспериментальными данными установлено, что в напряженном блоке пород имеется 9 поверхностей наиболее вероятного направления перемещения материала: горизонтальная P_1 и вертикальная P_2 плоскости отрывов, вертикальная плоскость сплющивания P_3, наклонные параллельные оси В плоскости взбросов C_1 и C_2, наклонные параллельные оси Б плоскости взбросов C_3 и C_4 , вертикальные диагональные плоскости сдвигов C_5 и C_6.

В реальных геологических условиях развивается несколько из рассмотренных направлений или даже одно из них. Проявление всех 9 направлений маловероятно. Возникающие деформации определяются, в первую очередь, особенностями среды. В случае изотропной (квазиизотропной) среды происходят преимущественно хрупкие деформации, использующие все 9 направлений. Анизотропная геологическая среда характеризуется развитием преимущественно пластических деформаций. При этом ось горизонтального сжатия Б будет перпендикулярна оси складки. Горизонтальная плоскость отрыва P_1 выявится в приоткрываниях отслоений в осевых частях складок. Вертикальные поперечные отрывы, обычно пересекающие складки, соответствуют плоскостям P_2. В связи с растяжением пород в осевой части складки вдоль оси возникают трещины отрыва P_3. Наклонные плоскости C_1 и C_2 отвечают положению крыльев складок и направлениям межпластовых скольжений, а также надвиговым перемещениям крыльев. Наклонные плоскости C_3 и C_4 реализуются в волнообразных изгибах оси складки в вертикальном направлении (ундуляции). Вертикальные косые сдвиги и раздвиги соответствуют плоскостям C_5 и C_6.

В региональном масштабе системы C_1 и C_2 будут отвечать преобладающему направлению геологических контактов, ориентировки магматических тел, осей складок, разломов. Этим же системам соответствует расположение плоскости рассланцевания.

Модель куба деформаций наглядно демонстрирует и пластические деформации. В нормальной складке (Рис. 1.4 а, б) горизонтальная ось растяжения В располагается вдоль оси складки, ось сжатия Б перпендикулярно ей и также горизонтально, а ось высвобождения А направлена вертикально вверх. Тогда система пологих отрывов P_1 соответствует отслоениям в сводах антиклиналей и синклиналей, вертикальные отрывы P_2 образуют поперечные относительно оси складчатости разломы, а P_3 – продольные. Системам сбросов и взбросов C_1 и C_2 отвечают крылья складок, C_3 и C_4 – ундуляция (волнистость) шарнира, а системы крутопадающих сдвигов C_5 и C_6 образуют диагональные относительно оси складки разрывные нарушения.

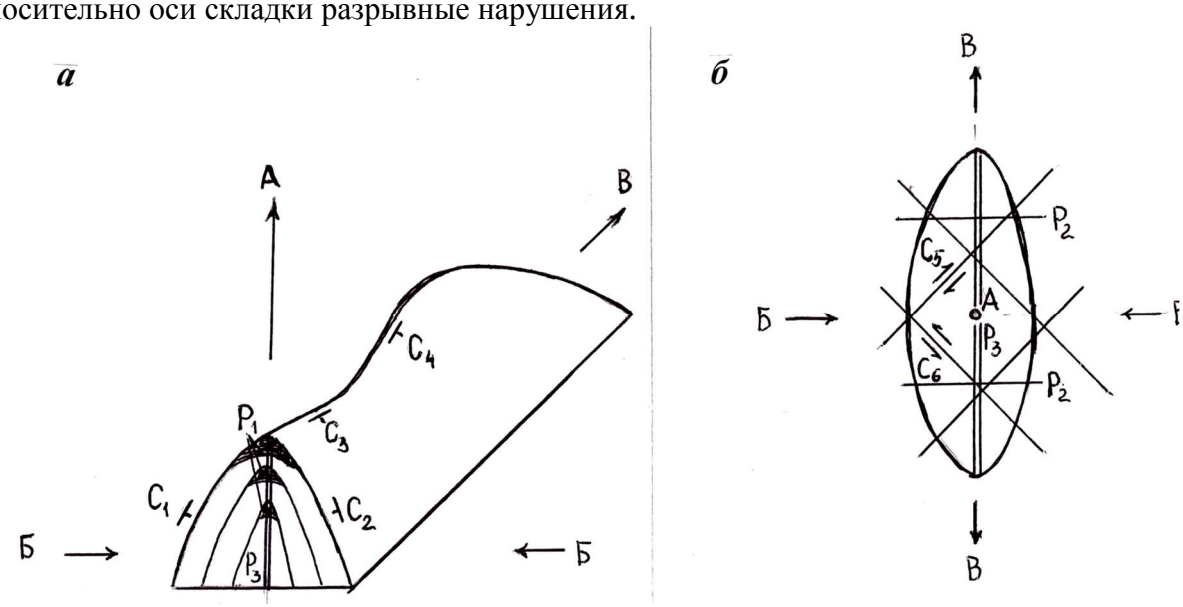


Рис. 1.4. Положение куба деформаций в складчатых структурах: *а* – в разрезе, *б* – в плане

Разломы и трещины

Генетические типы разломов

Разломы и трещины являются результатом хрупких деформаций пород, происходящих при сжатии, растяжении и сдвиге. Среди них различают два главных генетических типа – отрывы и сколы (Р и С в кубе деформаций). ***Отрывы*** образуются при нормальных (перпендикулярных) растягивающих напряжениях, ***сколы*** – при касательных сжимающих. Как правило, при скалывании образуются две системы сопряженных трещин (C_1 и C_2, C_3 и C_4, C_5 и C_6). Угол между ними зависит от физико-механических свойств пород. В идеально хрупких породах он равен 90° (Рис. 1.5 а), в идеально пластичных – хрупкие деформации проявляются в виде трещин сплющивания ($C_1+C_2=P_3$), то есть угол между системами C_1 и C_2 равен 0° (Рис. 1.5 б). В реальных условиях угол скалывания изменяется от 0 до 90°.

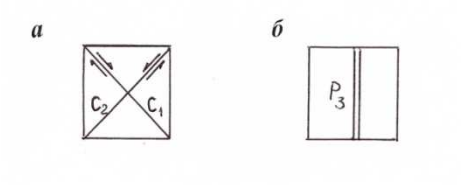


Рис. 1.5. Ориентировка сопряженных трещин в идеально хрупких (а) и в идеально пластичных (б) породах

При анализе мелкой трещиноватости, когда трещины доступны непосредственному наблюдению, можно увидеть раз-личия в характере трещин отрыва и скола.

Сколы обычно прямолинейные, их стенки ровные, гладкие, они пересекают породу независимо от особенностей строения. Например, в конгломерате скол пройдет напрямую через гальки и цемент без искривления (Рис. 1.6 ВЯ 6). По трещинам скола обычно происходят перемещения. Они имеют большую протяженность и часто сопровождаются оперяющими трещинами. В момент образования они закрыты, притерты, оруденение в них более позднее.

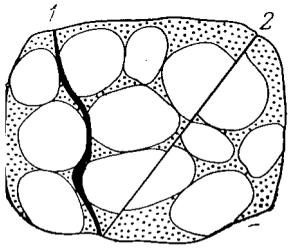


Рис. 1.6. Трещины отрыва (1) и скалывания (2) в конгломератах

Отрывы, как правило, извилистые, волнистые. Стенки их неровные, рваные. Их элементы залегания сильно зависят от строения пород. В конгломерате они пройдут по цементу, огибая гальки. При переходе из одной породы в другую они меняют простирание или совсем затухают. По простиранию и падению трещины отрыва быстро выклиниваются, вдоль них не наблюдается перемещений. В момент образования они открыты, поэтому к ним часто бывают приурочены дайки магматических пород и реже рудные тела. Количественно трещины скалывания превосходят трещины отрыва.

Кроме того, выделяется специфический тип разломов – ***кольцевые***. В плане они образуют кольца, полукольца, дуги и часто сопровождаются радиальными разрывами. В разрезе они могут быть цилиндрическими или коническими. Цилиндрические нарушения имеют вертикальное или близкое к нему падение. Конические разломы чаще всего падают к центру кольцевых структур – *центриклинальные* и редко – от центра – *периклинальные*. Образование кольцевых разрывов связано с процессами магматизма – с вулканическими жерлами, кальдерами, трубками взрыва, штокообразными интрузивами. По механизму образования они могут быть и отрывами, и сколами. С ними часто связаны разные вулканогенные месторождения, а с кимберлитовыми трубками – алмазы. Алмазоносными считаются также крупные кольцевые структуры спорного происхождения – *астроблемы*.

Масштаб разломов

Масштаб разломов выражается через их порядок. В общем случае разломы первого порядка разделяют разные структурные этажи, второго – структурные ярусы, третье-

го – формационные комплексы, четвертого – геологические формации, пятого – фации, шестого – горные породы, седьмого – более мелкие разломы и трещины. Эта группировка отражает амплитуду смещения по разломам. Разломы I-II порядка ограничивают рудные или металлогенические области, III – рудные районы, IV – рудные поля, V и VI – рудные тела, VII – природные типы руд, рудные гнезда.

Возраст разломов

Возраст разломов, как известно, определяют по наиболее молодым из пересекаемых комплексов пород (нижняя возрастная граница) и наиболее древним из перекрывающих пород (верхняя возрастная граница), а для магмовыводящих разломов по возрасту контролируемых магматических тел.

Наиболее крупные глубинные разломы обычно бывают долгоживущими и магмовыводящими. Они подновляются с возобновлением тектонической активности; новые тектонические деформации «наследуют» уже существующие направления и имеют длительную историю развития.

По отношению к оруденению разломы делятся на дорудные, внутрирудные и послерудные. Дорудные могут быть рудообразующими или рудораспределяющими структурами, внутрирудные – рудолокализующими. Послерудные разрывы пересекают рудные тела, усложняют их форму, разделяют их на отдельные блоки и смещают их относительно друг друга.

Физическое выражение разломов

В земной коре разломы проявляются как зоны интенсивно деформированных и раздробленных пород с повышенной параллельно ориентированной трещиноватостью, рассланцеванием, брекчированием, милонитами, тектонической глинкой и зеркалами скольжения, а также поясами параллельных даек.

Окончание разломов

Все разломы по характеру их окончания разделяются на неограниченные, полуограниченные и ограниченные (Рис. 1.7).



Рис. 1.7. Виды разломов по характеру окончания:
а – неограниченные, б – полуограниченные и в – ограниченные

Неограниченные разломы свободно затухают в результате постепенного уменьшения величины смещения под влиянием смены пород или ослабления усилий. *Ограниченные* разломы с обеих сторон упираются в другие разломы (или контакты), поэтому величина смещения по ним не затухает. *Полуограниченные* разломы затухают в одном направлении и блокированы в другом.

Распределение смещений вдоль разломов

Разрывные нарушения не бесконечны. Они затухают в относительно более пластичных породах или упираются в более крупные разрывы, массивы прочных пород и др. Во всех случаях в конце разрыва перемещения нет. Если по разрыву имеется перемещение, то его должны компенсировать внутренние деформации в блоках пород, разделенных разрывом. Пусть разрыв АБ (Рис. 1.8 а КШ 39), затухающий в пластах 1 и 5,

имеет наибольшее смещение в средней части; его горизонтальная составляющая видна

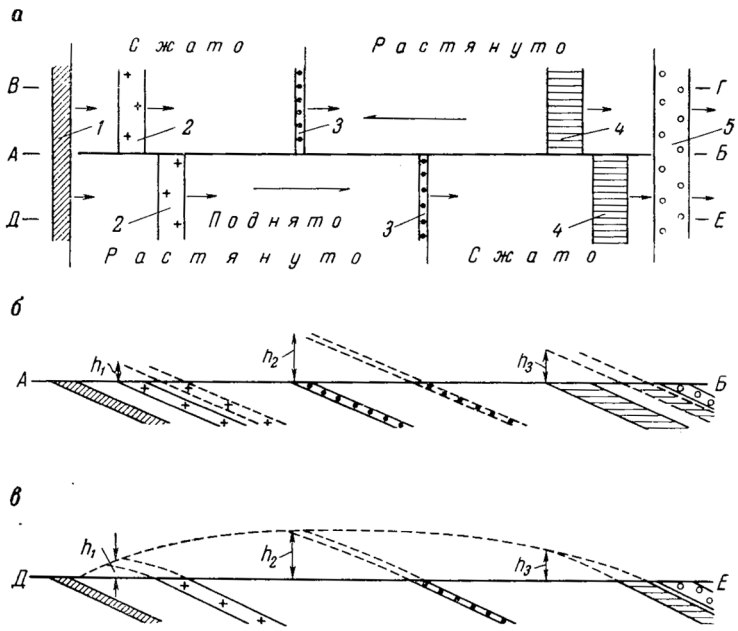


Рис. 1.8. Деформация разрыва со взбросо-сдвиговым перемещением [Кор., Ш.]:
а – план разрыва; пласты 1 и 5 не перемещены; *б* – совмещенный разрез по АБ; пунктиром указаны пласты поднятого блока ДЕ; *в* – деформация поднятого блока. Разрез

по смещению пласта 3, а вертикальная достигает величины h (Рис. 1.8 б, в КШ 39). Для образования этого смещения в блоках боковых пород должны возникнуть деформации сжатия и растяжения, как это показано на рисунке. Одновременно блок висячего бока должен дугообразно изогнуться вверх и растянуться, а другой блок – отклониться вниз и сжаться.

Направление смещений по разломам

Движение горных пород вдоль разрывных нарушений происходит как в горизонтальной плоскости, то есть в плане, так и в вертикальной, в разрезе.

Перемещение в горизонтальном направлении называется сдвигом. Различают правые и левые сдвиги. При *правом сдвиге* блоки смещаемых пород движутся по часовой стрелке (Рис. 1.9 а), при *левом сдвиге* – против (Рис. 1.9 б).

Смещения в вертикальной плоскости носят названия взбросов и сбросов, в зависимости от положения горных пород, слагающих висячий бок разлома или трещины. Если висячий бок опущен, нарушение является *сбросом* (Рис. 1.9 в), если поднят – *взбросом* (Рис. 1.9 г). Пологие взбросы с углами падения менее 30° называются *надвигами* или шарьяжами.

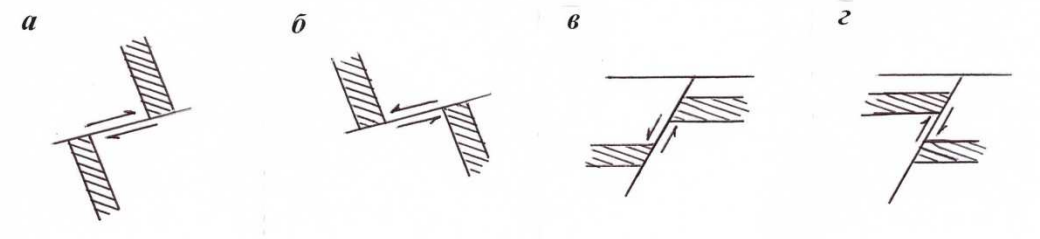


Рис. 1.9. Кинематические типы разломов: *а* – правый сдвиг; *б* – левый сдвиг; *в* – сброс; *г* – взброс

Как правило, смещения по разломам имеют косой характер, то есть включают и горизонтальную, и вертикальную составляющую. В соответствии с направлением сме-

щения в плане и разрезе выделяют правые или левые сдвиго-сбросы и сдвиго-взбросы. Применяется также определение сбросо-сдвиг и взбросо-сдвиг.

Оперяющие разломы и трещины

Оперяющие разломы и трещины сопровождают большинство сколовых нарушений. Они часто являются рудолокализующими и вмещают рудные столбы – наиболее богатые части рудных тел. Поэтому важно знать расположение оперяющих нарушений.

При сдвиге (Рис. 1.10 ВЯ 18) образуются две системы сколов – одна параллельная основному сдвигу, другая под тупым углом к направлению движения и одна система отрывов под острым углом к направлению смещения.

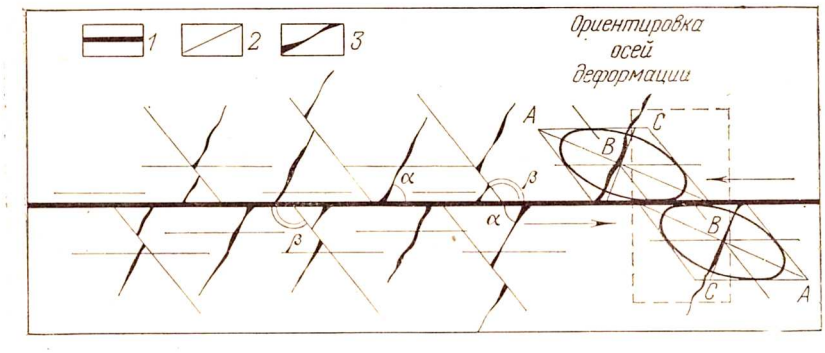


Рис. 1.10. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сдвиг [ВЯ]:
1 – главное разрывное нарушение; оперяющие трещины: 2 – скалывания, 3 – отрыва. A, B, C – главные оси деформации; α – острый угол, образованный оперяющими трещинами отрыва со сместителем в двигавшемся блоке; β – тупой угол, образованный оперяющими трещинами скалывания со сместителем в двигавшемся блоке. Стрелками показано направление перемещения блоков пород, пунктирной линией – кубические блоки породы до деформации

При сбросе (Рис. 1.11 ВЯ 19) образуются две системы оперяющих трещин – отрывы и сколы, обе параллельные основному нарушению по простиранию, но отрывы более крутые, а сколы более пологие. При взбросе (Рис. 1.12 ВЯ 20), наоборот, отрывы будут пологие, а сколы крутые.

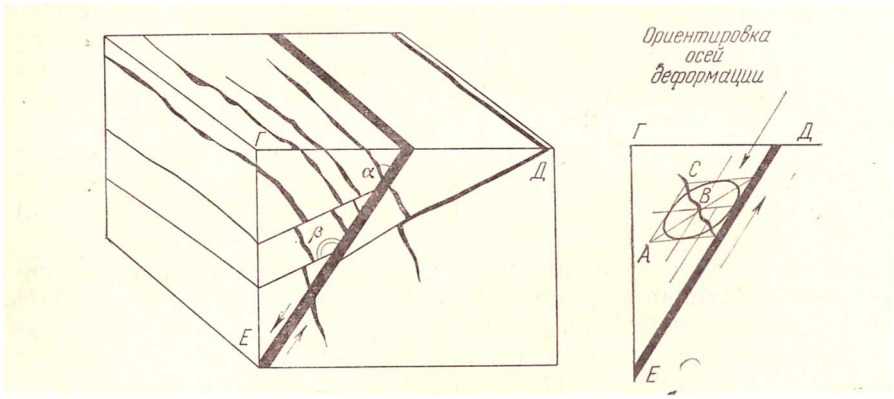


Рис. 1.11. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сброс [ВЯ]
Обозначения см. на рис. 1.10

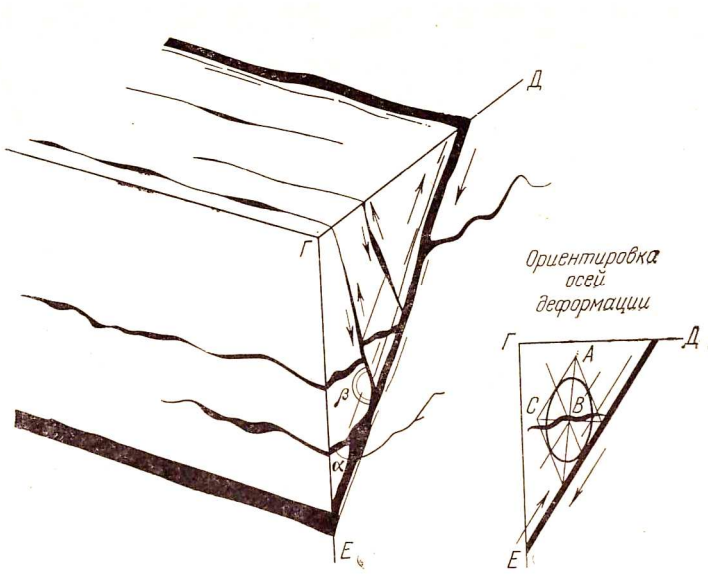


Рис. 1.12. Схема формирования боковых трещин, оперяющих взброс [ВЯ]
Обозначения см. на рис. 1.10

При косых смещениях – сбросо-сдвигах или взбросо-сдвигах оперяющие трещины имеют более сложную ориентировку (Рис. 1.13 ВЯ 21). В этих случаях в перемещавшемся висячем боку нарушения трещины отрыва образуют с главным сместителем как в плане, так и в разрезе острый угол, ориентированный вершиной в сторону движения. Сгущение оперяющих трещин обычно наблюдается в растянутых участках разломов, в зажатых их единицы.

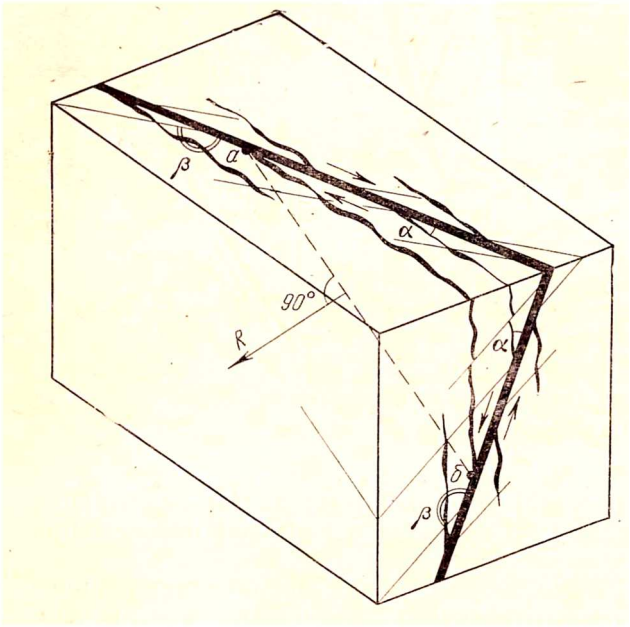


Рис. 1.13. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сбросо-сдвиг [ВЯ]:
R – направление перемещения висячего бока сбросо-сдвига, перпендикулярное к линии сопряжения (*аб*) оперяющей трещины отрыва со сместителем. Остальные обозначения см. на рис. 1.10

Преломление разломов

При переходе из одних пород в другие, поверхности разломов преломляются, то есть изменяют свое залегание. Это объясняется различием физико-механических свойств пород, а именно разной величиной угла скалывания в породах и разными свойствами. В массивных изотропных породах разлом стремится пройти вкрест простирания, в пластичных анизотропных средах он будет отклоняться, приближаясь к простиранию пород (Рис. 1.14 *а* КШ 38).

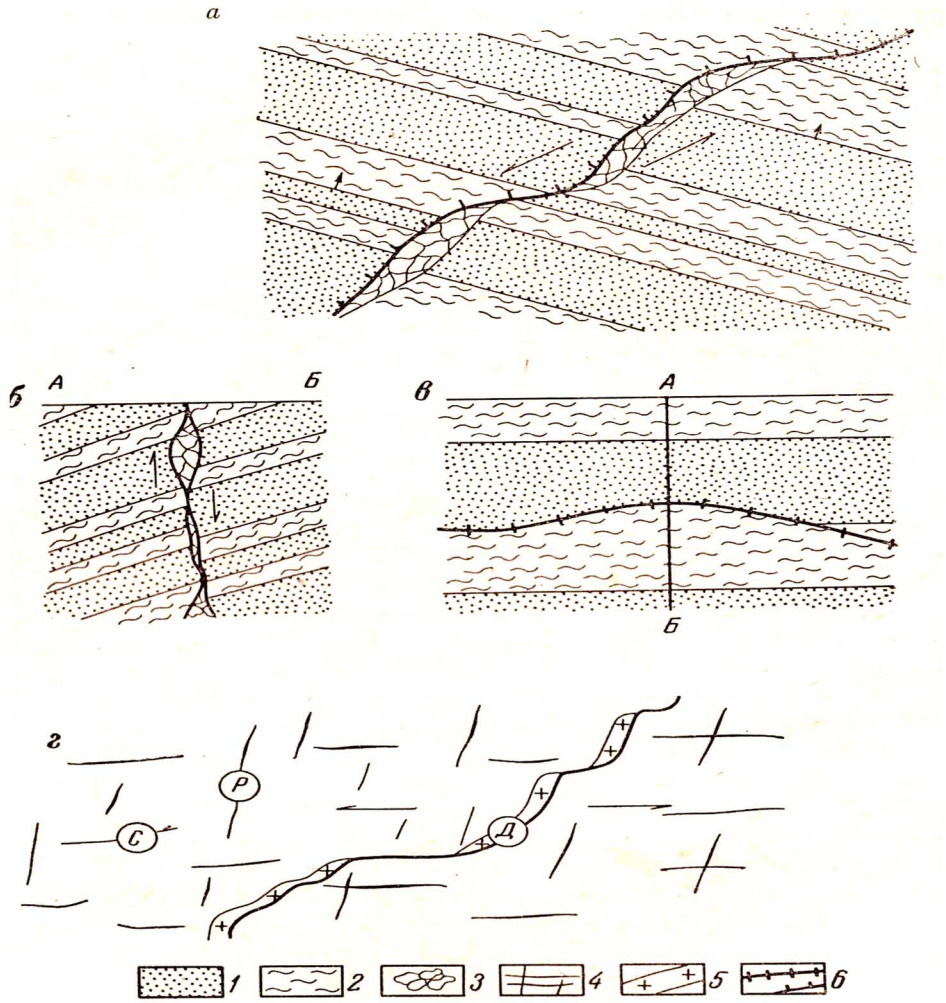


Рис. 1.14. Волнистость поверхностей разломов [КШ]:
а – крутопадающая волнистость в разломе среди анизотропных пород (план); *б* – волнистость продольного разлома в свите наклоннопадающих пластов (разрез); *в* – то же, в плане; *г* – волнистость разлома среди интрузивных пород; *1* – хрупкий пласт; *2* – пластичный пласт; *3* – брекчии; *4* – трещиноватость гранитоидов; *5* – дайка; *6* – трещины

Волнистость разломов

Поверхность разломов всегда волниста. Это доказано экспериментальными работами в лабораториях оптического моделирования В. В. Белоусова и М. В. Гзовского. Волнистость разломов заложена в самом механизме их образования и существует даже в самой изотропной среде. Волнистость возникает путем соединения кулисообразно расположенных коротких трещин. Одной из причин волнистости является также преломление разломов при пе реходе из одной породы в другую. Отмечаются следующие самые простые закономерности пересечения горных пород трещиной или разломом: 1) в породах прочных и хрупких трещины отклоняются в сторону нормали к наслоению; 2) в породах пластичных и слоистых трещины отклоняются в сторону напластования и слоистости; 3) в интрузивных породах трещины косого направления приспосабливаются к трещинам прототектоники (Рис. 1.14 *б, в, г* КШ 38).

Различают два морфологических типа рельефа разломов и трещин – гофрированные и коробленые поверхности. У гофрированных поверхностей имеется одна система волн с параллельными осями. В таких разломах при рудоотложении образуются рудные столбы, параллельные между собой и выдержанные на глубину. Коробленые поверхности образуются при наличии двух систем волн, оси которых пересекаются под прямым или острым углом. В этом случае распределение оруденения носит более сложный характер. Рудные тела приобретают форму рудных дисков и линз.

Гофрированные поверхности образуются только в весьма изотропной среде и встречаются значительно реже коробленых. Чем больше анизотропия пород, тем сложнее коробленая поверхность и распределение оруденения.

Изучение рельефа поверхности разломов усложняется еще и тем, что волнистость всегда имеет несколько порядков. Перегибы поверхности принято называть ребрами, а расположенные между ними относительно ровные участки – гранями. Смещение по разломам приводит к тому, что одни грани оказываются зажатыми, а другие – приоткрытыми и доступными для рудообразующих растворов или расплавов.

Приоткрывание граней разломов

Приоткрывание граней зависит от положения грани относительно направления смещения (Рис. 1.15 КШ 40). В зависимости от этого положения выделяется 5 групп граней:

1) сжатые – расположены нормально против направления смещения (движение невозможно, породы расплющиваются);

2) несущие – расположены косо навстречу направлению смещения (движение вдоль граней при сильном сжатии);

3) скользящие – движение скользящее (вдоль граней без сдавливания и приоткрывания);

4) приоткрытые – расположены косо по направлению движения (косо растянутые);

5) открытые – расположенные нормально по направлению смещения (полностью растянутые).

В целом, грани, находящиеся под давлением, характеризуются неровностями, бороздами скольжения, дроблением и истиранием выполнения, глинкой трения. Разгруженные грани отличаются повышенной трещиноватостью, развитием брекчий, тектонитами вдавленных пластических пород.

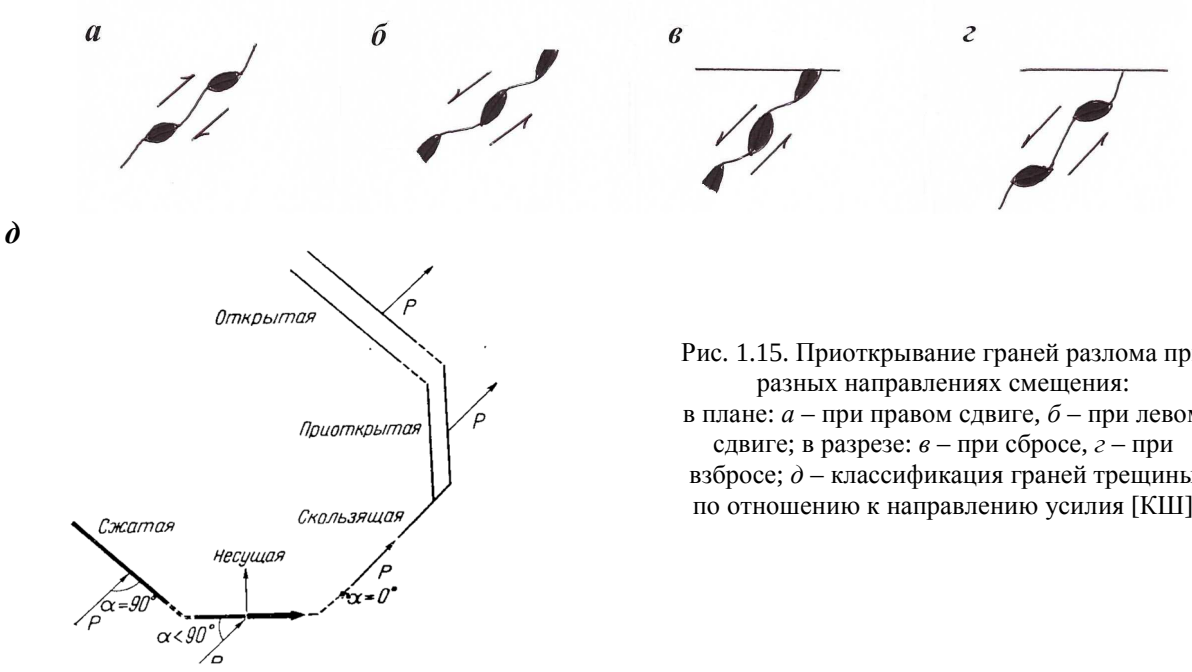


Рис. 1.15. Приоткрывание граней разлома при разных направлениях смещения: в плане: *а* – при правом сдвиге, *б* – при левом сдвиге; в разрезе: *в* – при сбросе, *г* – при взбросе; *д* – классификация граней трещины по отношению к направлению усилия [КШ]

Расположение приоткрытых граней в зависимости от кинематики разлома демонстрирует табл. 1.5.

Т а б л и ц а 1.5

Распределение приоткрываний в зависимости от направления смещения

Деформации	Правый сдвиг (по часовой стрелке)	Левый сдвиг (против часовой стрелки)
Взброс	На более пологих гранях, отклоняющихся к меридиану	На более пологих гранях, отклоняющихся к широте
Сброс	На более крутых гранях, отклоняющихся к широте	На более крутых гранях, отклоняющихся к меридиану

Таким образом, правило приоткрывания разломов можно сформулировать следующим образом: при взбросах приоткрываются более пологие участки, при сбросах – более крутые, при правых сдвигах – участки, отклоняющиеся вправо, при левых сдвигах – влево.

Рудоносные складчатые структуры

Генезис складок

Складки – результат пластических деформаций, протекающих в анизотропной среде в результате изгиба. Ярко выраженную анизотропию проявляют слоистые и сланцеватые осадочные и метаморфические породы.

В структурной геологии среди складок по генезису выделяются следующие разновидности: складки изгиба, складки скалывания, складки течения и диапировые складки. Основное значение для размещения оруденения имеют складки изгиба. Особый интерес представляют пустоты и трещины, возникающие в процессе складкообразования.

В складчатых деформациях, как уже говорилось, пластичные, хрупкие и несущие породы проявляют себя по-разному (см. рис. 1.2). Пластичные породы при изгибе испытывают течение без разрывов сплошности. Хрупкие подвергаются изгибу с нарушением сплошности трещинами. Несущие породы образуют своды без разрывов сплошности вследствие залечивания. Таким образом, складки в породах, обладающих разными свойствами, будут иметь свой характерный облик.

Складки в жестких породах

В хрупких и несущих породах при продольном изгибе в одной плоскости образуется концентрический тип складок, не сопровождающийся изменением мощности слоев (Рис. 1.16 КШ 23). Отдельные слои при этом скользят друг по другу. В верхней части каждого пласта появляется зона растяжения, в нижней – зона сжатия. Зоны разделяются нейтральным участком. В целом антиклинальная часть растянута, а синклинальная зажата. В результате в концентрических складках возникает 3 типа трещин: 1) трещины скольжения по наслоению, более всего развитые в крыльях складок – C_3 и C_4; 2) трещины растяжения при изгибе, располагающиеся на выпуклой стороне изгиба пласта вблизи осевых частей складок – P_3; 3) поперечные трещины отрыва, представляющие собой результат высвобождения напряжений по простиранию – P_2. При воздымании и погружении шарнира возникает растяжение и сжатие складок по простиранию, что приводит к формированию систем C_1, C_2 и C_5, C_6.

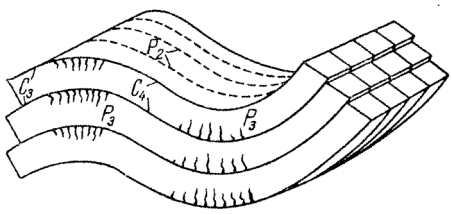


Рис. 1.16. Системы трещин, возникающие в концентрических складках жестких пластов [КШ]

При поперечном изгибе все слои находятся в растянутом состоянии. Зоны сжатия отсутствуют, для антиклиналей можно различать лишь более растянутые (верхние) и менее растянутые (нижние) зоны слоев. В этих условиях развиваются системы C_3 и C_4 со сбросовыми перемещениями по ним.

Складки в пластичных породах

При продольном изгибе возникают подобные складки (Рис. 1.17 КШ 24). В них происходит течение материала из сжатых крыльев в осевые части, разгруженные от бокового давления. Обычно в этих условиях развивается кливаж, ориентированный параллельно осевой плоскости складки. Благоприятных позиций для локализации оруденения здесь нет, однако пластичные породы могут быть экранами над более перспективными породами.

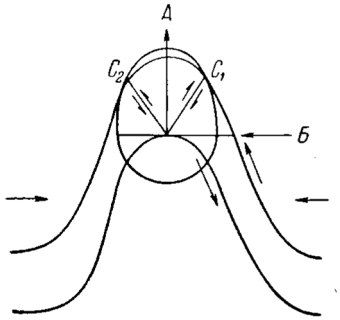


Рис. 1.17. «Подобные» складки, возникающие при продольном изгибе в пластичных породах. Разрез [КШ]

При поперечном изгибе (Рис. 1.18 КШ 26) образуются складки поднятия с уменьшением мощности пластов в сводах антиклиналей. Здесь тоже благоприятных условий для локализации оруденения нет.

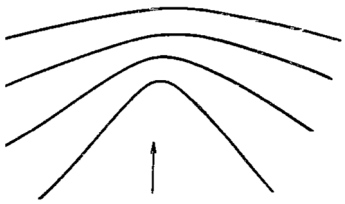


Рис. 1.18. Складка поднятия в пластичных породах с уменьшением мощности в осевой части. Разрез [КШ]

Складки в разнородных пластах

Складки в разнородных пластах имеют наибольшее значение для рудообразования. Хрупкость, пластичность и несущая способность пластов играют важнейшую роль в распределении деформаций, пустот и трещин в складках.

Разнородные пласты могут находиться в разных сочетаниях.

1. Несущий пласт залегает между двумя хрупкими (Рис. 1.19 КШ 27). Несущий пласт изгибается сильнее, он отслаивается от хрупких пластов с образованием седло-

видных пустот в антиклинали и корытовидных в синклинали. При этом в хрупком пласте в зоне отслоения развивается усиленное дробление. Синклинали для развития отслоений и дробления менее благоприятны.

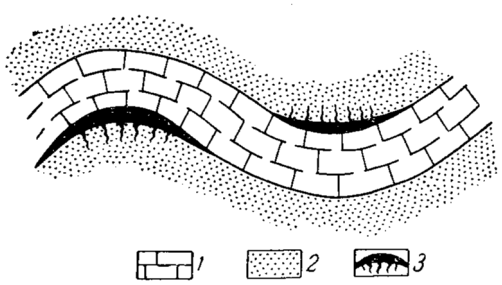


Рис. 1.19. Распределение пустот и трещин (3) при совместном изгибе несущего пласта (1), залегающего между двумя хрупкими (2). Разрез [КШ]

2. Сочетание несущего пласта с пластичными неблагоприятно для размещения оруденения, так как пластичные породы заполняют пустоты отслоений и в этих породах не происходит дробления. Отслоения в этом случае могут возникать лишь при малых радиусах складок (Бендиго, Австралия – седловидные жилы, Рис. 1.20 КШ 54 Ст. 5.26).

3. Хрупкий пласт, залегая между двумя пластичными (Рис. 1.21 КШ 28), подвергается массовому дроблению на растянутых частях изгибов (тела вкрапленных руд киновари в песчаниках Никитовки, Рис. 1.22 Ст. 5.24).

Практически пласт изгибается не изолированно, а совместно с вмещающими его породами. При таком совместном продольном изгибе двух пластов с разными свойствами возникают отслоения в виде седловидных пустот и трещин растяжения при изгибе, показанные на рис. 1.23 КШ 32.

Системы из пластичной и хрупкой пород (Рис. 1.23 а, б КШ 32) дают возможность развиваться трещинам растяжения на выпуклой стороне изгибов хрупкого пласта. В случае, когда пластичная порода представляет кровлю хрупкого пласта (Рис. 1.23 а КШ 32), происходит разрыв и дробление хрупкой породы с развитием трещин отрыва в своде антиклинали, без существенного отслоения пластов. Если же пластичный пласт подстилает хрупкую породу (Рис. 1.23 б КШ 32), происходит дробление хрупкой породы взамке синклинали, также почти без отслоения пластов. Однако возможности развития оруденения во втором случае менее благоприятны, чем в первом, вследствие затрудненности доступа в синклиналь восходящих растворов.

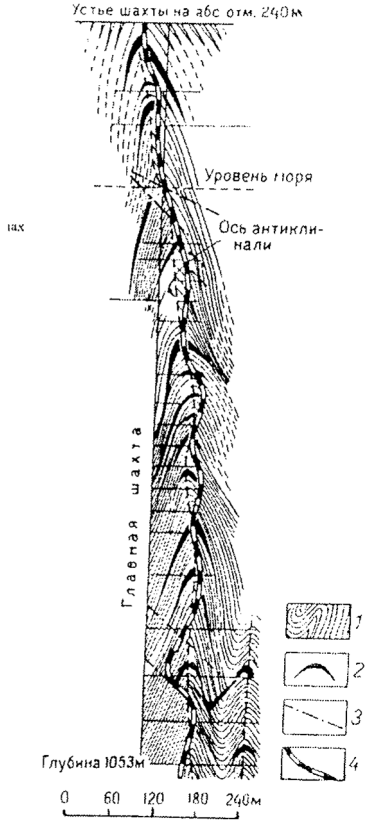


Рис. 1.20. Многоэтажные седловидные золото-кварцевые жилы на месторождении Бендиго, Австралия (по У. Стоуну)

При этом экранирующая роль пластичных пород имеет отрицательное значение. При достаточной крутизне складок и высокой хрупкости пород возможно проявление более сложного, главным образом трещинного, массового дробления в сводах антиклиналей, с рассеянным оруденением. Примером могут служить некоторые рудные тела Никитовского месторождения в Донбассе, размещенные в хрупких песчаниках и кварцитах (Рис. 1.23 Ст. 5.24). При сочетании пластичных и несущих пластов (Рис. 1.23 в, г КШ 32) трещины растяжения развиваются в несущем пласте.

Если пластичная порода служит кровлей несущего пласта (Рис. 1.23 в КШ 32), то при смятии она образует узкие крутые складки, а пласт с несущими свойствами – пологие широкие изгибы. Эти соотношения по-разному проявляются в антиклинали и синклинали. В антиклинали, в условиях растяжения верхней части несущего пласта, пластичные породы как бы обтягивают прочное ядро, вследствие чего отслоения невозможны.

В синклинали, в условиях сжатия приконтактовой части несущего пласта, возможно возникновение отслоений. Однако под воздействием нагрузки вышележащих пород это отслоение может оказаться закрытым. В антиклинальном изгибе несущего пласта возникают трещины растяжения и отрыва, которые легко залечиваются. Но при наличии движений во время рудообразования эти трещины могут обновляться и залечиваться рудным материалом.

В случае, когда несущие породы образуют кровлю пластичных пород (Рис. 1.23 г КШ 32) в антиклинали под сводом первых происходит разгрузка пластичных пород от напряжений с образованием седловидных отслоений, которые иногда заполняются рудами. В синклинали несущего пласта образуются трещины отрыва, однако возможности заполнения их рудным материалом при отрицательном экранировании ограничены.

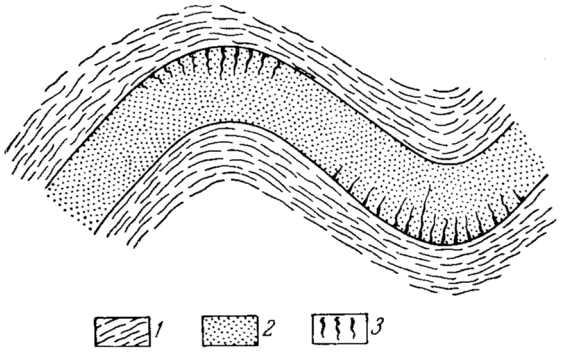


Рис. 1.21. Распределение трещин (3) при совместном изгибе хрупкого пласта (2), залегающего между пластичными (1). Разрез [КШ]

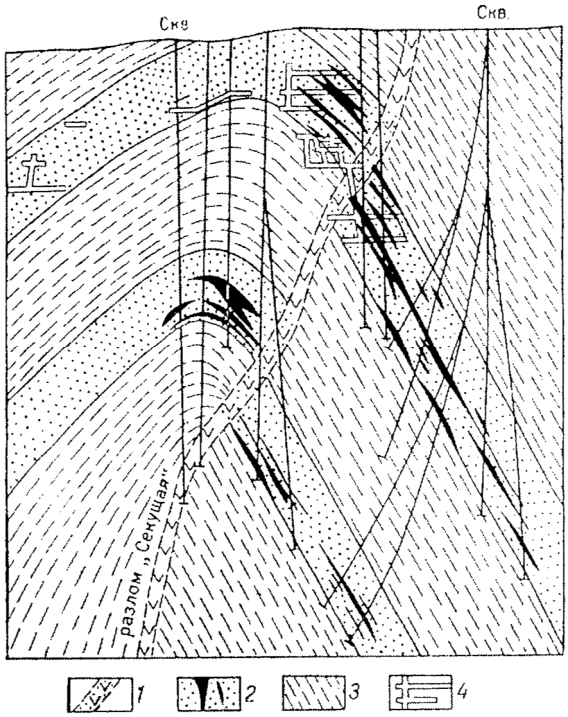


Рис. 1.22. Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения в Донбассе (по А. Добрянскому): 1 – зона брекчирования разлома «Секущая»; 2 – оруденение в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 4 – подземные горные выработки

Последние два случая (Рис. 1.23 д, е КШ 32) представляют собой системы из хрупкого и несущего пластов, которые при прочих равных условиях более других благоприятны для размещения оруденения. Если хрупкий пласт подстилается несущим (Рис. 1.23 д КШ 32), то в антиклиналях подошва хрупкого пласта находится в сжатом состоянии, а кровля несущего – в растянутом. Это обусловливает возникновение в несущем пласте трещин отрыва, которые могут залечиваться рудным материалом. В синклиналях, вследствие растяжения подошвы хрупкого пласта, происходит его отслоение с возникновением седловидных полостей; одновременно образуются трещины отрыва в хрупком пласте. Это самый благоприятный случай для накопления продуктов оруденения в синклинальных участках.

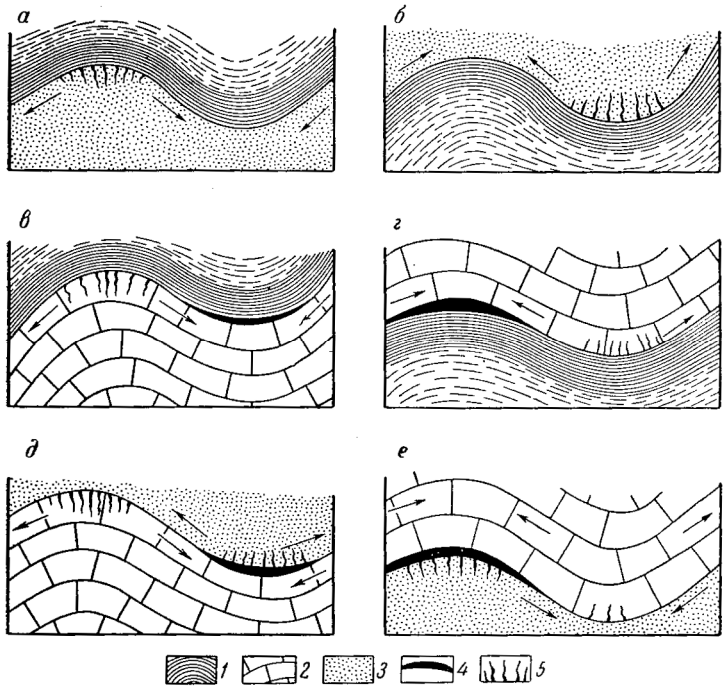


Рис. 1.23. Результаты изгибания разных (*а – е*) систем двух разнородных пластов [КШ]:

1 – пластичные; 2 – несущие; 3 – хрупкие; 4 – пустоты; 5 – трещины

Если же несущий пласт подстилается хрупким (Рис. 1.23 е КШ 32), в антиклиналях образуются седловидные отслоения между пластами и одновременно нарушается сплошность хрупкого пласта трещинами отрыва, а в синклиналях происходит некоторое нарушение трещинами отрыва несущего пласта. Возможности накопления руд здесь ограничены.

Таким образом, благоприятными для оруденения могут быть сводовые части не только антиклиналей, но и синклиналей.

В целом, для рудообразования наиболее благоприятны сочетания разнородных пластов, подвергающихся неоднородным деформациям. Однообразные толщи значительно менее восприимчивы к рудообразованию, даже если по составу они и благоприятны для оруденения.

Рудоносные плутонические тела

С интрузивными телами связаны многие месторождения разных генетических типов. Класс эндогенных месторождений иначе называют *магматогенным*, что говорит о генетическом единстве с магмой и ее производными. Экзогенные и метаморфогенные месторождения тоже нередко также приурочены к магматитам. В коре выветривания плутонитов разного состава образуются остаточные месторождения: каолин – по гранитоидам, бокситы – по основным породам, силикатный никель – по гипербазитам. Месторождения асбеста формируются при метаморфизме ультраосновных пород.

По роли в рудообразовании и размещении оруденения плутонические тела можно разделить на 3 большие группы: 1) ультраосновные, основные и щелочные массивы, к которым приурочены так называемые внутриинтрузивные рудные поля; 2) массивы гранитоидов с минерализованными приконтактовыми частями; 3) рудоносные малые интрузии и дайки разного состава.

Массивы ультраосновных и основных пород

Массивы первой группы, вмещающие ***внутримагматические*** рудные поля, в свою очередь, включают 3 типа.

1. *Гигантские расслоенные тела* платформенных щитов. С ними связаны месторождения хромита, титаномагнетита и ликвационные медно-никелевые руды (собственно магматическая группа – раннемагматический, позднемагматический и ликвационный классы). Сюда относятся такие известные тела, как Бушвельдский лополит в ЮАР (Рис. 1.24), массив Садбери в Канаде, Великая Дайка в Зимбабве. Руды в них полностью контролируются стратификацией и приурочены к определенным комплексам пород. Так, в Бушвельдском лополите многочисленные хромитовые тела связаны исключительно с пироксенитами. Таким образом, главным рудоконтролирующим фактором для этих месторождений является петрографический состав пород. Кроме того, важное значение в контроле оруденения имеют элементы прототектоники: а) для раннемагматических месторождений – ранние или кристаллизационные, представляющие собой прототектонику жидкой фазы (тонкая расслоенность, план-параллельные текстуры и др.); б) для позднемагматических месторождений характерны также поздние протоинтрузивные структуры – прототектоника твердой фазы (пологие псевдопластовые, крутые секущие и др. трещины); в) на медно-никелевых ликвационных месторождениях прототектонические структуры сочетаются с тектоническими нарушениями – трещинами, разломами, зонами дробления и др.

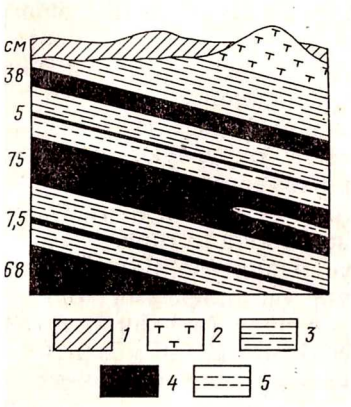


Рис. 1.24. Пластовые залежи хромитов в Бушвельдском комплексе в Южной Африке (по В. Купфербюргеру):
1 – четвертичные отложения; 2 – анортозиты; 3 – диаллаговые габбро; 4 – хромиты; 5 – бронзито-диаллаговые породы

2. *Пояса альпинотипных гипербазитов* складчатых областей, в том числе Урала. Эти тела участвуют в складчатых деформациях вмещающих пород, их форма обусловлена складчатостью. По современным представлениям, это тектонические пластины. Массивы имеют субмеридиональное простирание и образуют субмеридионально вытянутые пояса (уральское направление). Размеры их несопоставимы с платформенными гигантами, а масштаб оруденения прямо зависит от размеров тел. Здесь также наблюдается четкий петрографический контроль. Так, хромитоносные массивы сложены дунит-гарцбургитовой формацией; хромитовые тела приурочены к дунитовым полосам в гарцбургитах. В этих телах размещение рудных тел в большей степени контролируется конфигурацией контактов и разрывной тектоникой. Так, контуры рудных залежей Талнахского месторождения и его аналогов в общем совпадают с очертаниями интрузивных тел (Рис. 1.25 П 31). На Кемпирсайском массиве кровля осложнена сводовыми поднятиями и депрессиями между ними. Рудные залежи приурочены к сводам. При этом Главное рудное поле, наиболее богатое, находится в Юго-Восточном своде, где массив достигает максимального размера – 30-32 км в ширину. Геофизическими исследованиями здесь установлена мощная корневая часть массива, которая представляет собой магмоподводящий канал – глубинный разлом.

3. *Кольцевые магматические комплексы*. Как правило, кольцевые магматические тела сопряжены с кольцевыми разломами и сопровождаются концентрическими и радиальными дайками. Наибольший интерес из кольцевых магматических тел представляют массивы щелочных пород – нефелиновых сиенитов, которые встречаются обычно в жестких стабильных блоках древних пород: на древних щитах (Хибинский, Ловозерский массивы на Кольском п-ве), в срединных массивах (Ильменогорский, Вишневогорский массивы на Урале).

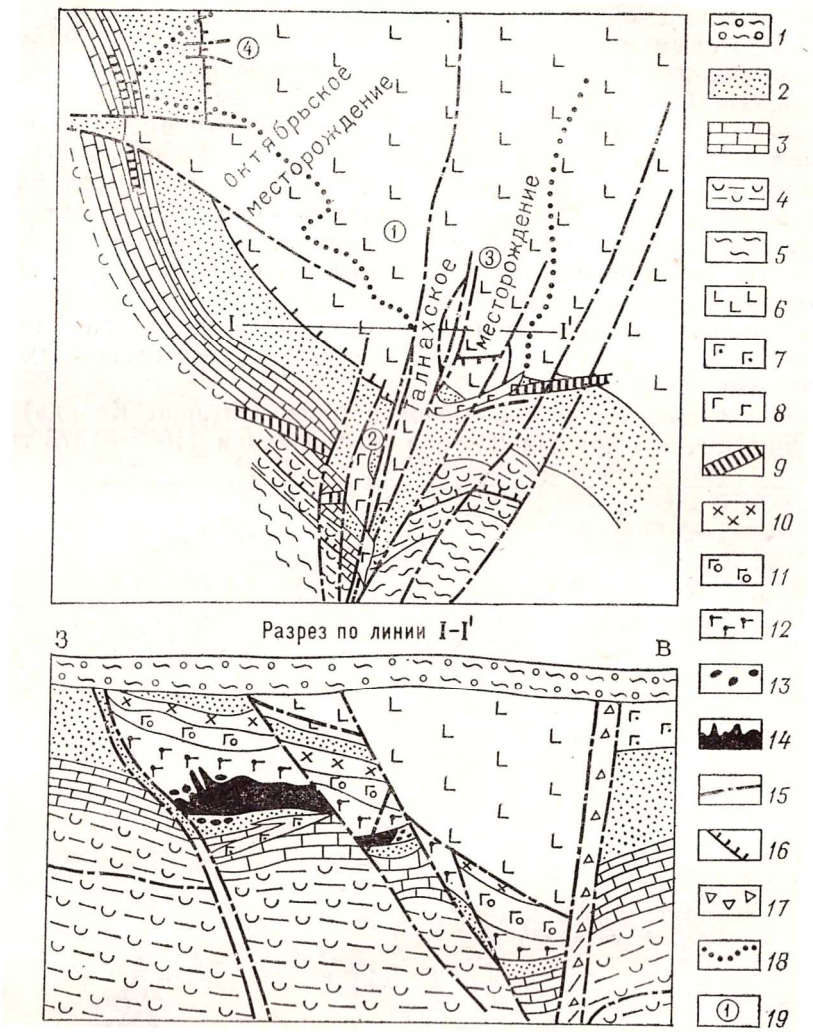


Рис. 1.25. Схематический план Талнахского рудного поля и разрез юго-западной части Талнахского месторождения (по В. Ф. Кравцову и А. В. Тарасову):
1 – четвертичные отложения; 2 – угленосные отложения P-C; 3 – карбонатная толща D_3; 4 – ангидрит-мергелистая толща D_2; 5 – карбонатно-глинистая толща D_1; 6 – туфолавовая толща P-T; 7 – долериты и микродолериты; 8 – выходы рудоносной талнахской интрузии под четвертичные отложения; 9 – пластообразные апофизы Талнахской интрузии; 10 – метадиориты, габбро; 11 – оливиновые габбро-долериты; 12 – рудоносные габбродолериты; 13 – вкрапленные богатые руды; 14 – массивные руды; 15 – разрывные нарушения;16 – пологие разрывные нарушения; 17 – тектонические брекчии; 18 – границы Талнахской интрузии; 19 – ветви Талнахской интрузии: 1 – северо-западная, 2 – юго-западная, 2– северо-восточная, 4 – Хараелахская

Практическое значение имеют сопряженные с нефелиновым сиенитами специфические горные породы – карбонатиты, несущие редкие и радиоактивные металлы, а также медь, железо и др. Карбонатитовых месторождений в мире немного – около 300, это достаточно экзотические объекты, крайне интересные в геологическом отношении. Так, Ловозерский массив (Рис. 1.26 Лаверов 81) сложен ультраосновными щелочными породами – уртитами, ийолитами, луявритами, малиньитами и т. п. и интенсивно стратифицирован. Карбонатиты залегают в центральной части массива в виде штокообразного тела. Рудные тела сложены минералом лопаритом ((Ca,U,Th,TR)(Ti,Ta,Nb)O_3) и залегают исключительно в малиньитах.

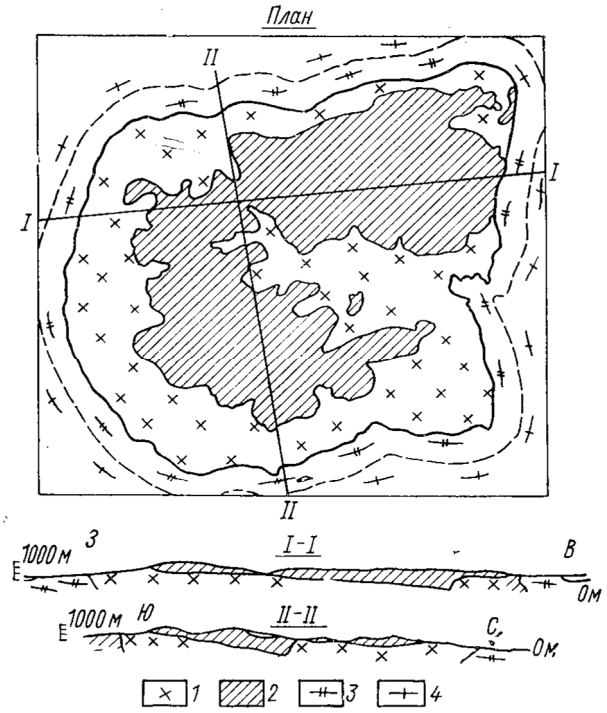


Рис. 1.26. Геологическое строение массива редкометальных нефелиновых сиенитов (по Власову К. А. и др.): 1 – дифференцированный комплекс нефелиновых сиенитов; 2 – эвдиалитовые лувритыв и эвдиалититы; 3 – фениты; 4 – гнейсы и гранитогнейсы

В Хибинском массиве рудные тела приурочены к более поздним полукольцевым разрывным нарушениям.

Рудоконтролирующую роль для карбонатитовых месторождений играет как стратификация интрузива, так и разрывные нарушения и трещинная тектоника.

Гранитоидные тела

В отличие от рассмотренных выше ультраосновных, основных и щелочных магматических тел, гранитоидные массивы никогда не образуют внутриинтрузивных рудных залежей. В этой группе выделяются две подгруппы рудоносных структур: 1) апикальные и надапикальные части; 2) контактовые зоны гранитных массивов.

К апикальным областям приурочены, в первую очередь, так называемые апогранитные месторождения, включающие рудоносные альбититы и грейзены. Альбититы образуются в результате натриевого метасоматоза и несут Th, TR, Ta, Li, и др. Грейзены – продукт калиевого метасоматоза, с ними сопряжены Sn, W, Mo, Be. Альбититы локализуются исключительно в апикальной части массивов и контролируются конфигурацией интрузивного контакта. Грейзены залегают как в эндо-, так и в экзоконтактах тела, образуя жилообразные тела в трещинных структурах. Структурно-морфологические типы грейзеновых месторождений показаны на рис. 1.27 (ВЯ 29).

Ведущий тип месторождений в контактовых зонах гранитоидов – скарновый, или контактово-метасоматический. Широко распространены скарновые залежи железных, медных, полиметаллических и вольфрам-молибденовых руд. Главный фактор контроля скарновых залежей – конфигурация контактов, волнистость которые аналогична волнистости разломов и определяет размещение рудных тел (Рис. 1.28 Р 3.24).

Малые интрузии и дайки

С комплексами малых интрузий и даек ассоциируют многочисленные гидротермальные месторождения цветных, редких и благородных металлов. Приурочены они к крупным глубинным разломам с весьма длительной и сложной историей формирования. Внедрение малых интрузивов и даек, как правило, многофазное. В узлах пересечения, сопряжения или разветвления разломов концентрация магматических образований максимальна. Здесь же локализуется и оруденение (жилы, прожилковые зоны, што-

кверки и другие формы рудных тел). Малые интрузии, дайки и гидротермальное оруденение связаны парагенетически.

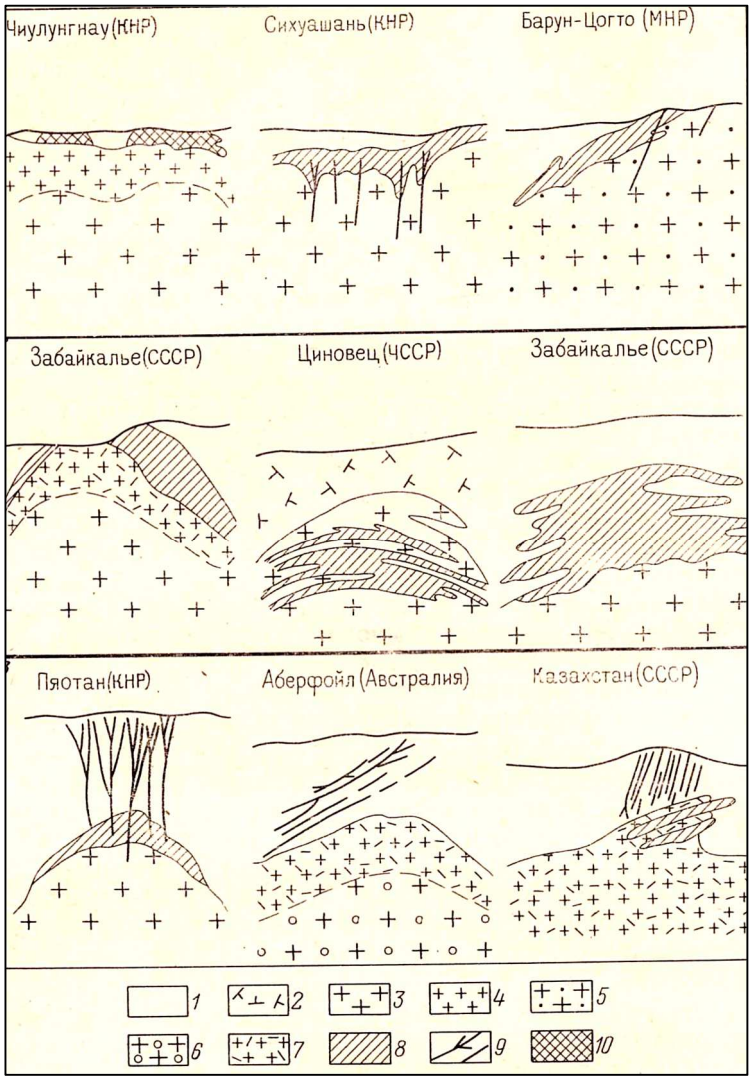


Рис. 1.27. Схемы взаимосвязи разных структурно-морфологических типов грейзеновых месторождений с формой кровли гранитных массивов (по Д. В. Рундквисту и др.):
верхний ряд – горизонтальная или очень пологая кровля; средний ряд – купольная с пологими апофизами; нижний ряд – купольная с наклонными и крутопадающими апофизами; 1 – осадочные породы кровли; 2 – порфировый кварцевый риолит; гранит: 3 – крупно-, среднезернистый и др.; 4 – аплитовидный; 5 – амазонитовый, 6 – порфировидный, 7 – грейзенизированный; 8 – рудоносный грейзен; 9 – рудные жилы; 10 – вольфрамово-рудное кварцевое тело

На размещение оруденения существенно влияет форма интрузивных тел и даек. Небольшие интрузивные массивы в рудных полях обычно представлены штоками с овальными и угловатыми очертаниями (в плане), плитообразными или иными неправильными телами. Падение контактов крутое. Эти тела сложены в основном мелко-, реже среднезернистыми порфировыми породами. Мелкая трещиноватость в них преимущественно тектоническая, наложенная. Контракционные трещины затушеваны и выявляются с трудом.

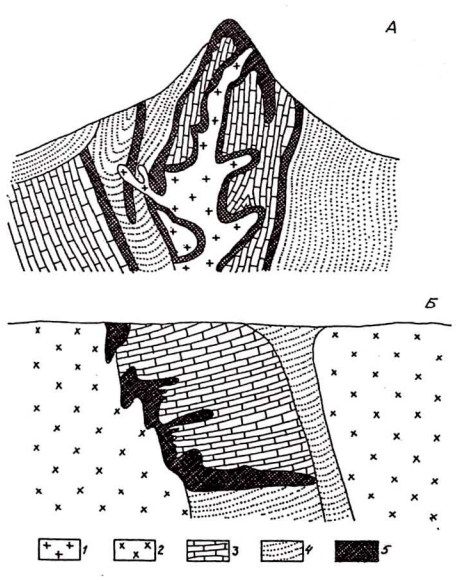


Рис. 1.28. Схематические геологические разрезы скарновых месторождений:
А – Тырныаузского вольфрам-молибденового (по А. В. Пэку); Б – Фроловского – медные Турьинские рудники (по Я. П. Баклаеву):
1 – граниты; 2 – диориты; 3 – известняки; 4 – вулканогенно-осадочные породы; 5 – скарны с рудной минерализацией

С малыми интрузиями кислого и реже среднего состава сопряжены медно-молибденовые месторождения, называемые также порфировыми или штокверковыми. Эти месторождения являются основой мировой сырьевой базы меди и молибдена (Рис. 1.29 Р 3.25).

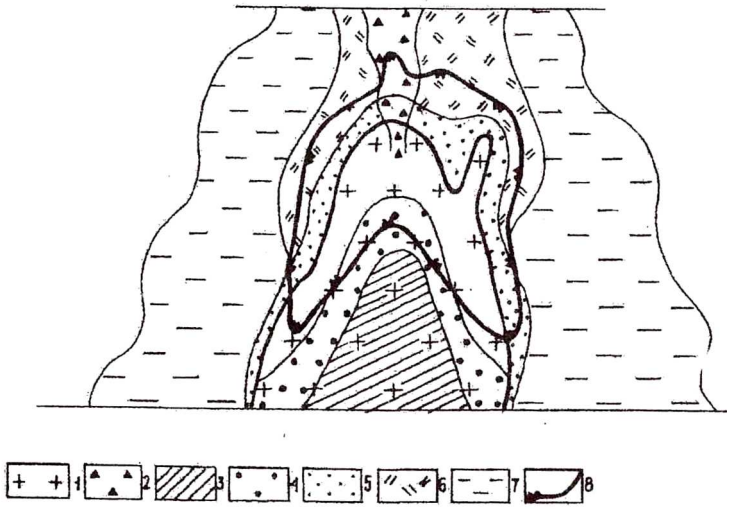


Рис. 1.29. Модель медно-порфирового месторождения (по А. И. Кривцову):
1 – рудоносный порфировый интрузив; 2 – брекчиевая атрубка; 3 – кварцевое «ядро»; 4 – зона калишпатизации и биотитизации; 5 – зона окварцевания и серицитизации; 6 – зона аргиллизации; 7 – пропидлитизированные породы интрузивной рамы; 8 – контуры промышленных руд

Рудная минерализация располагается в апикальной части интрузивных тел, становление которых происходит на небольших глубинах, в связи с чем для них характерны порфировидные структуры пород. В контроле порфировых месторождений большое значение имеет петрографический состав интрузий. А. И. Кривцов выделяет 4 модели порфировых месторождений: гранитную молибденовую, гранодиоритовую медно-молибденовую, монцонитовую молибденово-медную и диоритовую медную.

В пределах дайковых полей размещаются многие гидротермальные месторождения цветных металлов и золота. Рудные поля и месторождения находятся в узлах наиболее частого и многофазного развития даек. В таких участках дайки бывают приурочены к нескольким системам разрывных нарушений, хотя преобладающими являются дайки одного направления, совпадающего с простиранием пояса.

Форма даек обычно плитообразная, мощность и элементы залегания выдержаны, но нередко встречаются весьма сложные, ветвящиеся, с весьма непостоянными мощностью и элементами залегания тела, а также дайки с резкими ступенчатыми контактами и тупыми выклиниванием. Появление даек таких сложных форм объясняется тем, что они выполняют в основном крупные трещины отрыва, а магматические расплавы внед-

рялись в обстановке растяжения, обусловленной интрузивными силами. К моменту внедрения даек во вмещающих породах уже существовало несколько систем тектонических трещин.

Формирование даек обычно предшествует рудообразованию, то есть дайки являются дорудными (дайки прокладывают дорогу руде). Рудные жилы часто тяготеют к дайкам и прослеживаются вдоль их контактов. Однако нередко жилы приурочены к трещинам иного направления и пересекают дайки, при этом последние могут существенно влиять на локализацию оруденения.

На некоторых месторождениях известны внутриминерализационные и послерудные дайки. Первые пересекают рудные жилы, сложенные минералами ранних стадий минерализации, но в свою очередь на них наложены минеральные агрегаты более поздних стадий.

Типичным представителем месторождений в дайковых поясах является Березовское золоторудное месторождение золото-сульфидно-кварцевой формации на Среднем Урале. Многочисленные дайки гранитоидов имеют большей частью меридиональное простирание. Так называемые лестничные жилы выполняют поперечные трещины отрыва, широко развитые в дайках. Этим трещинам приписывается контракционное или тектоническое происхождение. Иногда встречаются также диагональные кварцевые жилы, приуроченные к тектоническим трещинам сколового типа (Рис. 1.30 Б 17; 1.31 КРМ 115).

Дайковые поля характерны для пегматитовых месторождений, с которыми связаны многочисленные полезные ископаемые – редкие металлы (Забайкалье, Казахстан, камнесамоцветное сырье (Самоцветная полоса Урала), слюда (Мамско-Чуйская провинция), керамическое сырье (Карелия, Украина, Урал, Сибирь) и др.

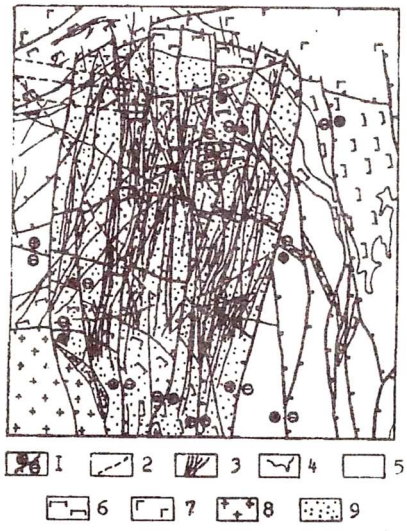


Рис. 1.30. Березовское рудное поле (Средний Урад) [Б]:
1 – додайковые разломы, штрихами показано направление падения разломов, знаками плюс и минус – приподнятый и опущенный блоки соответственно; 2 – последайковые разломы; 3 – дайки гранитоидов; 4 – межформационные контакты; формации: 5 – базальтовая, 6 – гипербазитовая, 7 – габбро-диорит-долеритовая; 8 – гранитовая; 9 – рудное поле

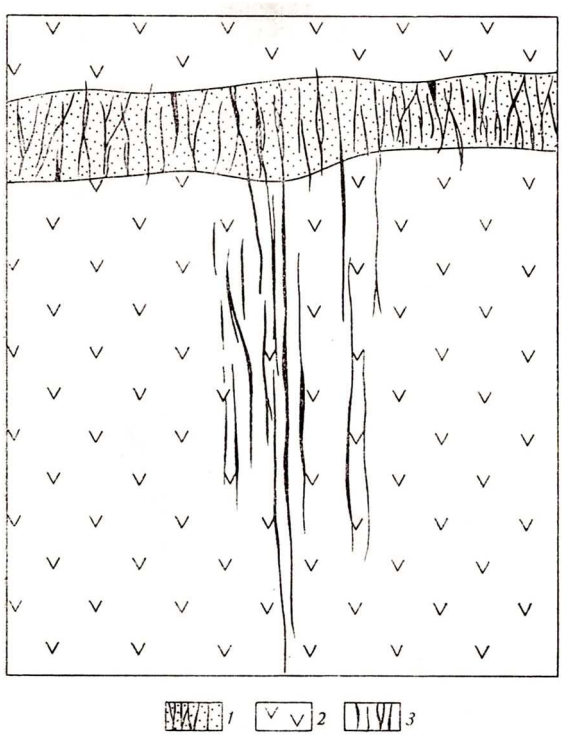


Рис. 1.31. Фрагмент Березовского рудного поля (по М. и Н. Бородаевским):
1 – березитизированная дайка гранит-порфира с лестничными жилами; 2 – змеевики; 3 – красичные жилы

Пегматиты характерны как для складчатых областей, так и для древних щитов. В фанерозойских складчатых областях положение пегматитов контролируется формой интрузива, с которым они связаны: пояса пегматитовых тел располагаются согласно с контактом массива. Пегматиты образуют неправильные тела, линзы, раздувы, в плане часто изогнутые, ветвящиеся, с апофизами. Для них характерна зональность. На щитах пегматиты не обнаруживают связи с интрузивными телами, рудоконтролирующими являются древние прогибы, троги, шовные зоны, крупные разрывные структуры в этих трогах и прогибах. Тела пегматитов имеют, как правило, линейные, плитообразные формы и обычно лишены зональности.

Одно из крупнейших в мире пегматитовых месторождений редких металлов – Берник-Лейк, находится в Канаде, на дне озера (Рис. 1.32. Як.Промтипы рис. 104). Главное рудное тело представлено здесь пологой плитообразной залежью мощностью 75 м с четко выраженной зональностью. От зальбандов к центральной части тела выделяются: зона блокового микроклин-пертита (мощностью до 15 м), сподуменовая зона (5-27 м), лепидолитовая зона (до 12 м), поллуцитовая зона (13,7 м) и центральная зона с промышленным содержанием танталита (0,218-0,27 % Ta_2O_5). Мощность ее 45 м, ширина 111,3 м, протяженность 32,7 км. Месторождение содержит около 90 % мировых запасов цезия (поллуцит Cs_2O) и является крупным по танталу и литию. Эксплуатируется с 1969 г. подземным способом.

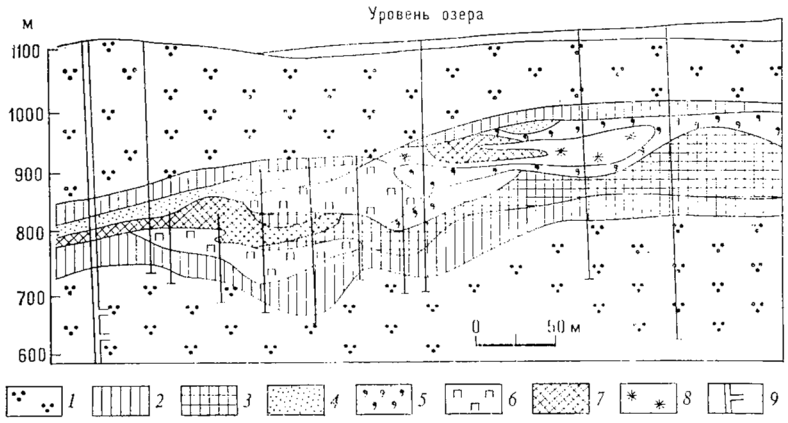


Рис. 1.32. Разрез главного пегматитового тела месторождения Берник-Лейк (по Р. А. Гроузу и П. Черны):
1 – амфиболиты; 2-8 – пегматиты: 2 – внешняя кварц-альбитовая зона с микроклин-пертитом и турмалином, 3 – нижняя промежуточная зона микроклин-пертит-кварц-альбитовая со сподуменом, 4 – линзы мелкозернистого альбита, 5 – верхняя промежуточная зона микроклин-сподуменовая с кварцем, 6 – внутренняя кварц-альбит-микроклин-пертитовая зона с бериллом, 7 – кварцевое ядро; 8 – поллуцитовая зона; 9 – шахта

Рудоносные вулканоструктуры

С рудоносными вулканическими постройками связаны многочисленные месторождения урана, золота, цветных и черных металлов.

П. Д. Яковлев выделяет пять основных структурных типов вулканических сооружений: 1) вулканические купола; 2) вулканические депрессии; 3) кальдеры; 4) линейные или трещинные вулканы; 5) поля развития субвулканических интрузивов и корневых частей вулканических аппаратов.

Г. Ф. Яковлев предлагает следующую классификацию вулканогенных структур рудных полей:

1) положительные вулканогенные структуры

А) вулканогенные поднятия;

Б) вулкано-купольные;

В) вулкано-биклинальные;

2) отрицательные вулканогенные структуры:

А) вулкано-тектонические депрессии;

Б) кальдеры;

В) межвулканические депрессии;

Г) скрыто-вулканические депрессии;

3) вулкано-корневые структуры.

Как правило, рудоносные вулканические постройки осложнены более поздними разрывными нарушениями и поясами даек регионального распространения. Оруденение локализовано как в благоприятных горизонтах вулканических покровов, в жерлах, субвулканических телах, а также в осложняющих постройку разломах и трещинах. Наиболее распространенными и значимыми из вулканогенных месторождений являются золото-серебряные, сурьмяно-ртутные, уран-сульфидные и медноколчеданные.

Золото-серебряное оруденение широко распространено на северо-востоке РФ, преимущественно в Магаданской области. К этой формации относится одно из крупнейших в России месторождение Кубака, такие крупные объекты как Карамкен, Многовершинное, Аметистовое, Агинское и другие, а также Блявинское на Южном Урале. Месторождения обычно приурочены к жерловым и околожерловым зонам локальных вулкано-тектонических структур центрального типа, вулкано-тектоническим грабенам и вулкано-купольным постройкам. Рудолокализующими являются фрагменты линейных и дуговых разломов, пучки сближенных разрывов, фрагменты региональных разломов и оперяющие их нарушения. Разрез месторождения Карамкен представлен на рис. 1.33 (Бен 3.4.5).

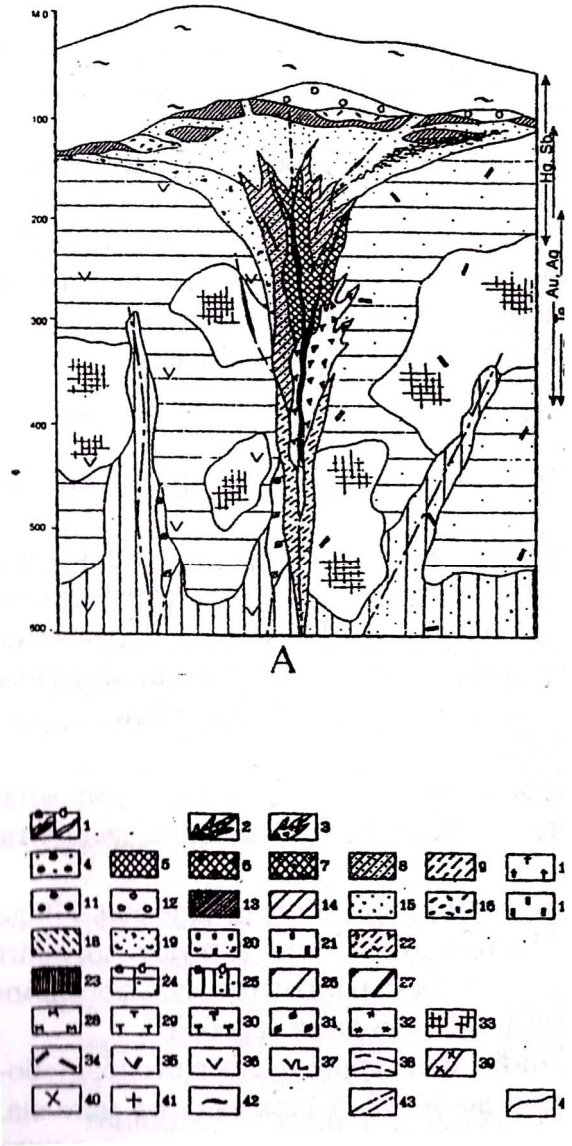


Рис. 1.33. Модель зональности золото-серебряного месторождения Карамкен (Магаданская обл.) [Бен]: 1 – жилы и прожилки: рудные (а), безрудные (б); 2-3 – предрудные изменения: 2 – зоны адуляр-кварц-сульфидного прожилкования, 3 – гидротермальные брекчии; 4-10 – околотрещинные метасоматиты: 4 – существенно кварцевые, 5 – адуляр-кварцевые, 6 – гидрослюдисто-адуляр-кварцевые, 7 – кварц-гидрослюдистые с адуляром, 8 – адуляр-кварц-гидрослюдистые со смектитом, 9 – существенно серицитовые или кварц-серицитовые с карбонатом, хлоритом, 10 – турмалин-кварц-мусковитовые; 11-22 – фации аргиллизитов – вторичных кварцитов: 11 – существенно кварцевая с сульфидами, 12 – монокварцевая, 13 – существенно каолинитовая, 14 – кварц-каолинит-диккитовая, 15 – существенно гидрослюдистая, 16 – алунит-кварцевая, 17 – диаспор-кварцевая, 18 – кварц-каолинит-пирофиллитовая; 19 – кварц-гидрослюдисто-смектитовая, 20 – кварц-смектит-хлоритовая, 21 – кварц-хлоритовая, 22 – гидрослюдисто-серицитовая со смектитами, кварцем, карбонатом, хлоритом; 23-27 – фации пропилитов: 23 – цеолит-хлоритовая, 24 (а) – карбонат-альбит-хлоритовая, 24 (б) – карбонат-альбит-серицитовая, 25 (а) – эпидот (пренит)-хлоритовая, 25 (б) – серицит-хлоритовая, 26 – эпидот-актинолит-альбитовая, 27 – роговообманково-биотит-эпидот-альбитовая; 28-33 – прочие изменения: 28 – муско – скарны, 32 – роговики, 33 – калишпатизация; 34-42 – исходные породы: 34 – игнимбриты, 35 – риолиты, риодациты, 36 – дациты, андезидациты, 37 – андезиты, 38 – андезибазальты, базальты, 39 – осадочные породы, 40 – дайки пестрого состава, 41 – габбродиориты, диориты, 42 – граниты, гранодиориты, 43 – разрывные нарушения, 44 – фациальные границы

Сурьмяно-ртутные вулканогенные месторождения известны на Чукотке в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. Наиболее крупное месторождение Пламенное приурочено к вулканическому куполу, сложенному горизонтально залегающими вулканическими покровами преимущественно кислого состава и прорывающими их субвулканическими телами и дайками андезитов и диоритовых порфиритов. Оруденение связано с системой разрывных нарушений северо-западного простирания, наложенных на вулканическую постройку.

Из группы уран-сульфидных месторождений четкий контроль со стороны вулканических структур имеют уран-молибденовые и уран-флюоритовые.

Уран-молибденовое оруденение отличается широким размахом, как в разрезе, так и по латерали, и может быть локализовано в любых вулканических фациях – гипабиссальной, субвулканической, жерловой, экструзивной и покровной. Так, месторождение Джедели (Казахстан) приурочено к палеокуполу, на крыльях которого залегают стратифицированные слоистые вулканические толщи, и расположено на его крыле (Рис. 1.34 Котляр 10.25). Рудное тело имеет почти пластовую форму и локализуется в слое скрытокристаллических риолитов сферолитовой структуры. Риолиты, по сравнению с другими породами, отличаются повышенной хрупкостью, и при тектонических деформациях вокруг сферолитов в них развиваются тектонические трещины, которые делают проницаемым и благоприятным для рудоносных растворов весь пласт. В других уран-молибденовых месторождениях руды располагаются в некках, преимущественно в их

зальбандовых частях. Весьма благоприятны для локализации урановых руд участки пересечения некков разломами и трещинами, вплоть до сплошного трещинного контроля.

Уран-флюоритовый тип представляют месторождение Мерисвейл в США, Стрельцовский рудный район в Забайкалье (Рис. 1.35). Рудные объекты контролируются отрицательными вулканоструктурами – вулканическими прогибами, вулканотектоническими депрессиями, выполненными вулканитами разного состава с преобладанием кислых разновидностей. Депрессии могут быть как грабенообразными, так и кальдерообразными, диаметром до 20 км и более. Оруденение наблюдается, как правило, в породах верхнего структурного этажа – в молодых активизационных впадинах. Вулканические постройки осложнены разрывными нарушениями, большей частью крутопадающими. К узлам пересечения внутрикальдерных разломов приурочены отдельные месторождения. Кроме крутопадающих, развиты пологие межслоевые (межформационные) срывы. Рудные тела локализованы в разломах и представляют собой крутопадающие жилы и пологие субпластовые тела. Иногда возникают их сочетания, в результате которых формируются крестообразные структуры.

Вулканогенно-осадочные медноколчеданные месторождения также контролируются вулканическими сооружениями, в первую очередь, депрессионного типа. Для подводного вулканизма наиболее распространенными являются кальдерные, межвулканические, межкупольные и склоновые депрессии. Для субаэрального вулканизма типичными являются кальдерно-озерные и кратерно-озерные впадины. Рудоотложение происходит в межпароксизмальные периоды. Поэтому, во-первых, рудные тела приурочены в вулканогенных толщах к горизонтам осадочных пород, фиксирующих эти перерывы; во-вторых, в связи с многофазными проявлениями вулканизма характерным является наличие многоэтажных (многоярусных залежей). На рис. 1.36 представлен разрез уральского медноколчеданного месторождения Юбилейное, приуроченного к биклинальной вулканоструктуре (ГФЯ 69).

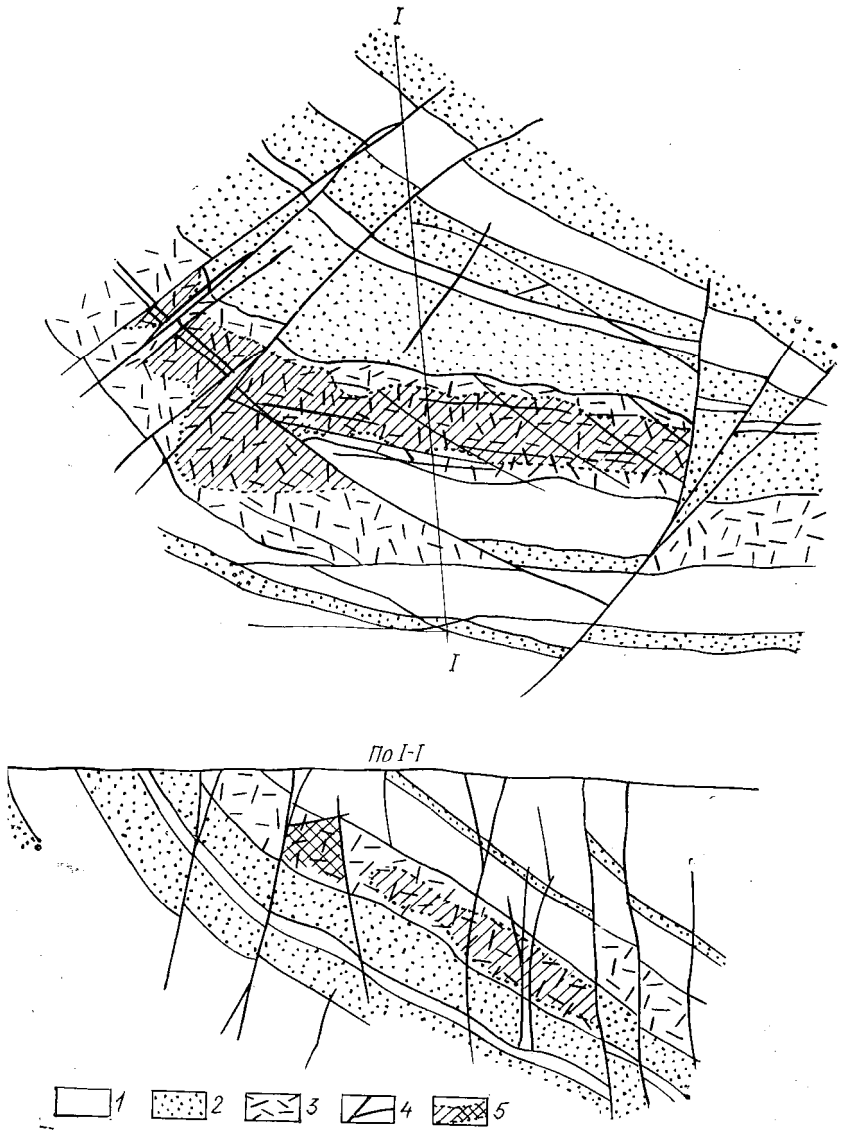


Рис. 1.34. Урановое оруденение в сферолитовых риолитах
(по Н. П. Лаверову):
1 – порфировые базальты и их туфы; 2 – песчаники; 3 – сферолитовые туфолавы фельзитовых риолитов; 4 – разрывы; 5 – рудные тела и обогащенные участки

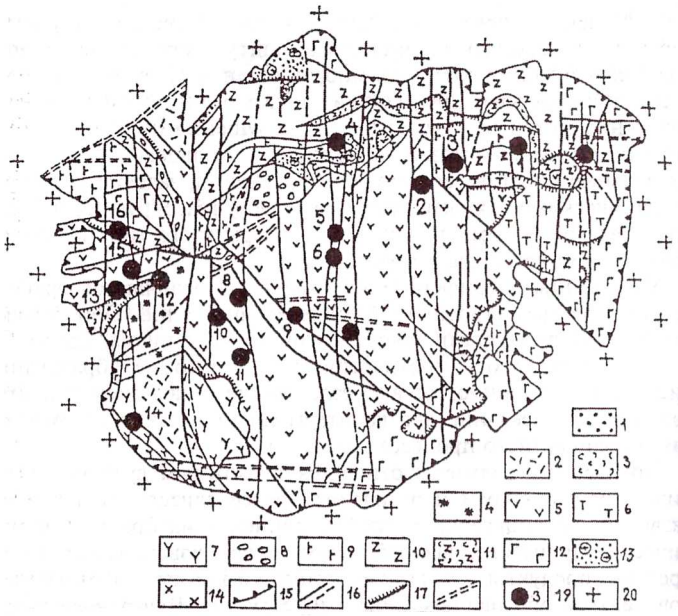


Рис. 1.35. Схема геологического строения Стрельцовского рудного поля (по Л. П. Ищуковой):
1 – песчаники, алевролиты, гравелиты; 2 – риолиты и их лавобрекчии покровной фации; 3 – туфы кислого состава; 4 – сферолитовые риолиты; 5 – фельзиты; 6 –трахибазальты, андезиты; 7 – риолиты; 8 – конгломераты; 9 – базальты и их лавовые брекчии – средний покров; 10 – трахидациты нижнего покрова; 11 – туфолавы; 12 – базальты нижнего покрова; 13 – базальные конгломераты; 14 – диориты; 15 – разломы, ограничивающие кальдеру; 16 – крутопадающие разломы; 17 – пологопадающие нарушения; 18 – предполагаемые разломы; 19 – урановые месторождения: 1 – Широндукуйское, 2 – Стрельцовское, 3 – Антей, 4 – Октябрьское, 5 – Лучистое, 6 – Мартовское, 7 – Мало-Тулукуевское, 8 – Тулукуевское, 9 – Юбилейное, 10 – Весеннее, 11 – Новогоднее, 12 – Пятилетнее, 13 – Красный Камень, 14 – Юго-Западное, 15 – Жерловое, 16 – Аргунское, 17 – Восточно-Широндукуйское; 20 – породы фундамента

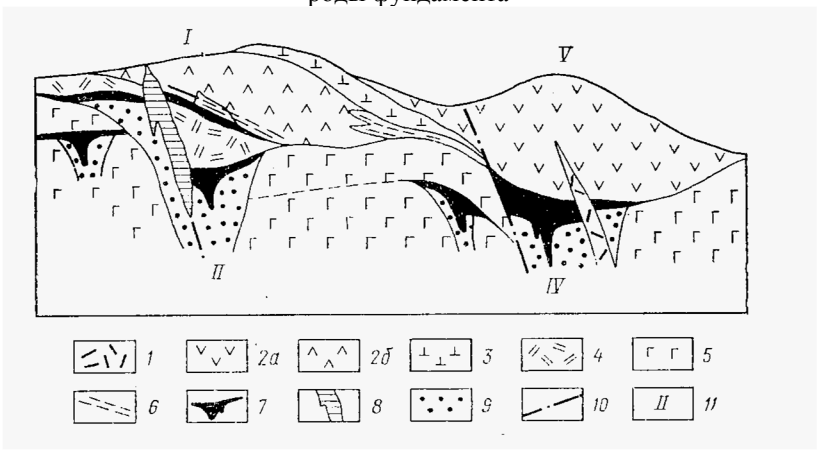


Рис. 1.36. Вулкано-биклинальная структура медноколчеданного месторождения Юбилейное (по О. В. Мининой). Палеовулканическая реконструкция (разрез):
1 – субвулканические порфировые риодациты; 2 – дацитовые толщи (*а* – верхняя, *б* – нижняя); 3 – верхняя базальтовая толща; 4 – андезидацитовая толща; 5 – нижняя базальтовая толща; 6 – пачка вулканомиктовых пород; 7, 8 – медноколчеданные залежи: 7 – преимущественно гидротермально-осадочные, 8 – гидротермально-метасоматические, 9 – серицитолиты с прожилково-вкрапленной пиритовой минерализацией; 10 – разломы; 11 – номера рудных залежей

Контрольные вопросы к разделу

1. Дайте определение понятий «рудное поле», «структура рудного поля»
2. Что такое рудоконтролирующие факторы?
3. Перечислите основные тектонические свойства горных пород
4. Охарактеризуйте свойства главных породообразующих минералов
5. Укажите основные группы горных пород по тектоническим свойствам

6. Охарактеризуйте модель куба деформаций горных пород
7. Назовите генетические типы разломов и трещин
8. Охарактеризуйте распределение напряжений вдоль разломов
9. Назовите главные кинематические типы разломов
10. Охарактеризуйте оперяющие разломы и трещины
11. В чем причины преломления и волнистости разломов?
12. Опишите механизм приоткрывания граней разломов
13. Назовите основные генетические типы складок
14. Как формируются складки в жестких породах?
15. Как формируются складки в пластичных породах?
16. Как формируются складки в разнородных пластах?
17. Охарактеризуйте рудоносные тела гипербазитов и базитов
18. Охарактеризуйте рудоносные плутонические тела среднего и кислого состава
19. Опишите рудоносные вулканоструктуры

Тема 2. Геолого-структурные типы рудных тел

Структурная классификация рудных тел основана на их взаимоотношениях с вмещающими породами и структурами. По этому признаку все рудные тела делятся на 4 типа: согласные, секущие, контактовые и сложные, или комбинированные. Внутри типов выделяются классы по характеру деформаций вмещающих пород и виды по условиям рудообразования.

Согласные рудные тела

Согласными называются рудные тела, границы которых параллельны границам вмещающих пород, то есть залегающие согласно с ними (Рис. 1.37). К этому типу, в первую очередь, относятся пластовые руды осадочных месторождений. Согласными являются также рудные тела остаточных месторождений в корах выветривания площадного типа, хотя они, как правило, не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования.

Согласные рудные тела характерны и для большинства метаморфизованных месторождений, образовавшихся при метаморфизме первично осадочных залежей.

Согласные залежи могут формироваться и в процессах эндогенного рудообразования. Так, собственно магматические месторождения, приуроченные к расслоенным интрузиям, имеют согласную пластообразную форму, обусловленную процессами псевдостратификации магмы.

Рудные тела гидротермальных месторождений наиболее разнообразны. Среди них также встречаются согласные залежи, которые относятся к четырем классам: 1) тела избирательного замещения; 2) тела экранирования; 3) тела в отслоениях деформированных пластов; 4) сложные тела.

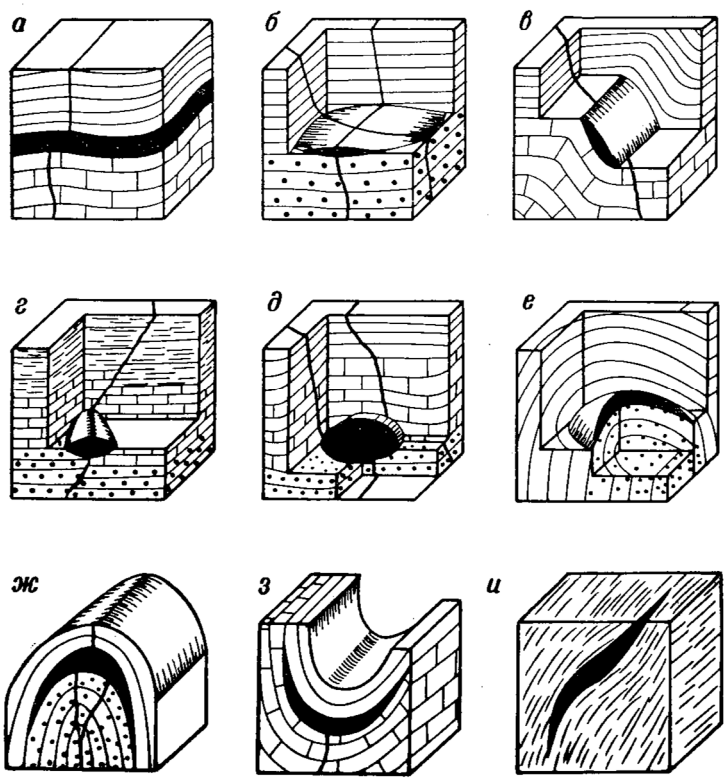


Рис. 1.37. Согласные рудные тела [КШ]:
а – рудный пласт; *б* – рудная залежь; *в* – рудная лента; *г* – брусковидное тело; *д* – рудное гнездо; *е* – куполовидная залежь; *ж* – седловидная залежь; *з* – корытовидная залежь, *и* – флексурная линза

Тела избирательного замещения

Рудные *тела избирательного замещения* образуются в проницаемых, слабо дислоцированных пластах, обладающих достаточной пористостью и химической активностью при взаимодействии с рудообразующими растворами. Химически инертные и слабо проницаемые сланцы, особенно глинистые, наименее благоприятны для замещения. Песчаники и конгломераты, хорошо проницаемые для растворов, более благоприятны к замещению рудами. Известняки легче других пород подвергаются метасоматозу под воздействием рудоносных растворов.

Избирательным замещением рядом исследователей объясняется образование стратиформных руд, в частности, медистых песчаников Джезказганского месторождения (Рис. 1.38). Джезказганская свита карбона состоит из чередующихся алевролитов и песчаников с карбонатным цементом. Отдельные горизонты известковистых песчаников замещались борнитом и халькопиритом, вытеснявшими карбонатный цемент с возникновением типичной цементационной структуры, в которой песчаники цементируются рудными минералами. Отметим, что распространена также точка зрения о первично осадочном происхождении медистых песчаников и других стратиформных месторождений.

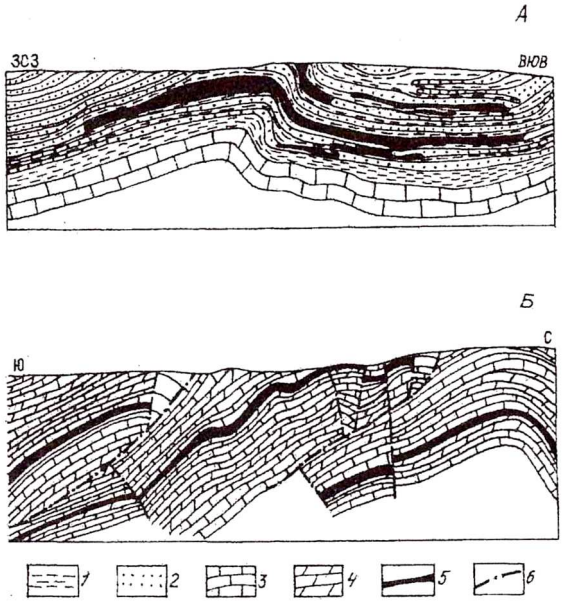


Рис. 1.38. Схематические геологические разрезы стратиформных месторождений: *А* – Джезказганского медистых песчаников (по материалам Джезказганской ГРЭ); *Б* – Миргалимсайского полиметаллического (по материалам Миргалимсайской ГРП): 1 – красноцветные песчаники, алевролиты; 2 – рудоносные сероцветные песчаники, алевролиты; 3 – известняки; 4 – доломиты; 5 – рудные тела; 6 – тектонические нарушения

Тела экранирования

Тела экранирования размещаются под экраном, который создается пластами трудно проницаемых пород, покрывающих более проницаемые.

Явление экранирования растворов свойственно любому комплексу слоистых осадочных и осадочно-метаморфогенных пород, так как поверхности наслоения всегда отклоняют по восстанию движение восходящих растворов. Однако, способность к экранированию у разных пород резко различна. Пористые и трещиноватые, легко проницаемые породы почти не экранируют растворы. У плотных глин, набухающих при пропитывании водой, способность к экранированию самая высокая. Роль активных экранов обычно играют толщи, пласты и прослои в той или иной степени метаморфизованных глинистых сланцев.

Экраны задерживают растворы и заставляют их двигаться вдоль поверхности экрана, замедляют их движение и способствуют прохождению химических реакций и, как следствие, отложение рудного вещества. Чем ближе положение экранирующей поверхности к горизонтальному, тем сильнее может проявиться действие экрана. Крутопадающие экраны меньше влияют на движение восходящих растворов. Классическим примером тел экранирования являются золото-сульфидные месторождения района

Блэк-Хиллс в США, штат Ю. Дакота (Рис. 1.39). В основании разреза здесь находятся древние сланцы, на которых залегают кварциты и доломиты, перекрываемые алевролитами, которые играют роль экрана. Рудоносные растворы растекаются под экраном в пласте доломитов и вступают с ними в реакцию, результатом которой являются тела золото-сульфидных руд.

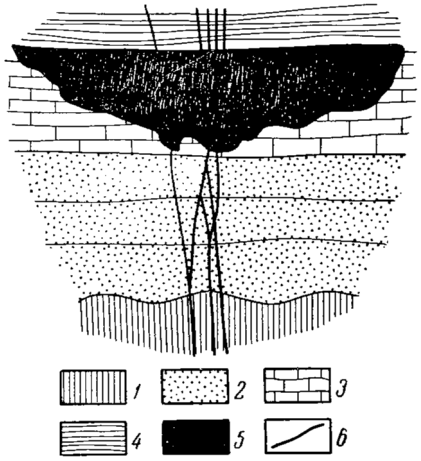


Рис. 1.39. Замещение доломитов рудой, растекающейся под экраном сланцев. Месторождение Блэк Хилс (по В. Линдгрену):
1 – древние сланцы; 2 – кварциты; 3 – доломиты; 4 – алевролиты; 5 – руда; 6 - трещины

Тела в отслоениях деформированных пластов

Тела в отслоениях деформированных пластов залегают, главным образом, в малых складчатых формах, развивающихся в свитах пластов неоднородного состава. Среди них выделяются 3 разновидности: 1) простые седловидные и линзовидные залежи, 2) тела, связанные с избирательным дроблением и оруденением отдельных пластов в складках, 3) внутрипластовые зоны дробления.

Простые седловидные и линзовидные залежи возникают в сланцах разного состава. При изгибах пластов с разными свойствами образуются седловидные полости. Рудоносные растворы проникают в полости по пересекающим пласты трещинам. Рудообразование происходит путем заполнения пустот, реже замещения, особенно в известняках. Наибольшей мощности седловидные залежи достигают в своде складки – до 5-7 м; на крыльях мощность быстро убывает. Ширина залежей составляет десятки метров, длина – до 1 км и более. Классический пример седловидных жил – рудные тела месторождения золота Бендиго в Австралии (см. рис. 1.20). Здесь в мощной толще нижнего силура, состоящей из чередующихся тонких (1-3 м) пластов глинистых сланцев и песчаников, смятых в узкие крутые складки, развиты оруденелые отслоения между слоями.

Тела избирательного дробления наиболее распространены среди тел отслоения. Оруденение чаще всего локализуется в известняках, доломитах, песчаниках и конгломератах. Обломочные породы высокопроницаемы и легко поддаются дроблению. В них чаще всего образуются типичные прожилковые руды, подчиненные многочисленным мелким трещинам. В результате замещения возникает вкрапленность в мелких блоках между трещинами, и руды приобретают прожилково-вкрапленный характер. Именно в этом типе тел известны наиболее мощные – до 10-20 м и более рудные залежи.

В химически активных карбонатных породах развиваются большей частью метасоматические рудные залежи, как вкрапленные, так и массивные.

В первую очередь, оруденение захватывает часть пласта, прилегающую к выпуклым участкам изгиба складки, испытывающим максимальное растяжение. При этом образуются линзообразные и гнездообразные тела. Далее оруденение распространяется на всю сводовую часть складки. Наконец, при наиболее интенсивном рудообразовании, оруденение охватывает весь объем пласта и формируются внутрипластовые зоны дробления.

В Никитовском рудном поле (Украина) оруденение располагается в куполообразных брахиантиклиналях и подчинено отдельным пластам хрупких крупнозернистых песчаников и кварцитов, залегающих между сланцами и подвергшихся массовому дроблению (см. рис. 1.22). Рудные минералы выполняют многочисленные мелкие трещины, пересекающиеся в разных направлениях.

На Бакальском железорудном месторождении в Челябинской области оруденение распространено в трех параллельных антиклиналях, сложенных переслаивающимися осадочными породами нижнего девона. Оно приурочено к пластам доломитов, залегающим между сланцами и кварцитами. Рудные тела вытянуты по простиранию складок и имеют метасоматический характер.

Четкий литологический контроль рудной минерализации дает основание многим исследователям относить рассмотренные месторождения, как и медистые песчаники, к первично осадочному типу.

Сложные тела

Наконец, сложные рудные тела возникают при сочетании избирательного замещения, экранирования и отслоения. Характерный пример сложных тел представляют собой полиметаллические месторождения Лениногорского района Рудного Алтая, в особенности Сокольное и Риддерское. Здесь известково-глинистые сланцы играют роль экрана, а в малых складках отслаиваются от нижележащих туфов. Хрупкие и пористые агломератовые туфы легко подвергались массовому дроблению. Под сланцевой покрышкой сосредоточены залежи массивных руд экранирования, в малых антиклинальных складках – тела отслоения, а в толще туфов – мощные прожилково-вкрапленные руды.

Секущие рудные тела

К секущим относятся рудные тела, границы которых пересекают границы вмещающих пород (Рис. 1.40). Как правило, секущие рудные тела подчинены разрывным нарушениям, пересекающим поверхности наслоения и другие структурные элементы слоистых массивных пород. Данный тип охватывает, главным образом, крутопадающие рудные жилы, возникающие путем заполнения пустот и замещения в процессе гидротермального рудогенеза.

Реже секущие тела формируются в магматических месторождениях. Так для ликвационных медно-никелевых руд Норильского района характерны секущие жилообразные тела, сформировавшиеся при отжиме еще не застывшего рудного расплава в образующиеся трещины (Рис. 1.41).

Секущие рудные тела имеют большое практическое значение. К этому типу принадлежат такие объекты, как крупнейшее в мире месторождение меди Чукикамата в Чили, жильные месторождения золота, полиметаллов, урана и др.

Выделяется 3 главных класса секущих рудных тел: 1) тела в простых трещинах, 2) тела в сложных разломах, 3) тела в вулканических каналах.

Первые два класса имеют много общих черт, в связи с чем целесообразно рассмотреть их совместно.

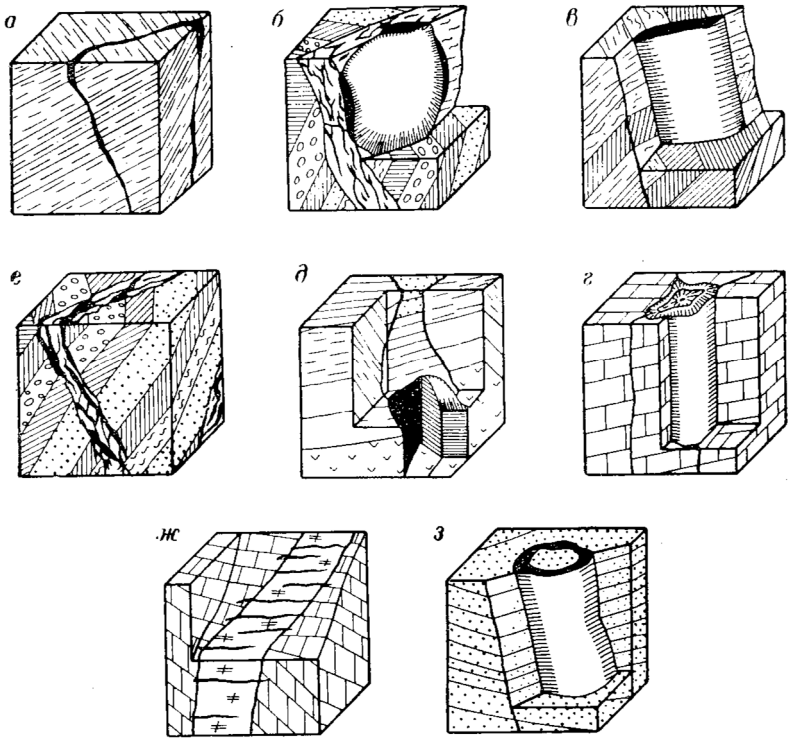


Рис.1.40. Секущие рудные тела [КШ]:
а – жила; *б* – рудный диск; *в* – рудный столб; *г* – трубчатая жила сплошная; *д* – шток; *е* – сложная жила; *ж* – лестничные жилы; *з* – трубчатая жила кольцевая

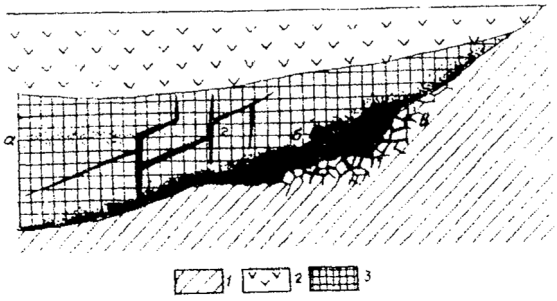


Рис. 1.41. Морфогенетические типы рудных тел ликвационных медно-никелевых месторождений (по В. И. Смирнову):
А – висячие вкрапленники; б – донные массивные залежи; в – приконтактовые брекчиевидно-цементные руды; г – жилы; породы: 1 – подстилающие; 2 – перекрывающие, 3 – вмещающие габброиды

Тела в трещинах отрыва

В зависимости от механизма рудоотложения ***тела в разломах и трещинах*** образуют четыре вида: а) тела в трещинах отрыва, б) тела в искривлениях трещин скалывания, в) тела в сопряжениях и разветвлениях трещин, г) тела в пересечениях трещин.

Рудные *тела в отрывах* возникают при нормальном приоткрывании разломов и трещин чаще всего в результате уменьшения объема интрузивных массивов в процессе их застывания. Характерными чертами всех трещин отрыва являются небольшая протяженность (десятки или первые сотни метров), крутое падение, волнистый характер поверхности, независимость мощности приоткрывания от элементов залегания. Следствием этих особенностей является относительно равномерное распределение оруденения. Величина приоткрывания по мощности в трещинах отрыва обычно незначительна и не превышает 1 м. Но за счет проработки пород в стенках и наличия систем параллельных трещин общая мощность метасоматического оруденения увеличивается до нескольких метров.

Таким образом, в трещинах отрыва образуются извилистые метасоматические жилы, образовавшиеся путем метасоматического замещения. Оруденение обычно име-

ет максимальную мощность в средних частях и уменьшается к краевым частям, постепенно выклиниваясь.

Более поздние перемещения осложняют распределение мощностей приоткрывания и усложняют форму рудных тел.

Тела в трещинах скалывания

Рудные *тела в трещинах скалывания* образуются при косом перемещении пород вдоль поверхности сместителя. Руды локализуются в приоткрываниях, возникающих в искривлениях поверхности скола и характеризуются резкими изменениями мощности оруденения.

Среди рудных тел в трещинах скалывания различают три морфологических группы: рудные диски, рудные столбы и промежуточная форма – удлиненные рудные диски или укороченные рудные столбы. Между рудными столбами или дисками на сжатых или несущих гранях располагаются безрудные части жилы.

По положению в пространстве земной коры рудные столбы могут быть горизонтальными, вертикальными или наклонными. Горизонтальные рудные столбы, или рудные ленты, возникают в результате вертикальных перемещений – сбросов или взбросов, не осложненных сдвиговой составляющей. Вертикальные рудные столбы являются следствием чисто сдвиговых деформаций. Наиболее распространены наклонные рудные столбы, образующиеся при косых смещениях типа сдвиго-сбросов или сдвиго-взбросов.

Размещение приоткрываний в зависимости от направления смещения вдоль разлома рассматривалось выше в разделе 1.4.

В заключение отметим, что смещения по разломам, как известно, могут происходить неоднократно. В таких случаях возможно также несколько этапов рудообразования. Наиболее распространено явление, которое обозначается в тектонофизике понятием релаксации. После снятия тектонических напряжений, вызвавших перемещение по разлому, под действием упругих сил вдоль сместителя часто наблюдаются движения противоположного направления. Тогда функции зажатых и приоткрытых граней меняются местами, и оруденение размещается уже иначе. Так как абсолютно упругих горных пород нет, то смещения второго этапа и связанная с ними минерализация проявляются в меньшей степени, чем на первом этапе.

Тела в сопряжениях и разветвлениях трещин

Тела в сопряжениях и разветвлениях трещин чаще всего связаны с дроблением пород и локализуются в острых углах между трещинами.

Под сопряжением понимается соединение двух трещин под острым углом. Оно часто связано с развитием трещин оперения. Сопряженные трещины широко представлены в сложных разломах, состоящих из серии сближенных или одиночных разрывов, осложненных оперяющими их более мелкими нарушениями.

Участки сопряжения трещин благоприятны для размещения оруденения. Но их нужно отличать от концевых частей разломов, где часто наблюдаются их разветвления на два и более мелких. В разветвлениях разломов оруденение встречается редко. Осложнение сколовых трещин оперяющими приводит к образованию клиновидных подвижных блоков. При косых смещениях вдоль поверхности обеих трещин эти блоки легко подвергаются массовому дроблению и оруденению. Рудные тела в клиновидных блоках располагаются на некотором расстоянии от сопряжения, в области растяжения пород. В гранитоидах мощность зоны дробления в основании клина достигает 4 м, а местами и 8-10 м. В массивных известняках мощность вкрапленных руд может быть до 10-12 м. Длина клиновидных рудных столбов по простиранию в лучшем случае составляет десятки метров.

Сопряжения трещин могут происходить как по простиранию главной трещины – при сдвиговых смещениях, так и по падению – при сбросах и взбросах. Чаще всего они развиваются косо по отношению к простиранию и падению. Положение рудного столба в геологическом пространстве устанавливается геометрически как след пересечения поверхностей сопряженных трещин.

Система оперения разлома нередко осложняется развитием многократно ответвляющихся трещин, в результате чего возникают узкие блоки, легко подвергающиеся дроблению. Такие блоки рассматриваются как сложные разломы.

Классический пример оруденелого сложного разлома – рудное поле Бьютт в США (штат Монтана), где главная рудная жила имеет структуру «конского хвоста», образованного сложной системой оперения меднорудных жил (Рис. 1.42).

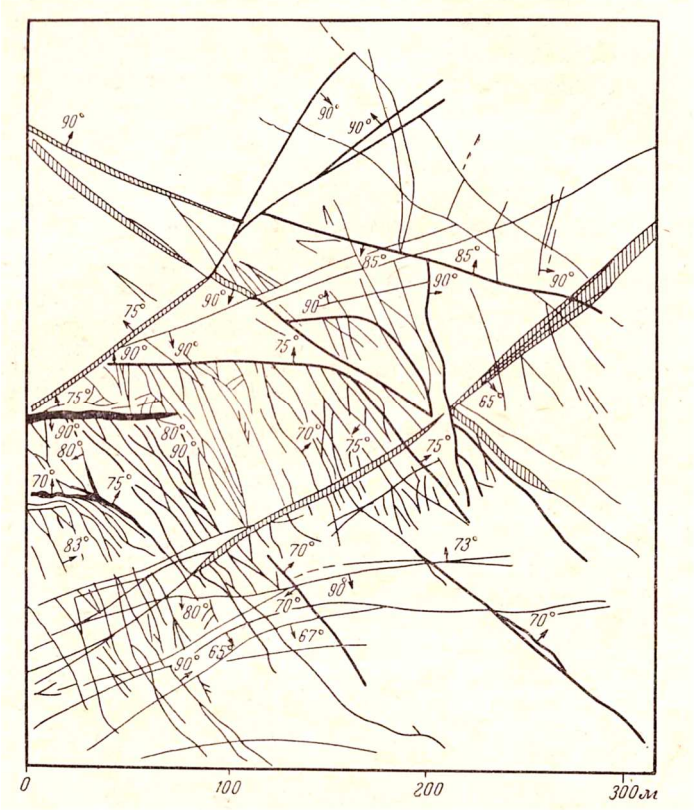


Рис. 1.42. Структура «конского хвоста». Жила Колюза-Леонард, месторождение Бьютт, штат Монтана (по А. М. Бэтману)

Особенности появления оперяющих трещин рассматривались, в общем виде, в разделе 1.4.8. Они определяются ориентировкой главной трещины и свойствами вмещающих пород. Если трещины вертикальные ил крутые, то оперяющие отрывы возникают как в висячем, так и в лежачем боку. Если угол падения трещины меньше 75°, то оперяющие отрывы появляются преимущественно в висячем боку, напряжения в котором более сильные. Эта закономерность выражается тем ярче, чем меньше угол падения.

В хрупких однородных породах оперяющие трещины отрыва возникают на притертых несущих гранях. В плане они параллельны приоткрытым граням основной трещины.

В более пластичных породах появляются оперяющие трещины скалывания. Они развиваются от приоткрытых граней и параллельны несущим граням исходного разрыва.

В промежуточных случаях возможно совместное образование сколов и отрывов. В результате образуются узкие линзообразные блоки выкалывания. Эти блоки нередко подвергаются массовому дроблению, приобретают повышенную проницаемость и бла-

гоприятны дл локализации оруденения. Рудные минералы заполняют мелкие трещины или образуют вкрапленники.

Этот механизм характерен для месторождений порфирового типа. Уникальное месторождение медных руд Чукикамата в Чили представляет собой типичный сложный разлом. В массиве порфировидных гранитов проходит широкая зона разломов. Здесь развиты косые трещины отрыва, осложненные оперяющими отрывами и сколами до образования мощной зоны рассланцевания (Рис. 1.43).

Тела в пересечениях трещин

Тела в пересечениях трещин по механизму формирования сходны со схемой сопряженных.

Трещины могут пересекаться под разными углами, но чаще всего это углы от 60 до 90°. Дробление и оруденение пород происходит как непосредственно в зонах пересекающихся трещин, так и в клиновидных блоках между ними. Оруденение распространяется на несколько метров, иногда на несколько десятков метров от пересечения.

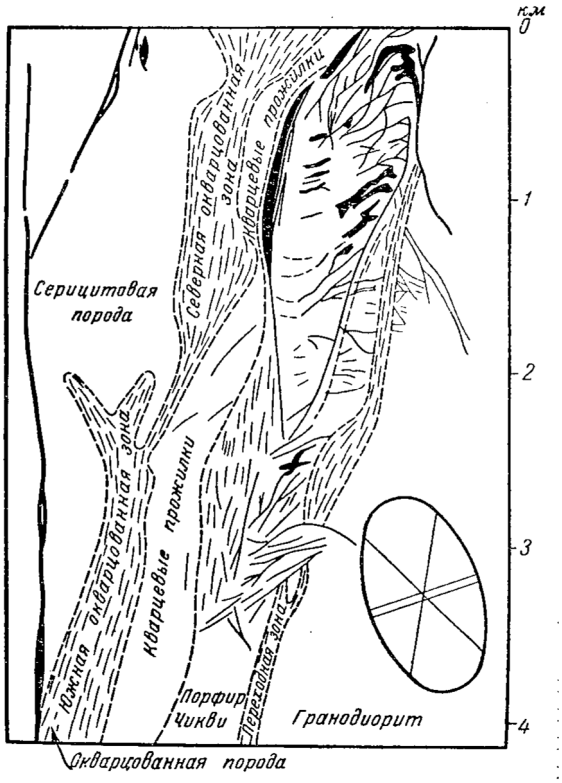


Рис. 1.43. Строение сложного разлома Чукикамата (по А. М. Бэтману):
рудные тела показаны черным цветом

Поперечные сечения рудных столбов, образующихся в пересечении разломов, своеобразны: изометричные, треугольные, крестообразные, Т-образные, Г-образные (Рис. 1.44). На глубину рудные столбы прослеживаются на расстояние, во много раз превышающее их размеры по простиранию.

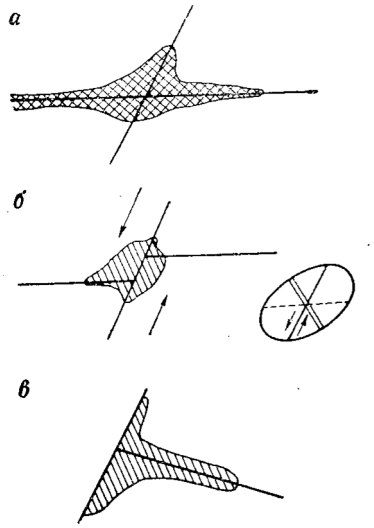


Рис. 1.44. Пересечения трещин [КШ]:
полное без смещения (*а*), полное со смещением (*б*), ограниченное (*в*):
штриховкой показаны возможные формы рудных столбов в поперечном сечении

Тела в вулканических каналах

Тела в вулканических каналах включают две группы: а) тела в вулканических жерлах и б) тела в трубках взрыва.

К вулканическим жерлам часто приурочены золото-серебряные и сурьмяно-ртутные месторождения, распространенные в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса, описанные выше. С трубками взрыва сопряжены раннемагматические месторождения алмазов кимберлит-лампроитовой формации, развитые в ЮАР, Австралии, России. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» представлены на рис. 1.45.

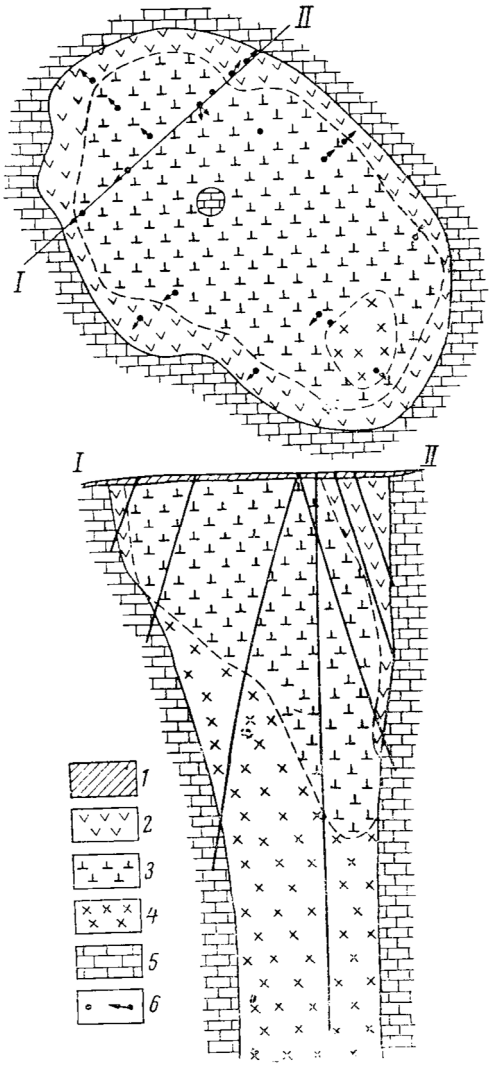


Рис. 1.45. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» (по А. Бобриевичу и др.):
1 – наносы; 2 – измененный куимберлит (желтый); 3 – измененный кимберлит (зеленый); 4 – малоизмененный кимберлит; 5 – карбонатные породы нижнего ордовика; 6 – скважины

Контактовые рудные тела

Роль интрузивных контактов в рудообразовании

В этот тип входят рудные тела, которые подчиняются поверхности интрузивного контакта изверженных пород с вмещающими их горными породами (Рис. 1.46). Оруденение может размещаться непосредственно в зоне контакта, в интрузивных породах (эндоконтактовые тела) и в породах кровли (экзоконтактовые тела).

Большая часть контактовых рудных тел имеет эндогенное происхождение. Из экзогенных месторождений к рассматриваемой группе относятся рудоносные коры выветривания контактового типа.

Частным случаем контактовых тел являются рудные залежи скарновых месторождений. Здесь ведущим рудоконтролирующим фактором является различие минерального и химического состава пород, соприкасающихся в контакте. Согласно теории Д. С. Коржинского, признаваемой большинством исследователей, скарновые тела представляют собой продукт биметасоматического обмена силикатных и карбонатных пород, протекающего под действием высокотемпературных растворов.

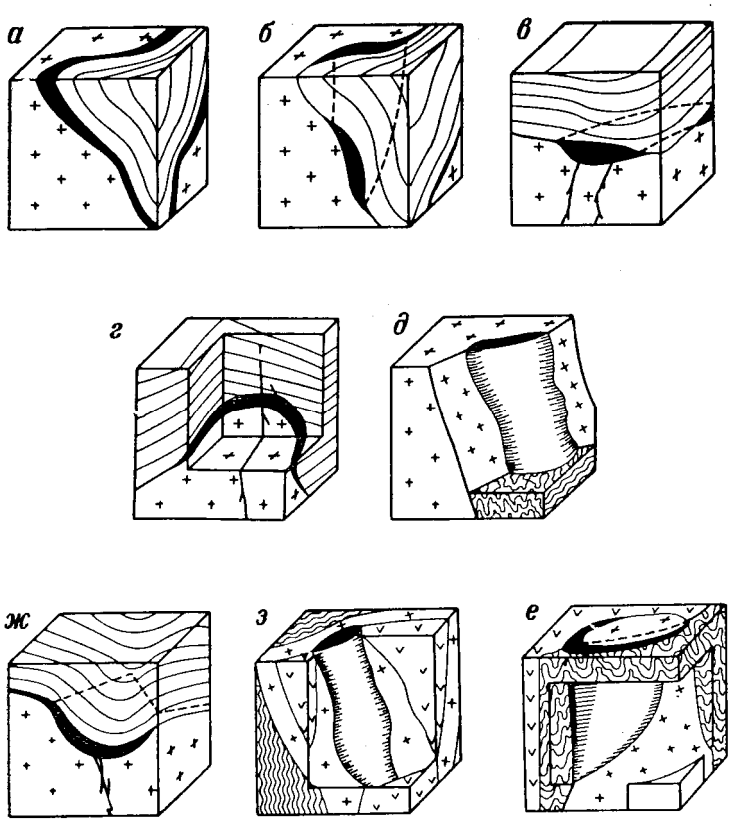


Рис. 1.46. Контактовые рудные тела [КШ]:
а – контактовая пластообразная рудная залежь; *б* – контактовая рудная залежь; *в* – контактовая рудная лента; *г* – контактовая куполовидная залежь; д – контактовый рудный столб; *е* – обертывающая контактовая жила; *ж* – контактовая корытовидная залежь; *з* – дайковый рудный столб

Контактовые рудные тела также нередко образуются в типичных гидротермальных условиях. Поверхность контакта представляет собой структурный шов – поверхность раздела двух сред с разными физическими и химическими свойствами. Контакт – это всегда ослабленная зона, вдоль которой тектонические деформации проходят в первую очередь. Поверхность контактов легче подвергается скалыванию или разрыву, чем сами контактирующие породы. Поэтому вдоль контактов происходит смещение, дробление и приоткрывание. Как и разломы, контакты служат путями движения рудоносных растворов и местом их разгрузки.

Локализация оруденения в контактовых зонах зависит, в первую очередь, от морфологии, или рельефа контактовой поверхности. По отношению к залеганию вмещающих пород выделяются согласные и секущие интрузивные контакты. В согласных контактах условия деформации пород и движения растворов аналогичны пластам осадочных и метаморфических пород, в секущих – аналогичны трещинам и разломам.

Особое значение имеет угол падения контактовой поверхности. Вертикальные и крутые контакты легко пропускают растворы и дают возможность им свободно перемещаться. Размещение руд в крутых контактах определяется условиями приоткрывания, как и для секущих трещин и разломов при косом смещении.

В горизонтальные или пологие контакты растворы проникают из секущих структур и движутся вдоль контактовой поверхности в направлении восстания до пересечения с другим секущим разломом. Породы кровли могут оказывать экранирующее воздействие на растворы, и тогда могут образоваться тела экранирования. Рудные тела также возникают в участках развития дробления пород контактовой зоны.

Волнистость контактов обычно сложнее, чем волнистость разломов, и зависит от разных причин: свойств вмещающих пород, их трещиноватости, условий залегания.

Одни породы легко замещаются или ассимилируются расплавом, другие, наоборот, задерживают продвижение магмы. В соответствии с этим в секущих контактах трудно ассимилируемые породы образуют уступы и крутые участки, а легко ассимилируемые – впадины и отлогие участки контактовой поверхности.

Трещиноватые породы всегда более проницаемы для расплава, чем монолитные. Каждая трещина, в особенности приоткрытая, проводит горячие газы, растворы и расплавы в массу породы, в результате чего ассимиляция и магматическое замещение вдоль трещин усиливаются.

В пологих контактах волнистость в значительной мере определяется формой складок во вмещающих породах. В антиклиналях горные породы разгружены от давления и нарушены, они легче ассимилируются и замещаются расплавом, чем в синклиналях. Так создаются подобные контакты, повторяющие своими очертаниями складчатость вмещающих пород.

Различают 5 характерных типов интрузивных контактов:

1) контакты с эндоконтактовыми явлениями: ассимиляция, перекристаллизация – уменьшение зерен породообразующих минералов, текстуры течения, ксенолиты и пр.;
2) контакты с инъекционными явлениями: послойным проникновением магматического материала во вмещающие породы, мигматитами;
3) контакты с экзоконтактовым ореолом термального метаморфизма: мраморы, роговики и другие метаморфические породы;
4) контакты без существенных изменений;
5) контакты с проявлениями метасоматоза: скарнирование, окварцевание, серицитизация и др.

Первые два типа характеризуются жесткостью и неподатливостью деформациям, три последних, наоборот, отличаются зонами повышенной хрупкости вдоль контактовой поверхности и благоприятны для рудоотложения.

Контактовые рудные тела образуют три класса: 1) тела в согласных контактах; 2) тела в секущих контактах и 3) тела в дайках и их контактах.

Рудные тела в согласных интрузивных контактах

Размещение оруденения в согласных контактах зависит от разных факторов. Большое значение имеет сокращение объема пород при остывании, в результате чего образуются контракционные трещины. Кроме того, залегая среди осадочно-метаморфогенных пород, интрузивы представляют собой более хрупкую среду, чем их окружение. Поэтому при деформациях в них развивается дробление и образуются локальные отслоения интрузива от покрывающих пород. Трещины, участки дробления и отслоения весьма благоприятны для рудоотложения.

К согласному интрузивному контакту приурочено месторождение шеелита Ингички в Узбекистане. Скарноворудные тела здесь представлены пологими корытовидными залежами, приуроченными к прогибам контактовой поверхности, в то время как выпуклые ее части остались безрудными (Рис. 1.47).

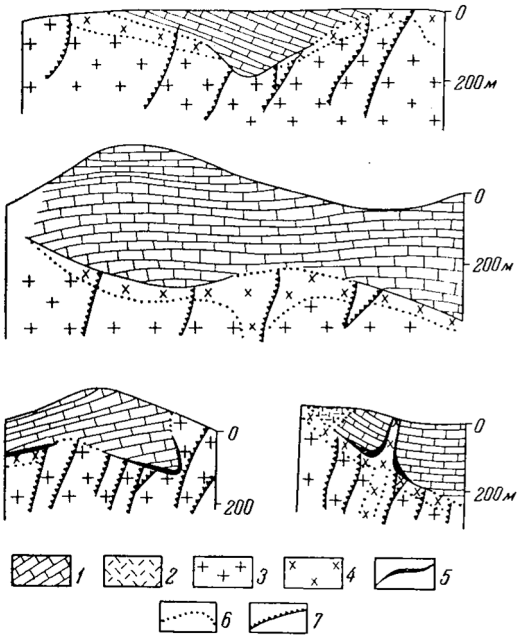


Рис. 1.47. Размещение скарновых тел месторождения Ингички (по Н. Д. Ушакову). Разрезы:
1 – мрамор; 2 – доломит; 3 – гранит биотитовый; 4 – гранит аляскитовый; 5 – скарновые тела; 6 – непродуктивные контакты; 7 – подводящие каналы

Рудные тела в секущих интрузивных контактах

Локализация рудных тел в секущих интрузивных контактах подчиняется тем же закономерностям, что описаны выше для разломов. Главную роль здесь играет чередование зажатых и приоткрытых граней. При этом, чем сильнее волнистость контакта, тем более благоприятны условия для приоткрывания и рудообразования. Плоские ровные участки контакта значительно реже вмещают рудную минерализацию, чем извилистые.

Так на медно-скарновых месторождениях Турьинских рудников на Урале рудные тела располагаются в участках контакта, вогнутых в сторону интрузива (Рис. 1.48).

Другая важнейшая особенность гидротермального рудообразования состоит в том, что массовое дробление с развитием прожилково-вкрапленных руд происходит в апикальных и периферийных частях, а также в узких куполовидных выступах интрузивов.

Например, на медно-молибденовом месторождении Алмалык в Узбекистане шток кварцевых порфировых риолитов почти не испытал дробления и не содержит рудных тел, в то время как вся рудная минерализация локализуется в раздробленной контактовой части массива.

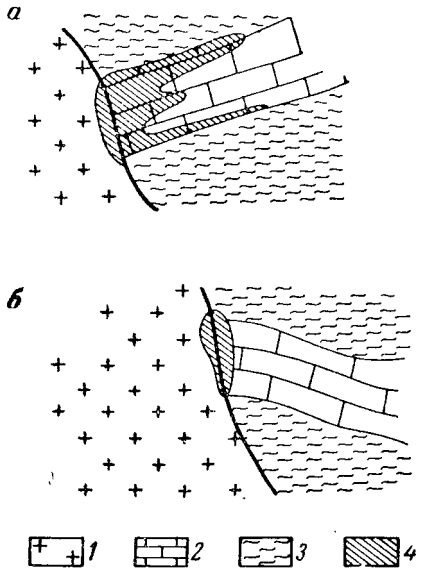


Рис. 1.48. Формы скарновых тел в секущих контактах гранодиоритов с известняками и сланцами в зависимости от условий залегания известняков. Разрезы [КШ]:

1 – гранодиориты; 2 – известняки; 3 – скарны

Рудные тела в дайках и их контактах

Дайки заполняющие приоткрытые участки трещин скалывания. Они представляют собой неоднородность геологической среды и поэтому благоприятны для развития деформаций. Как правило, породы, слагающие дайки, более хрупкие, чем вмещающие осадочно-метаморфогенные толщи, в связи с чем они легко подвергаются дроблению и последующему рудоотложению.

Самое известное месторождение, рудные тела которого представлены оруденелыми дайками – уже упоминавшееся Березовское золоторудное поле на Урале (см. рис. 1.30, 1.31). К северу от крупного Шарташского гранитного массива развито поле даек кислых пород преимущественно субмеридиональной ориентировки. В условиях широтного сжатия, существовавшего на Урале в палеозое, в дайках возникли поперечные трещины отрыва, в которых отложились кварцевые жилы с золото-сульфидной минерализацией. Жилы, ориентированные перпендикулярно простиранию даек, получили название «лестничных».

Сложные рудные тела

Если решающую роль в рудообразовании играет какой-либо один фактор, форма рудных тел обычно достаточно простая. Если отложение руд происходит под влиянием нескольких факторов, возникают сложные рудные тела. Наиболее распространены следующие классы сложных тел: 1) рудные тела в пересечении рудоносных трещин с благоприятными пластами; 2) рудные тела в пересечении интрузивного контакта рудоносной трещиной; 3) рудные тела в пересечении интрузивным контактом благоприятного пласта.

Рудные тела в пересечениях рудоносных трещин с благоприятными пластами

Приоткрытые части трещин могут совпадать или не совпадать с благоприятными для рудоотложения пластами.

Если приоткрывание трещины происходит среди неблагоприятных пластов, оруденение образуется только в самой трещине. Это обычные секущие рудные тела.

Если рудоносная трещина пересекает благоприятные пласты, но на этом участке закрыта, оруденение не образуется. Однако если рудообразующие растворы проникают в благоприятный пласт из соседних приоткрытых участков трещины, то в пласте образуется рудная залежь избирательного замещения, при отсутствии руды в самой трещине. Это согласные рудные залежи избирательного замещения (Рис. 1.49).

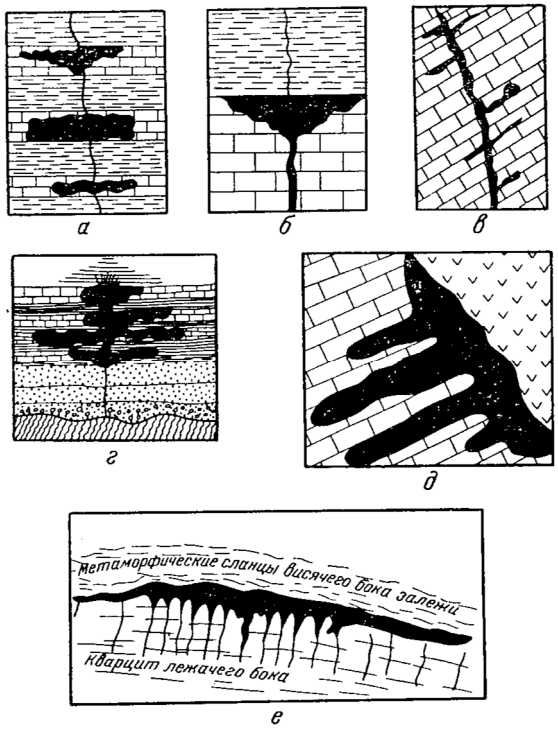


Рис. 1.49. Размещение оруденения в пересечениях трещин с благоприятными пластами (по А. М. Бэтману):
а – образование руды только в пластах известняков; *б* – тавровое рудное тело; *в* – Г-образные и крестообразные рудные тела; *г* – многоэтажная рудная залежь; *д* и *е* – гребневидные залежи

Наконец, если приоткрытая часть трещины и благоприятный пласт совпадают, то оруденение заполняет приоткрытую часть трещины и распространяется в благоприятном пласте. В этих условиях образуются рудные тела, имеющие в вертикальном сечении тавровую, Г-образную или крестообразную форму. Это типичные сложные тела.

Когда разлом пересекает несколько параллельных благоприятных пластов, образуются связанные между собой многоэтажные рудные залежи. Роль разлома может играть секущий интрузивный контакт.

В случаях наличия в благоприятном хрупком пласте поперечных трещин растяжения, могут сформироваться залежи, имеющие в сечении гребневидную форму.

Рудные тела в пересечении интрузивного контакта рудоносной трещиной

В этом классе выделяется три вида рудных тел.

Если рудоносная трещина или разлом пересекает интрузив, но не проникает во вмещающие породы, образуется рудное тело тавровой формы с относительно короткой «ножкой» (Рис. 1.50).

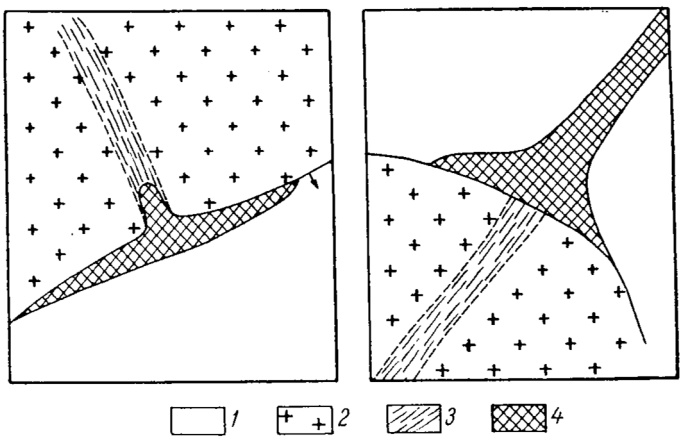


Рис. 1.50. Шеелитовое оруденение в пересечениях контакта гранитоидных массивов рудоносными разломами [КШ]. Участок Угат (слева) и месторождение Кумбель (справа):
1 – песчаники и сланцы с прослоями известняков; 2 – граниты; 3 – рудоносные разломы; 4 – шеелитоносные скарны

Если рудоносная трещина или разлом пересекает и интрузив, и вмещающие породы, формируется тавровое тело с длинной «ножкой».

Если контакт интрузива с вмещающими породами пересекается дайкой, оруденение может развиваться в основном контакте, а также распространяться вдоль дайки во вмещающие породы.

Если контакт пересекается дайками и осложняется разломами, рудные тела размещаются вдоль контактов и трещин, образуя сближенные рудные столбы неправильной формы (Рис.1.51).

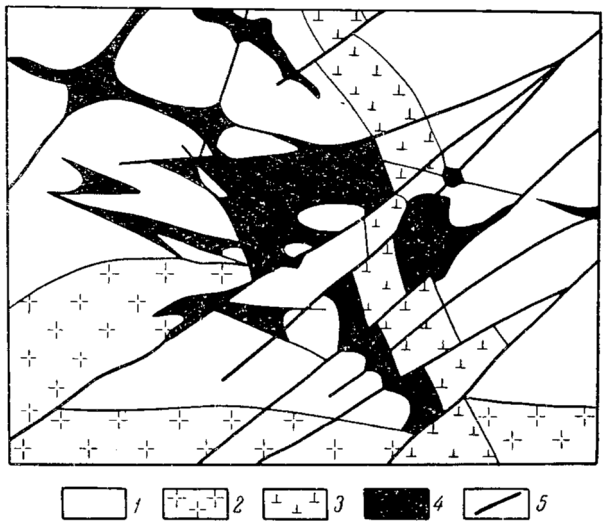


Рис. 1.51. Столбы полиметаллических руд (черное) [КШ]. Шевчуковское месторождение, Окуртау:
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – кварцевые порфиры; 4 – руда; 5 – трещины

Рудные тела в пересечении интрузивным контактом благоприятного пласта

В этом виде оруденение подчинено поверхности интрузивного контакта, а также распространяется вдоль отдельных благоприятных пластов.

Контрольные вопросы к разделу

1. Перечислите структурные типы рудных тел
2. Охарактеризуйте согласные рудные тела

3. Опишите рудные тела экзогенных месторождений
4. Как образуются тела избирательного замещения?
5. Как образуются тела экранирования?
6. Как образуются тела в отслоениях деформированных пластов?
7. Охарактеризуйте секущие рудные тела
8. Как образуются рудные тела в трещинах отрыва?
9. Как образуются рудные тела в трещинах скалывания?
10. Как образуются рудные тела в сопряжении и пересечении разломов?
11. Охарактеризуйте рудные тела в вулканических каналах
12. Опишите контактовые рудные тела
13. Как происходит локализация оруденения в контактовых зонах?
14. Назовите главные типы интрузивных контактов
15. Опишите рудные тела в согласных интрузивных контактах
16. Опишите рудные тела в секущих интрузивных контактах
17. Приведите пример рудных тел в дайках и их контактах
18. Охарактеризуйте сложные рудные тела

Тема 3. Геолого-структурные типы рудных полей

Классификация структурных типов рудных полей

Рудные поля представляют собой сложные природные образования, возникшие в результате длительных, разновременных и гетерогенных процессов, в ходе которых возникают скопления полезных ископаемых, являющиеся объектом разведки и эксплуатации. Основная задача изучения структур рудных полей – анализ распределения полезного ископаемого и выявление всех факторов, определяющих его пространственное размещение. В зависимости от генезиса полезного ископаемого (осадочный, магматический, гидротермальный и др.) факторы, формирующие месторождения, различны. Неодинаковы и методы их изучения.

Геологическая структура в общем виде – это совокупность всех геологических элементов, определяющих строение того или иного участка земной коры. В процессе развития все указанные элементы в определенной мере взаимодействуют между собой, что находит отражение в морфологических, структурных, текстурных и иных особенностях возникающих геологических образований, а также в характере их размещения.

Рудные поля, как правило, имеют четко проявленную структурную обособленность, определяемую естественными границами, представленными разными геологическими поверхностями. Это могут быть достаточно крупные дизъюнктивные нарушения, контакты осадочных и интрузивных тел, поверхности стратификаций и несогласий, сложные тектонические зоны, разделяющие участки с разными знаками относительных перемещений. Такие поверхности нарушают однородность регионального тектоно-физического поля и одновременно создают локальные (частные) планы тектонических деформаций на ограниченных ими участках. Другими словами, естественные границы активно влияют на характер тектонических деформаций в оконтуриваемом участке геологического пространства, во многом предопределяя структурный тип возникающего здесь рудного поля и особенности размещения оруденения.

Как отмечалось в начале курса, под рудным полем понимается обособленный участок земной коры, заключающий совокупность рудных тел, созданных единым геолого-химическим процессом, находящихся в единой геологической позиции, определяющей состав комплекса вмещающих пород, и имеющий естественные геологические границы, влияющие на его структуру и тектонику. Рудные поля, являясь сложными природными объектами, наделены разными группами определяющих признаков. Это отражено в классификациях и систематиках рудных полей.

Предлагаемая систематика структурных типов рудных полей основана, во-первых, на генезисе рудообразующих процессов и включает три традиционных генетических типа: эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Внутри типов выделены классы и подклассы по признаку сочетания структурных элементов, определивших характер деформаций вмещающих пород и связанных с ними особенностей размещения оруденения.

1. ЭНДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

1.1. СКЛАДЧАТЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием складчатых форм на размещение оруденения)

1.1.1. Рудные поля в моноклиналях

1.1.2. Рудные поля в одиночных антиклиналях

1.1.3. Рудные поля в изгибах, ундуляциях, периклинальных замыканиях антиклиналей

1.1.4. Рудные поля в антиклиналях, осложненных разрывными нарушениями

1.1.5. Рудные поля в блокированных горст-антиклиналях и грабен-синклиналях

1.1.6. Рудные поля в синклиналях, осложненных разломами

1.2. РАЗРЫВНЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием разрывных нарушений на размещение оруденения)
1.2.1. Рудные поля в искривлениях поверхностей отдельных разрывных нарушений
1.2.2. Рудные поля в оперенных разломах
1.2.3. Рудные поля в сложных разломах
1.2.4. Рудные поля в тектонических пластинах
1.2.5. Рудные поля в пересечениях разломов
1.2.6. Рудные поля в сопряженных разломах
1.2.7. Рудные поля в блоках между субпараллельными разломами
1.2.8. Рудные поля в клиновидных структурах
1.3. КОНТАКТОВЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием контактовой поверхности интрузивных тел на размещение оруденения)
1.3.1. Рудные поля в согласных и подобных контактах интрузивов с вмещающими породами
1.3.2. Рудные поля в грабенах и прогибах пород кровли
1.3.3. Рудные поля в секущих контактах интрузивов с вмещающими породами
1.3.4. Рудные тела в пересечениях контактовых поверхностей разломами
1.3.5. Рудные поля, связанные с апофизами, дайками и штоками интрузивных пород в породах кровли
1.4. ВНУТРИИНТРУЗИВНЫЕ (рудные поля, в которых на размещение оруденения влияют элементы прототектоники и тектонические свойства магматических пород)
1.4.1. Рудные поля в системах прототектонических трещин
1.4.2. Штокверковые зоны в интрузивах среди осадочных и изверженных пород
1.5. ВУЛКАНОГЕННЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием вулканических структур на размещение оруденения)
1.5.1. Рудные поля, приуроченные к вулканическим куполам
1.5.2. Рудные поля, приуроченные к вулкано-тектоническим депрессиям
1.5.3. Рудные поля, приуроченные к кальдерам
1.5.4. Рудные поля, приуроченные к линейным вулканическим структурам
1.5.5. Рудные поля, приуроченные к корневым частям вулканоструктур
1.5.6. Рудные поля, приуроченные к трубкам взрыва

2. ЭКЗОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

2.1. КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (субаэральные)
2.1.1. Денудационные
2.1.2. Эрозионные
2.1.3. Карстовые
2.2. МОРСКИЕ (субмаринные)
2.2.1. Прибрежно-морские
2.2.2. Баровые
2.2.3. Рифовые
2.2.4. Оползневые
2.2.5. Поверхности несогласий
2.2.6. Структуры выклинивания
2.3. ТЕКТОНО-ЭКЗОГЕННЫЕ
2.3.1. Конседиментационные депрессии
2.3.2. Конседиментационные поднятия

3. МЕТАМОРФОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

3.1. ГРАНИТОГНЕЙСОВЫЕ КУПОЛА И БЛОКИ
3.2. ЗЕЛЕНОСЛАНЦЕВЫЕ ЗОНЫ
3.3. ЗОНЫ СМЯТИЯ

Эндогенные рудные поля

Складчатые рудные поля

Рудные поля с преобладающим влиянием на размещение оруденения складчатых форм связаны преимущественно со складчатыми структурами в относительно пластичных сланцевых, карбонатных, карбонатно-терригенных и эффузивно-осадочных формациях пород. Общим для этой группы является преобладание согласных рудных тел.

Рудные поля в моноклиналях. Моноклинальная складчатость проявляется главным образом в платформенных условиях. В подвижных зонах моноклинали возникают локально на крыльях пологих антиклинальных структур в карбонатной, карбонатно-терригенной и реже в эффузивной формациях. В карбонатных толщах участки моноклинального залегания проявляются в связи с дополнительным усложнением крыльев флексурными складками более мелких порядков и разломами. В эффузивах условия моноклинального падения возникают в областях перекрывания стратифицированными вулканогенно-осадочными образованиями существовавшей ранее блоковой структуры. Если у разломов, ограничивающих тектонические блоки, разные углы падения, то блоки могут испытывать шарнирные движения, вследствие которых приобретают пологонаклонное моноклинальное залегание.

Необходимое условие локализации оруденения – наличие во вмещающих толщах горизонтов, пригодных к избирательному замещению или интенсивному дроблению, вследствие которых существенно повышается их проницаемость. В карбонатно-терригенных формациях – это пачки или горизонты кремнистых пород, в карбонатных – доломитов, в вулканогенно-осадочных – туфоконгломератов.

При формировании моноклиналей в пластичных слоистых толщах появляются зоны растяжения, а также трещины отрыва и крутопадающие взбросы; в толщах хрупких пород в такой зоне возникают главным образом скалывающие деформации с образованием сбросов.

Оруденение приурочивается к участкам рассланцевания, избирательного дробления благоприятных пластов в местах изгибов и распространяется по простиранию структур. Рудные тела пластообразные, линзообразные, гнездообразные. При этом оруденение локализуется преимущественно в лежачем боку разломов и наиболее интенсивно проявляется в блоках, где рудовмещающие горизонты наклонены в сторону падения разлома. Вследствие преобладания взбросового смещения по разломам вдоль поверхностей стратификации развиваются расслоения, соответствующие в данном случае трещинам отрыва.

Структурно-текстурные особенности пород влияют на элементы залегания пересекающих их трещин – развиваясь из массивных квазиизотропных пород (эффузивы) в слоистые анизотропные (сланцы, известняки), они отклоняются с тенденцией перехода в послойные.

Геологические границы рудных полей, связанных с моноклиналями, как правило, четко не оформлены и нередко располагаются в плоскости крутых сколовых нарушений. Их роль в этих случаях играют тектонические зоны, разделяющие области с различными знаками движения.

Масштабы рудных полей данного типа в подвижных зонах обычно невелики. Примером может служить полиметаллическое скарновое месторождение Тутлы в Средней Азии (Рис. 1.52). В платформенных условиях рудные поля в моноклиналях могут приобретать значительные размеры, как, например, стратиформные свинцово-цинковые месторождения района Миссисипи-Миссури в США. С ними связаны полиметаллические и ртутные месторождения.

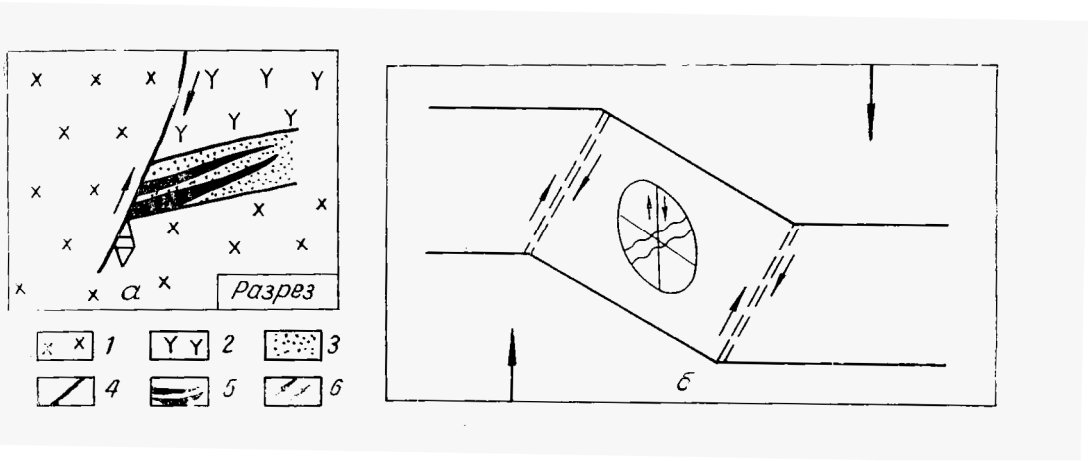


Рис. 1.52. Схема формирования рудных полей в моноклинальных структурах, в относительно хрупких (*а*) и относительно пластичных (*б*) толщах [Атлас]:

1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезиты; 3 – туфоконгломераты; 4 – разломы; 5 – рудные тела; 6 – направление относительных перемещений

Рудные поля в одиночных антиклиналях возникают в разнородных слоистых толщах при перекрывании карбонатных пород сланцами. Важным условием формирования одиночной антиклинали является наличие субпараллельных или слегка сходящихся дизъюнктивных нарушений, поверхности которых ограничивают и блокируют участок слоистой толщи. Блокирование осуществляется поверхностями разрывных нарушений, ограничивающих систему согласно залегающих пластов, способных передавать тангенциальные напряжения и подвергаться продольному изгибу. При этом лежащие выше более длинные пласты при изгибе несколько опережают более короткие подстилающие и создают тем самым расслоение в сводовой части. Иногда это сопровождается явлениями диапира.

Если блокированию подвергаются толщи, сложенные породами с различными тектоническими свойствами, то при перекрывании карбонатных пород сланцами существенных отслоений не происходит. Однако некоторое ослабление литостатической нагрузки приводит к повышению проницаемости поверхности налегания, что способствует развитию метасоматических процессов, сопровождающихся окремнением нижних частей сланцевой толщи. В результате последующего дробления окварцованных сланцев их проницаемость резко увеличивается (до 20% и более). Таким образом, разломы, блокирующие одиночную антиклиналь, являются естественными геологическими границами, активно влияющими на структуру рудного поля.

В структурах такого типа локализуются преимущественно сурьмяные руды сложного минерального состава, нередко сопровождающиеся золотом. В качестве примера можно привести месторождение Терексай в Средней Азии (Рис. 1.53). Характерно, что сурьмяная минерализация локализуется преимущественно в согласных структурах, а золоторудная – в секущих. Главным фактором локализации сурьмяного оруденения являются отслоения по поверхности налегания сланцев на известняки, сопровождающиеся интенсивным дроблением вдоль него и перекрывающих, и подстилающих пород. Формируются согласные межформационные рудные тела на крыльях и в осевых частях антиклинальных складок (седловидные тела). Размещение оруденения контролируется морфологическими особенностями поверхности подстилающих известняков. Мощности рудных тел возрастают в местах поперечных прогибов и в изгибах мелких антиклинальных усложнений в кровле. Рудные тела выклиниваются по мере увеличения углов падения крыльев. Интенсивность оруденения возрастает также вдоль секущих нарушений в подстилающих известняках и на участках массового дробления окварцованных сланцев.

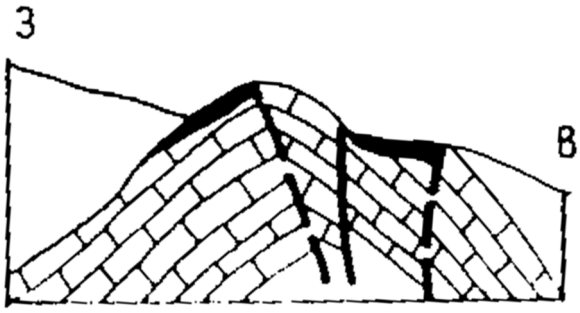


Рис. 1.53. Схематический геологический разрез сурьмяного месторождения Терексай [Атлас]:

рудные тела (черное) в своде антиклинали в известняках

Вертикальный размах оруденения определяется прежде всего условием залегания рудоконтролирующей поверхности и глубиной ее погружения в пределах рудоносной площади. Масштабы месторождений обычно средние.

Рудные поля в изгибах, ундуляциях, периклинальных замыканиях антиклиналей. Приуроченность рудных полей к изгибам складчатых структур подчеркивалась многими исследователями (Королев, 1936; Смирнов, 1954; Вольфсон, 1955; Крейтер, 1956; Великий, 1961).Это объясняется большей проницаемостью пород в таких позициях вследствие развития в местах изгиба интенсивных тектонических деформаций растяжения. В этих условиях возможно появление различных структурных типов рудных тел – от согласных седловидных до трубок взрыва.

Поля данного типа формируются главным образом в карбонатных толщах и размещаются как на крыльях, так и в периклинальных замыканиях антиклинальных структур вдоль продольных разломов глубокого заложения (Рис. 1.54). В местах изгибов складок развиваются мелкие секущие и поперечные разломы и трещины. В известняках местами происходят отслоения вдоль поверхностей напластования, особенно вдоль пластов с разнородными физико-механическими свойствами, что обусловливает формирование секущих зон дробления. В периклинальных замыканиях складок возникает трещиноватость разной ориентировки (радиальная). В этих условиях наряду с согласными локализуются также многочисленные секущие тела.

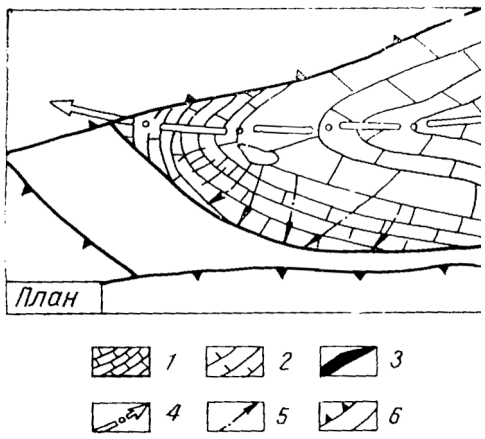


Рис. 1. 54. Принципиальная схема геологического строения рудного поля в периклинальных замыканиях антиклиналей [Атлас]:

1 – слоистые известняки; 2 – массивные известняки; 3 – рудные тела; 4, 5 – оси складок; 6 – разломы

Рудоподводящие каналы в карбонатных толщах характеризуются сложной морфологией и образуют сложные системы. Широко проявлена внутрипластовая горизонтальная или слабовосходящая циркуляция растворов.

Под влиянием морфологических элементов крупных продольных нарушений во внутренних частях ограничиваемых ими структур создаются тектонические напряжения разной интенсивности. От этого зависят характер деформаций и проницаемость отдельных частей структур. Другими словами, продольные разломы играют роль граничных поверхностей в рудных полях данного типа. Масштабы рудных полей в общем невелики. В них размещаются некоторые мелкие железорудные и свинцово-цинковые месторождения.

Рудные поля в антиклиналях, осложненных разрывными нарушениями. Формируются в сланцевых, карбонатных, карбонатно-терригенных толщах и в их сочетаниях, главным образом на крыльях антиклиналей и реже – в осевых частях. Контролируются секущими и поперечными нарушениями, связанными со складками более мелких порядков. Причиной мелкой складчатости могут быть сдвиговые смещения по дизъюнктивным нарушениям, ограничивающим более крупную складку или тектонический блок. В местах флексурообразных изгибов складчатых структур при сдвигах по ограничивающим разломам появляются эшелонированные мелкие складки и сколовые нарушения. При этом преобладают системы нарушений, параллельные осям складок или косо к ним ориентированные. Интенсивность оруденения возрастает как вдоль осей складок, так и в связи с отдельными кососекущими трещинами.

В толщах разнородного литологического состава при подстилании тонкослоистых терригенных и карбонатно-терригенных толщ массивными известняками мелкая складчатость возникает, как правило, вдоль поверхности налегания первых на вторые. Ориентировка складок обычно совпадает с направлениями разрывных нарушений, ограничивающих рудные поля и передающих наибольшую тектоническую нагрузку (надвиги, взбросы, взбросы-сдвиги). При этом вследствие большей пластичности перекрывающей толщи в ней возникают складки сундучного облика, сопровождающиеся сильным брекчированием пород в ядерной части.

В подстилающих массивных и грубослоистых известняках (кроме крутопадающих) могут развиваться также пологие кососекущие трещины скола с глинками трения. Такие трещины нередко оказывают экранирующее влияние на растворы.

В структурах данного типа локализуются преимущественно телетермальные руды ртути, сурьмы, свинца, флюорита, несколько реже – среднетемпературное оруденение золота, висмута, меди. Классическим примером рудных полей данного вида является Никитовское в Украине (см. рис. 1.22).

Важными факторами, контролирующими размещение оруденения, являются отслоения, избирательное дробление более хрупких пластов, сочетание секущих нарушений с благоприятными породами, экранирование. Большую роль играют дорудные изменения пород, особенно окварцевание, повышающее их хрупкость, проницаемость, а в отдельных случаях и химическую активность.

В рудных полях данного типа наряду с согласными телами широко развиты также секущие и сложные.

Рудные поля в блокированных горст-антиклиналях и грабен-синклиналях. Принципиальная схема (разрез) рудного поля в блокированной горст-антиклинали показана на рис. 1.55. Характерная особенность разреза, определяющая возможность формирования рудных полей данного типа – наличие двух или трех толщ (сланцевая, карбонатная, эффузивная) с различными тектоническими свойствами. В складчатой структуре эти рудные поля располагаются, как правило, на крыльях крупных антиклинориев и во всех известных случаях приурочиваются к местам их изгиба в плане. Рудные поля размещаются в блоках между сближенными субпараллельными, продольными или секущими разломами. Узкие горст-антиклинальные структуры возникают обычно в условиях сжатия, ориентированного нормально к простиранию разломов. Очевидно, большое значение играют подстилающие сланцы, способные в силу своей пластичности трансформировать тангенциальное сжатие в вертикальные движения и подобно пуансону выжимать лежащие выше блоки относительно более хрупких пород, ограниченные сближенными разломами.

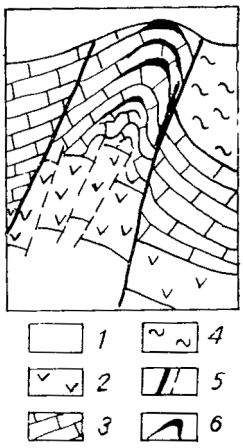


Рис. 1.55. Принципиальная схема рудного поля в блокированной горст-антиклинали. Разрез [Атлас]:

1 – сланцы; 2 – вулканиты; 3 – известняки; 4 - терригенные породы; 5 – разломы; 6 – рудные тела

При перекрывании эффузивами известняки, как правило, залегают полого и при блоковых перемещениях приобретают секущие тектонические контакты, создающие возможность блокирования. При этом в условиях горизонтального сжатия, направленного по слоистости, возникают многоярусные отслоения, сопровождающиеся дроблением, развитием секущих нарушений и иногда согласным внедрением интрузивных даек. Формируются рудные тела сложного типа с преобладанием согласных элементов. При наличии подстилающих эффузивов известняки могут приобретать иные залегания и образовывать крутые складки. Условия деформации при этом существенно изменяются. Горизонтальное сжатие может быть ориентировано нормально или косо к слоистости, в известняках же возникают многочисленные сколовые нарушения. Контролируемые ими рудные тела приурочиваются к изгибам или пересечениям трещин и представлены крутопадающими столбообразными сложноветвящимися телами.

При подстилании известняков эффузивами условия деформации первых существенно меняются. В случае блокирования продольными разломами известняки, не прикрытые сверху жесткими породами, легко сминаются в складки: формируются крутые, тесно сжатые антиклинали, сорванные с жесткого основания. На крыльях и в осевых частях складок возникают многочисленные отслоения, сопровождающиеся дроблением пород. Блокирующие разломы служат и подводящими каналами. Образуются рудные тела сложного типа, в которых в зависимости от позиции могут преобладать либо согласные, либо секущие элементы. Сходные структуры формируются при перекрывании грубослоистых известняков сланцами. Таким образом, на структурные особенности влияют не только тектонические свойства пород, но и в большей мере характер их проявления в зависимости от того или иного сочетания толщ.

В структурах данного типа локализуются преимущественно среднетемпературные полиметаллические комплексы руд, подчиненное значение имеют сурьмяно-ртутные и флюоритовые.

Рудные поля в синклиналях, осложненных разломами. Синклинальные прогибы залегают обычно между антиклинальными поднятиями, в ядрах которых размещаются интрузивные тела, образующие жесткие упоры. Разрывные нарушения, развивающиеся на крыльях, падают, как правило, под антиклинали и являются обычно надвигами, взбросами, взбросо-сдвигами.. Поэтому при горизонтальном тектоническом сжатии (характерно для этапа минералообразования) и блокировании продольными нарушениями синклинали могут продолжать развиваться как грабен-синклинали. Если взбросовые движения по ограничивающим разломам сопровождались сдвигами, слоистых толщах могли возникать системы мелких эшелонированных складок и сопряженные с ними системы сколовых трещин.

В слоистых толщах (терригенных и карбонатно-терригенных) при многократном переслаивании горизонтов с различными тектоническими свойствами более хрупкие породы дробятся интенсивнее.

Принципиальная схема рудного поля в синклинали, осложненной разломом, показана на рис. 1.56.

Известные из сопротивления материалов явления, наблюдающиеся при поперечном изгибе упругих тел, проявляются в определенной мере и при поперечном изгибе пластов. Экспериментальное моделирование, выполненное М. В. Гзовским, а затем и другими исследователями с использованием оптически активных материалов показало, что и при боковом (тангенциальном) сжатии, и при действии вертикальных сил картины распределения напряжений в модели пластов при поперечном изгибе идентичны: наибольшее растяжение испытывает сводовая, а наибольшее сжатие – вогнутая часть пластов. В изогнутой части возрастает контрастность в распределении касательных напряжений.

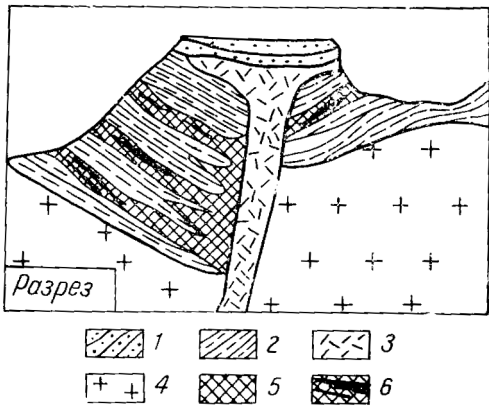


Рис. 1.56. Принципиальная схема рудных полей в синклиналях, осложненных разломами [Атлас]:

1 – мезозойские отложения; 2 – терригенные породы; 3 – вулканиты; 4 – гранодиориты; 5 – благоприятная среда для рудоотложения; 6 – оруденение

В результате при перекрывании известняков эффузивами трещины отрыва располагаются вдоль оси синклинального изгиба и развиваются снизу вверх. По ним могли происходить излияния эффузивов, а позже – их гидротермальные изменения.

При дальнейшем горизонтальном сжатии вдоль поверхности налегания эффузивов на известняки возникали отслоения, сопровождавшиеся дроблением базальных горизонтов, интенсивность которого, как правило, уменьшается в направлении крыльев. Одновременно снижается и интенсивность минерализации – рудные тела выклиниваются. Структуры синклинального типа благоприятствуют размещению оруденения в силу высокой проницаемости пород в их осевых частях, сохранности наиболее разнородных литологических разрезов и, следовательно, большей их мобильности и податливости тектоническим деформациям. Важным фактором рудоносности синклиналей являются также секущие разломы.Масштабы месторождений, локализованных в этих структурах, колеблются в широких пределах и могут достигать значительных размеров.

В синклинальных структурах наиболее распространены пологие пластообразные тела, связанные с литологически обособленными благоприятными горизонтами. Вблизи секущих рудовыводящих каналов важное значение приобретают сложные тела, образованные сочетанием согласных и секущих. В слоистых карбонатно-терригенных толщах возможно многоэтажное размещение рудных тел.

Рудные поля в разрывных структурах

Рудные поля с преобладающим влиянием разрывных нарушений на размещение оруденения (разрывные) связаны с элементами дизъюнктивной тектоники и развиты преимущественно в породах эффузивных и интрузивных формаций, меньше – в карбонатных. В остальных формациях встречаются как исключение. Выделяются девять типов.

Рудные поля в искривлениях поверхностей отдельных разрывных нарушений. Размещаются преимущественно в крупных интрузивах на крыльях складчатых структур и реже в их осевых частях. Нередко приурочиваются к дизъюнктивным нарушениям, оперяющим крупные глубинные разломы. Оруденение локализуется в искривленных участках разломов, которые при существовавшем во время минералообразования плане деформаций оказывались приоткрытыми, разгруженными от горизонтального тектонического сжатия.

В зависимости от морфологических особенностей рудовмещающих разломов характер приоткрывания искривленных участков может быть различным, однако непременным условием является относительное смещение смежных блоков пород в плоскости разлома. Решающие факторы длительного сохранения искривленных участков в приоткрытом состоянии – размеры граней, прочностные свойства пород и глубина формирования. Чем выше прочность пород и меньше глубина формирования месторождения, тем большие по размеру участки разломов способны к длительному сохранению приоткрытых полостей.

На рис. 1.57 приводятся разные варианты приоткрывания искривленных участков разломов.

Случай *а* – весьма распространенный пример приоткрывания небольшой по размеру грани разлома. Масштабы локализованного здесь оруденения обычно невелики. Чаще всего это отдельные рудные тела или небольшие месторождения. Иногда основная рудная залежь, размещенная непосредственно в разломе, сопровождается системой мелких эшелонированно расположенных жил, проектирующихся на приоткрытую грань. Присутствие таких жил указывает на наличие горизонтального растяжения, возникшего под влиянием приоткрытой грани разлома.

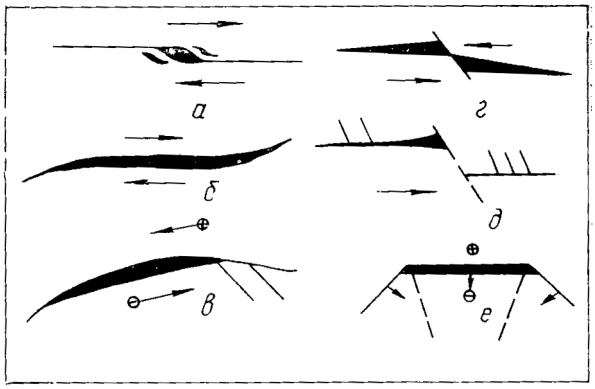


Рис. 1.57. Принципиальная схема приоткрывания искривленных участков разломов [Атлас]:
пояснения см. в тексте

В условиях высокой механической прочности пород, например, в эффузивах, создаются предпосылки для длительного сохранения в приоткрытом состоянии участка большей длины, чем смежные (случай *б*).

Случай *в*, широко распространенный среди рудных полей данного типа в интрузивных породах, иллюстрирует условия приоткрывания плавно искривленного участка разлома с изменяющимся радиусом кривизны. Приоткрывание возникает вследствие соприкосновения участков с различной кривизной изгиба в результате смещения в плоскости разлома.

Если приоткрытой (несущей) является короткая грань (*г*), то смежные с ней более протяженные участки максимально приоткрываются вблизи несущей грани, а по удалению от нее постепенно выклиниваются. Образуются системы кулисообразных жил. Вследствие развития оперяющих сколовых трещин одна из приоткрытых граней может закрыться (*д*). Тогда мощности рудной залежи распределяются асимметрично.

Иногда элементы залегания изменяются резко (*е*). При этом поверхность разлома становится как бы граненой. Условия приоткрывания отдельных граней зависят от со-

отношения элементов залегания смежных граней и положения ребер. В случае параллельного их склонения приоткрывания граней не произойдет. При расхождении их по падению при сбросовом смещении приоткроется центральная грань, при взбросе – смежные с ней.

Морфологические типы рудных тел зависят от вида смещения по разлому. При сдвигах возникают рудные столбы, контролируемые изменениями простирания разлома, при сбросах и взбросах – лентовидные линзы, при косых смещениях – наклонные столбы и линзы, размеры которых варьируют в широких пределах. По составу оруденения преобладают низкотемпературные флюоритовые и свинцовые месторождения, реже устанавливается золоторудная минерализация. Наиболее крупные масштабы имеют флюоритовые поля; свинцово-цинковые и золоторудные представлены средними и мелкими.

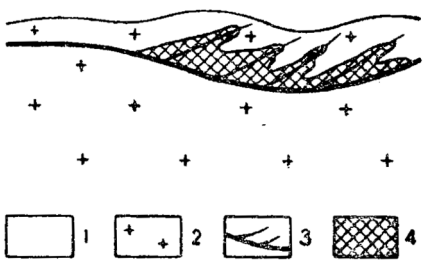
Вертикальный размах оруденения, как правило, ограничен 300-400 м. Выклинивание оруденения обусловливается либо изменением элементов залегания разлома, либо постепенным уменьшением мощности с глубиной, поскольку данный участок при существующей прочности вмещающих пород не может длительно сохраняться в приоткрытом состоянии. Таким образом, наличие пород с повышенной механической прочностью и большей устойчивостью является важным фактором локализации оруденения.

Наибольшее количество полей и месторождений данного типа встречается в породах интрузивной формации. Следовательно, разломы простого строения возникают преимущественно в однородных породах.

Рудные поля в оперенных разломах возникают преимущественно в породах карбонатных и интрузивных формаций и связаны обычно с крупными продольными, реже – поперечными разломами. (Имеется в виду ориентировка разломов относительно складок, определяющих структуру площади). Оруденение размещается как в самих разломах, так и в оперяющих их трещинах. Последние формируются под влиянием различных морфологических элементов разломов и тяготеют к их ребрам. Это обусловлено концентрацией сколовых тектонических напряжений вдоль ребер, разделяющих прикрытые и приоткрытые грани, и возможностью реализации этих напряжений в последних.

В карбонатных толщах системы оперяющих трещин обычно приобретают разную ориентировку, подчиняясь складчатым элементам структур. Многочисленные рудные тела при этом оказываются разобщенными, связанными между собой только безрудными или слабоминерализованными тектоническими швами. Преобладают рудные тела секущего типа, хотя в случаях развития деформаций вдоль напластования пород появляются согласные и сложные. В изгибах контролирующего разлома возможны столбообразные рудные тела. В интрузивных массивах системы оперяющих трещин распределяются более равномерно и оруденение образует компактные рудные залежи средних размеров.

Принципиальная схема геологического строения месторождения в оперенном разломе (план) приводится на рис. 1.58.



Трещины оперения развиваются преимущественно при сдвиговых смещениях (сдвиго-сбросы, сдвиго-взбросы). Нередки пологие системы минерализованных трещин. Эти факты свидетельствуют о горизонтальном тектоническом сжатии в момент минералообразования.

По составу оруденения среди рудных полей этого типа преобладают свинцово-цинковые. Подчиненное значение имеют

Рис. 1.58. Принципиальная схема месторождения Сардоб (план) [Карам]:
1 – сланцы; 2 – гранитоиды; 3 – рудоконтролирующий разлом с трещинами оперения; 4 – оруденение

мышьяковые и оловорудные. Обычно это мелкие и непромышленные месторождения.

Рудные поля в сложных разломах являются одним из наиболее распространенных типов данной группы. Преобладают в эффузивных и несколько меньше в интрузивных формациях; реже встречаются в карбонатных и сланцевых. Формируются на крыльях складчатых структур, в областях синклинальных прогибов и мульд проседания, заполненных эффузивами. Чаще всего образуются в крупных тектонических блоках, ограниченных протяженными разломами глубинного залегания в виде кососекущих зон. Очевидно, возможны в зонах глубинных разломов.

Сложный разлом – это тектоническая зона, в строении которой участвует серия ветвящихся, косо сопрягающихся мелких разломов и крупных трещин. Ее мощность может достигать первых сотен метров. Зона сложного разлома состоит из большого количества мелких тектонических блоков, среди которых преобладают удлиненные линзообразные, иногда клиновидные. В процессе тектонических деформаций каждый блок имел некоторую, хотя и ограниченную, возможность индивидуального перемещения относительно смежных блоков, и поэтому в каждом из них мог возникать свой частный план деформаций. Для формирующихся при этом зон оруденения характерна общая вытянутость вдоль разломов. В то же время отдельные рудные тела в указанных зонах могут приобретать различную ориентировку и образовывать участки штокверкового строения. Размещение отдельных рудных тел контролируется участками искривления трещин и разломов. Благодаря разнообразию направлений смещений смежных тектонических блоков контроль размещения оруденения также сложен. В смежных трещинных структурах могут осуществляться одновременно в одном случае сбросовая, а в другом – взбросовая схемы смещения (или иные их комбинации).

Схема размещения оруденения в сложном разломе (план) представлена на рис. 1.59.

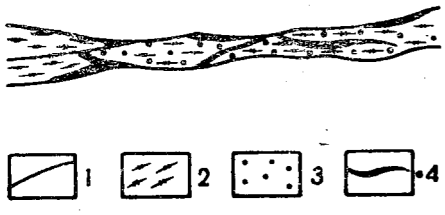


Рис. 1.59. Схема размещения оруденения в сложном разломе (план) [Карамазар]:
1 – линии разрывных нарушений; 2 – зона дробления пород; 3 – вкрапленное оруденение; 4 – рудные тела

Рудные тела представлены простыми и сложными крутопадающими жилами, столбообразными и линзообразными телами преимущественно небольших размеров. Нередко они образуют системы эшелонированных или кулисообразных трещин и даже штокверковые зоны. Преобладает свинцово-цинковая и золоторудная минерализация. Подчиненное значение имеет оловорудная, висмутовая и флюоритовая. Наиболее распространены средние и мелкие поля мезотермального типа.

Рудные поля в тектонических пластинах. Тектонические пластины формируются обычно в зонах сложных разломов, имеющих длительную историю развития и значительные амплитуды смещений. Чаще всего они возникают на крыльях антиклинальных структур, с максимальными амплитудами смещений по разломам. Описаны разные механизмы их формирования: поступательно-возвратные перемещения смежных блоков по нарушениям, гравитационного выскальзывания пластин в трещины отрыва из лежащих выше пород и др. Если пластина представлена известняками, то под действием по-

слемагматических растворов, она может подвергнуться скарнированию, что способствует локализации в них полиметаллического оруденения.

При анализе условий образования тектонических пластин отчетливо выявляются два этапа в истории развития структуры рудного поля: горизонтальное растяжение, предшествовавшее скарнированию, и сжатие, соответствовавшее стадиям оруденения. Принципиальная схема размещения оруденения в тектонических пластинах приводится на рис. 1.60.

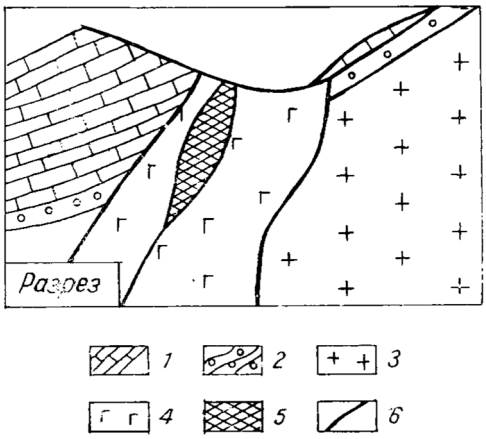


Рис. 1.60. Принципиальная схема размещения оруденения в тектонических пластинах [Атлас]:
1 – известняки; 2 – конгломераты; 3 – гранодиориты; 4 – гранодиорит-порфиры; 5 – скарнированные известняки с оруденением; 6 – разлом

Масштабы рудных полей, связанных с этим типом структур, незначительны.

Рудные поля в пересечениях разломов распространены ограниченно и проявляются главным образом в породах эффузивных формаций (Рис. 1.61). Располагаются в синклинальных прогибах и мульдах проседания, приурочиваясь е пересечениям (или сопряжениям) разломов, ограничивающих крупные тектонические блоки. Оруденение, как правило, размещается в одном из разломов, оказавшемся в момент минералообразования в положении оперяющей трещины отрыва. Рудные тела представлены чаще всего крутопадающими столбообразными линзами в участках искривления рудовмещающего нарушения, довольно быстро выклинивающимися по простиранию. Значение этого типа невелико.

Рудные поля в сопряженных разломах. Сопряженными разломами мы называем такие их сочетания, при которых относительные перемещения по ним, определяющие взаимное расположение прикрытых и приоткрытых участков, являются как бы зеркальными отражениями.

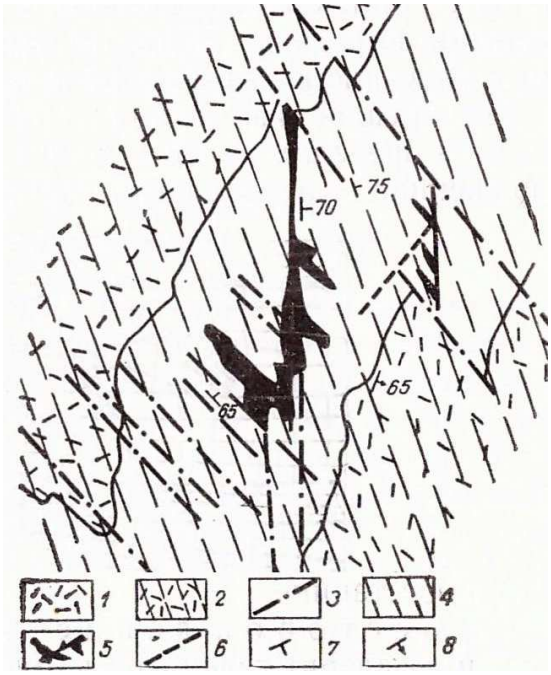


Рис. 1.61. Схематический геологический план месторождения Греховское (по Х. А. Акбарову):
1 – туфы кварц-альбитовых риолитов; 2 – горизонт часто переслаивающихся туфов и алевролитов; 3 – дорудные дизъюнктивные нарушения; 4 – сланцеватость; 5 – рудные тела; 6 – разломы; 7 – залегание слоистости

Рудные поля в сопряженных разломах

Подобные условия возникают обычно при наличии сходящихся разломов в породах, обладающих высокими прочностными свойствами, проявляющих преимущественно хрупкие деформации и в малой степени способных к складкообразованию. Заключенный между такими разломами тектонический блок способен к некоторому перемещению только внутри ограниченного им пространства. При этом если по одному из разломов происходит левое смещение, то по сопряженному – правое. Зеркальные соотношения устанавливаются также для распределения деформаций и размещения оруденения. Как и в других случаях преобладания сдвиговых смещений, в разломах локализуются преимущественно столбообразные и линзообразные тела. Рудные залежи в целом вытянуты по простиранию. Границами рудных тел по падению служат, как правило, пологие ребра, разделяющие грани с различными углами падения.

В размещении минерализации обычно устанавливается нормальная вертикальная зональность: на глубинке появляются более высокотемпературные комплексы. При этом частичное перекрывание ранних парагенетических ассоциаций последующими свидетельствует о сохранении плана деформаций1 в процессе минерализации.

Рудные поля в сопряженных разломах возникают обычно в областях блокового строения и характерны для площадей распространения магматических формаций. Важная особенность строения таких районов – наличие крупных разломов разных направлений, создающих систему замкнутых или ограниченных в плане тектонических контуров. В их пределах невозможны независимые перемещения отдельных блоков. Благодаря высокой жесткости пород и ограниченной способности к складкообразованию смещение по одному из ограничивающих разломов обязательно сопровождается смещениями по другим, сопряженным с ним. Это обстоятельство позволяет анализировать историю кинематики тектонических блоков и определять направления относительных перемещений по всем разломам внутри замкнутого тектонического контура.

В настоящее время примеры рудных полей в сопряженных разломах единичны.

Рудные поля в блоках между субпараллельными разломами. Субпараллельными разломами мы называем пространственно сближенные и подобно искривленные дизъюнктивные нарушения, возникшие в единых тектонических условиях. Такие разломы могут формироваться в различной обстановке.

Иногда они возникают под влиянием морфологических особенностей более крупных разломов (Рис. 1.62 *а, б*). Чаще всего это отмечается в квазиизотропных породах - интрузивных массивах и эффузивных толщах. В условиях сдвига (случай *а*) под влиянием концентрации напряжений вблизи ребер появляются сколовые трещины, развивающиеся параллельно. В случае *б* аналогичные условия усугубляются гравитационным проседанием блока, ограниченного субпараллельными трещинами.

Субпараллельные нарушения возникают при осложнении тектоническими движениями контактов даек, внедрившихся в трещинные структуры нормального приоткрывания (*в*). Если вдоль ранее существовавшего нарушения (*г*) породы в результате вторичных изменений (например, окварцевания) приобрели повышенную прочность, то при последующих тектонических импульсах трещины скола развиваются по границе зон изменений, образуя параллельные структуры (II).

Субпараллельные сколовые нарушения характерны для хрупких эффузивных толщ, перекрывающих сложные зоны разломов в подстилающих более пластичных сланцевых и карбонатных формациях пород (*д*).

Наконец, в мощных метаморфических толщах в зонах смятия обособляются системы субпараллельных тектонических поверхностей, разграничивающих блоки пород

с различной степенью рассланцованности или с неодинаковой интенсивностью метаморфизма (*е*).

Положение оруденения в полях этого типа зависит от особенностей распределения в породах деформаций, связанных с наличием в разломах подобно искривленных участков. Оптическое моделирование системы субпараллельных разломов выявляет весьма своеобразные особенности распределения в них тектонических напряжений.

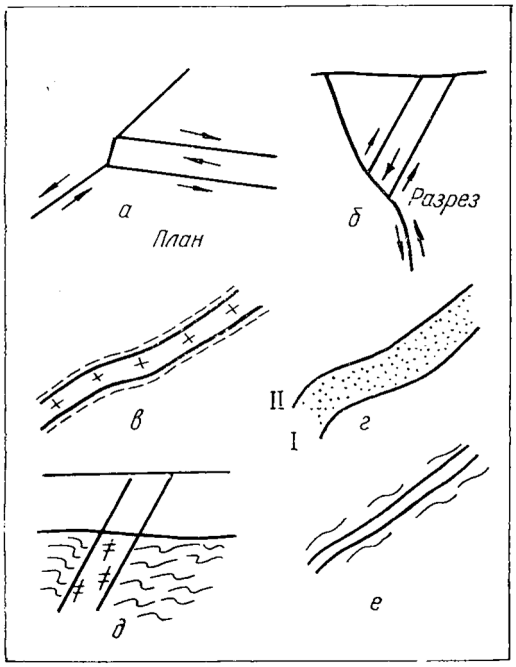


Рис. 1.62. Принципиальная схема формирования рудных полей в субпараллельных разломах [Атлас] (пояснения в тексте)

При этом рассматривалось два случая. Первый – сдвиг, искривленные участки которого прикрыты (разгружены). При этом максимальная концентрация касательных напряжений происходит вдоль разломов на всем их протяжении, несколько снижаясь вблизи ребер. В участках разломов, соответствующих разгруженным, напряжения концентрируются во внутреннем, а на искривлениях, соответствующих нагруженным, – во внешнем блоке. Одновременно во внутренней части блока на участке искривления напряжения несколько ослабляются. В естественных условиях это явление проявляется в ин-тенсивном дроблении пород вдоль разломов и в появлении редких трещин скола на флангах. Во внутренней части блока на участке искривления интенсивных деформаций не происходит.

Второй случай – искривленный участок находится в приоткрытом разгруженном состоянии. Распределение напряжений существенно отличается от предыдущего. В самих разломах напряжения концентрируются только на участке искривления. При этом во внутреннем блоке напряжения возрастают (за счет осевой нагрузки, создаваемой фланговыми участками), а в прилегающих снаружи – снижаются. Концентрация напряжений в искривленном участке, который находится в положении разгруженного (с внешней стороны напряжения слабые), обусловливает высокую интенсивность дробления пород.

Во внутреннем блоке искривленного участка возникают многочисленные трещины отрыва, выполненные минеральными жилами. Жилы локализуются также в приоткрытых участках субпараллельных разломов. Прилегающие же приоткрытые участки практически не минерализуются.

Таким образом, в рудных полях, контролируемых субпараллельными разломами, рудные тела локализуются как внутри блоков, так и в ограничивающих разломах. При этом размещение оруденения зачастую подчиняется контролю субпараллельными поверхностями. Масштабы рудных полей этого типа невелики.

Рудные поля в клиновидных структурах. Клиновидные структуры известны практически во всех формациях пород и во всех структурных этажах. Выделяются структуры трех видов (Рис. 1.63).

Формирование первого вида связано с антиклиналями в сланцевых и карбонатных толщах и обусловлено либо развитием кососекущих разломов (Рис. 1.63 а), оперяющих крупные продольные нарушения на их крыльях, либо с продольными разломами, сближенными вследствие ундуляции складок (Рис. 1.63 б).

Клиновидные структуры второго вида обусловлены поперечными изгибами складок и появлением при этом продольного осевого сжатия (Рис. 1.63 в). Под влиянием такого сочетания усилий развиваются системы секущих разломов и происходит выжимание возникших клинообразных блоков в сторону широкой части.

Структуры третьего вида формируются в хрупких породах (интрузивные, вулканогенные). При появлении крупных разломов и оперяющих их мелких нарушений возникают значительные по размерам тектонбические блоки, в свою очередь разбивающиеся сколовыми нарушениями на более мелкие клиновидные тела, в которых и размещается оруденение (Рис. 1.63 г).

При выжимании клиновидных структур по ограничивающим разломам осуществляется противоположные схемы смещения (по схеме сопряженных разломов). Однако в отличие от структур в сопряженных разломах оруденение в клиновидных блоках локализуется во внутренних частях. Это связано с тектоническими свойствами пород и особенностями распределения тектонических напряжений.

Хотя общее число рудных полей, относящихся к этому типу, еще ограничено, относительное значение их чрезвычайно велико. В подобных структурах размещены золоторудные, сурьмяные и полиметаллические рудные поля.

Рудные поля в интрузивных контактах

В эту группу относятся рудные поля, связанные главным образом со структурами контактов интрузивных тел. Различаются контактовые поверхности, непосредственно контролирующие размещение оруденения, и поверхности, вдоль которых в дорудные этапы сформировались рудовмещающие породы контактово-метасоматической формации. Практически во всех рудных полях оруденение располагается в скарнах различного состава. Первые чаще представлены контактами интрузивных тел (дайки, штоки, крупные интрузивные тела), в которых размещение оруденения контролируется в основном морфологическими особенностями контактовых поверхностей и в меньшей мере - петрографическим составом пород. Размещение оруденения в рудных полях, связанных с породами контактово-метаморфической формации, характеризуется высокой сложностью. Тектонические условия формирования пород данной формации (имеются в виду преимущественно скарны, существенно отличаются от условий, присущих рудоотложению. Скарны формируются почти исключительно на фоне горизонтального тектонического растяжения, тогда как отложение оруденения в них происходит, как правило, в условиях сжатия. Наиболее благоприятны для формирования скарнов контакты гранитоидных интрузивов с карбонатными породами, а также дизъюнктивные нарушения глубокого заложения. Нередко таким нарушением является сама контактовая поверхность. Эта группа включает пять типов рудных полей.

Рудные поля в согласных и подобных контактах интрузивов с вмещающими породами. Согласные и подобные контакты интрузивов с вмещающими породами формировались различными путями. Наиболее распространены случаи согласного залегания интрузивных тел. Они характерны для формаций карбонатных пород, проявляющих несущие свойства и способных к длительному сохранению магматической камеры, в которой происходило становление интрузива. В складчатых областях со сложными разрезами, в которых карбонатные породы подстилаются сланцевыми, подобные контактовые поверхности возникают в результате того, что интрузивные процессы, развивающиеся путем магматического замещения и ассимиляции сланцев, приостанавливаются, достигнув карбонатной кровли, из-за существенного различия в их теплопроводности.

Интрузивные тела батолитовой стадии формировались в антиклинальных структурах в условиях регионального горизонтального сжатия. Поэтому у них часто проявляется связь между элементами залегания: участки контактовых поверхностей, ориентированные нормально к направлению сжатия, имеют большие углы падения, а участки

периклинальных замыканий – меньшие. В интрузивных телах, сформировавшихся путем заполнения трещин отрыва, такая связь между азимутами и углами падения отсутствует. Наличие закономерной связи между азимутами и углами падения крупных интрузивных массивов позволяет прогнозировать морфологию контактовых поверхностей.

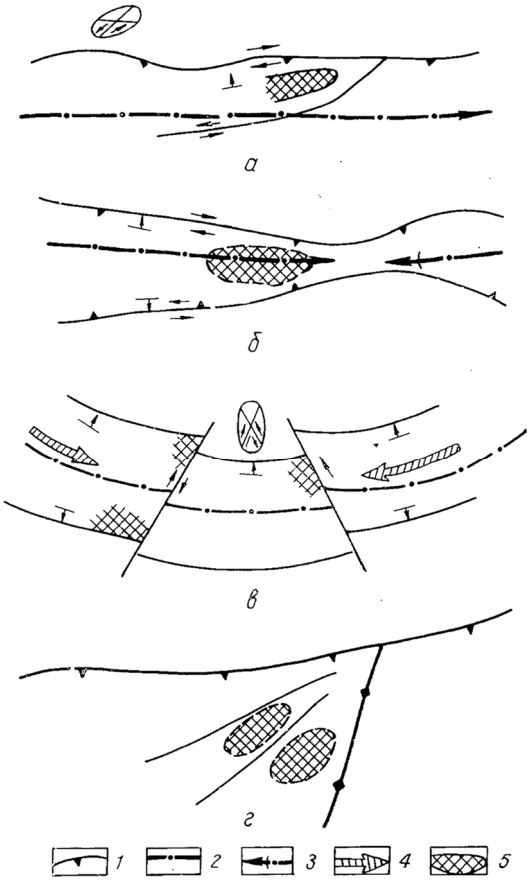


Рис. 1.63. Формирование рудных полей в клиновидных структурах [Атлас]:
1 – ограничивающие разломы; 2 – осевая линия структуры, испытывающей поперечный изгиб; 3 – оси антиклиналей; 4 – направление осевого сжатия; 5 – площади развития минерализации

Характерная особенность полей данного типа – плащеобразный контакт интрузивных пород с вмещающей толщей, пересекаемый системами рудоподводящих трещин. Контакты, как правило, пологие; скарны формировались на фоне гравитационного сползания пород кровли по поверхности интрузива. Приоткрывания участков контактовой поверхности могли происходить под влиянием разных причин (Рис. 1.64).

В условиях горизонтального тектонического растяжения происходит гравитационное сползание кровли по поверхности интрузива, при этом контактовая поверхность приоткрывается по схеме обычного сброса: пологие участки оказываются прикрытыми (нагруженными), а крутопадающие – приоткрытыми (разгруженными). Логообразные прогибы контакта сохраняются приоткрытыми более длительное время, чем антиклинальные выступы. Поэтому эти прогибы, особенно пересекаемые трещинами и разломами, а также участки, круто падающие в сторону сползания пород кровли, наиболее благоприятны для локализации скарнов. В этих условиях скарны занимают значительные по размерам (многие квадратные километры), но обособленные (пятнообразные) площади. Оруденение распространяется почти по всей массе скарнов, но размещается в них неравномерно. Интенсивность оруденения возрастает вблизи рудоподводящих каналов, трещин, даек. Богатые тела образуют линзы, гнезда, удлиненные залежи. Мощности рудных тел заметно увеличиваются в местах логообразных прогибов и пересечения их трещинами, вблизи упоров, образованных секущими дайками, так как при этом

известняки отслаиваются от поверхностей контактов. Скарны как породы весьма хрупкие, подвергаются интенсивному дроблению. Между мощностью скарнов и содержанием в них рудных компонентов, как правило, существует прямая зависимость. Под влиянием даек в породах кровли могут возникать разрывы, в которых локализуются секущие рудные тела.

По составу руд в данном типе преобладают вольфрамовые (шеелитовые); подчиненную роль играют железорудные и свинцово-цинковые. Промышленное значение данного типа достаточно высоко.

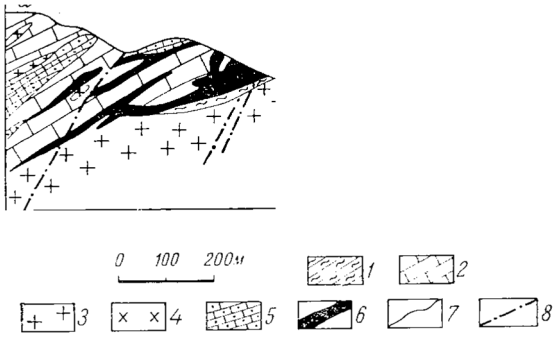


Рис. 1.64. Форма скарновых залежей Лянгарского месторождения [ВЯ]:
1 – сланцы; 2 – мраморизованные известняки; 3 – адамеллиты; 4 – тоналиты; 5 – известково-силикатные роговики; 6 – скарны; 7 – кварцевые жилы; 8 – разрывные нарушения

Рудные поля в грабенах и прогибах пород кровли размещаются на крыльях складчатых структур, в поперечных прогибах, в зонах крупных продольных разломов, насыщенных интрузивными телами щелочного и основного составов. Возникающие при этом породы контактово-метаморфической формации представлены преимущественно интенсивно серпентинизированными известняками и доломитами, являющимися в одних случаях останцами кровли интрузива, сохранившимися в местах ее прогибания, а в других –ксенолитами вмещающих пород среди магматических образований. При этом во вмещающие породы интрудировали многочисленные апофизы и дайки, создавшие резко неоднородную структуру.

Оруденение локализуется вдоль контактов интрузивов и даек. На размещение оруденения влияют как морфология контакта ксенолитов с вмещающими интрузивными породами, так и морфология осложняющих дизъюнктивных нарушений. Наиболее богатые рудные тела приурочены к тем участкам контактовых поверхностей и секущих нарушений, которые ко времени оруденения находились в приоткрытом, ослабленном состоянии. Вдоль даек, апофиз и штокообразных тел локализуются линзообразные, плащеобразные, обертывающие, сложные тела. При небольших размерах останцы и блоки карбонатных пород могут почти полностью быть метаморфизованными и замещенными оруденением. Рудные поля этого типа распространены ограниченно. По масштабам они в основном относятся к мелким и средним, однако не исключена возможность выявления и крупных. В качестве примера на рис. 1.65 приводится разрез полиметаллического месторождения Кургашинкай в Средней Азии.

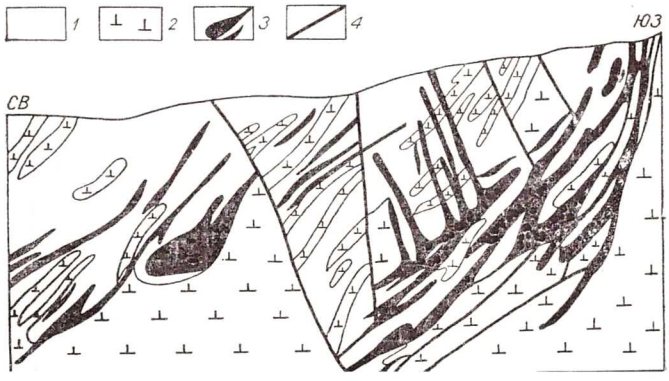


Рис. 1.65. Геологический разрез месторождения Кургашинкан (по Х. А. Акбарову):
1 – известняки; 2 – диориты; 3 – рудные тела; 4 - разломы

Рудные поля в секущих контактах интрузивов с вмещающими породами характеризуются наибольшим структурно-морфологическим разнообразием. Они размещаются на крыльях крупных антиклинальных структур в карбонатной и карбонатно-терригенной формациях в контактах интрузивных тел, осложненных крупными дизъюнктивными нарушениями. Различаются секущие контакты, по которым с интрузивным телом контактируют либо однородные, либо разнородные по литологическому составу и физико-механическим свойствам породы кровли. Сочетания пород с однородными свойствами возникает обычно в карбонатной или эффузивной формациях.

При прорывании ранних интрузивных тел поздними возникшие контактовые поверхности в случае последующего тектонического их обновления нередко оказываются рудоконтролирующими. Их формирование, как правило, сопровождается интенсивными изменениями контактирующих пород (серицитизация, хлоритизация, окварцевание).

Формы рудных тел и условия их залегания определяются морфологией контактовой поверхности и характером смещения вдоль нее. Чаще всего рудоконтролирующим смещением является взброс. Поэтому на размещение оруденения влияют преимущественно изменения углов падения. Рудные тела образуют в плоскости контакта пологосклоняющиеся лентовидные и столбообразные залежи, приуроченные к граням с меньшими углами падения. Это оказывается возможным благодаря сохранению приоткрытых полостей контактовой поверхности. Крутопадающие грани контакта находились в приоткрытом состоянии. Во вмещающих породах под их влиянием развивались системы пологопадающих (5-10°) трещин отрыва, несущих жильную и вкрапленную рудную минерализацию.

Примером служит полиметаллическое рудное поле Верхнее на Дальнем Востоке (Рис. 1.66).

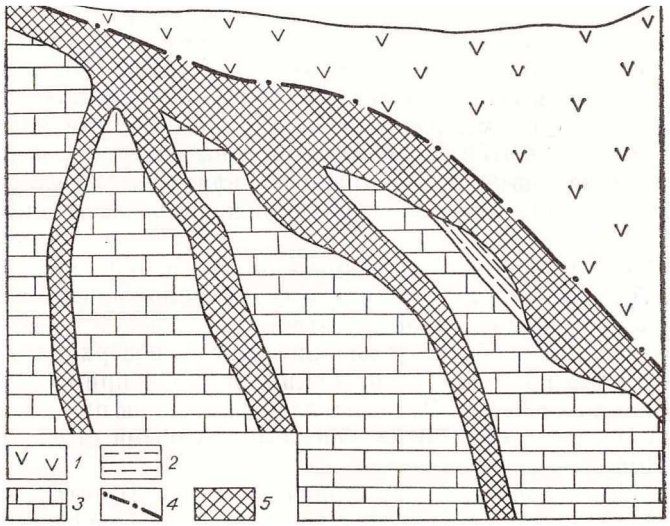


Рис. 1.66. Схема геологического строения месторождения Верхнее (по Х. А. Акбарову):
1 – кварцевые риолиты; 2 – кремнистые породы; 3 – известняки; 4 – разломы; 5 – рудные тела

Промышленное значение рудных полей, связанных с секущими интрузивными контактами, пока невелико. Однако благодаря особенностям структурного и литологического контроля в них преобладает лентообразное залегание рудных тел, которые не всегда вскрываются современным эрозионным срезом. Поэтому следует ожидать более широкого развития скрытого или очень слабо проявленного оруденения.

Соприкосновение интрузива с однородными по составу карбонатными толщами усиливает физическую и механическую анизотропию контактовой зоны. При тектонических воздействиях интрузивное тело как относительно жесткое в меньшей степени подвергается хрупким деформациям, чем окружающие его более мобильные вмещаю-

щие породы. Это обусловливает большую интенсивность хрупких деформаций в приконтактовых зонах. Вдоль контактов возникают пласто- и линзообразные тела скарнов значительного вертикального размаха. На размещение скарнов влияют морфологические особенности контактовых поверхностей, проявляющиеся, как правило, при сбросовых и сбросо-сдвиговых смещениях. Вертикальный размах скарнов лимитируется либо глубиной выполаживания контактовых поверхностей, либо переходом их в иные литологические разновидности пород. При неоднородном составе вмещающих толщ тела скарнов ограничиваются по падению мощностями благоприятных горизонтов и образуют лентообразные залежи значительной протяженности. Скарны и в этих случаях формировались, как правило, на фоне сбросовых движений, осложненных незначительными сдвигами. Поэтому мощности их возрастают на участках крутого падения контактовых поверхностей и снижаются при выполаживании. Оруденение накладывается на скарны и размещается в них неравномерно, локализуясь преимущественно в участках интенсивного дробления и гидротермального изменения. Положение зон дробления в скарнах также связано с морфологическими особенностями контактовых поверхностей лежачего и висячего боков зоны. Наиболее интенсивные тектонические деформации возникают под влиянием тех участков контакта, которые при существовавших движениях оказывались приоткрытыми, нагруженными. Поскольку оруденение формируется в условиях тектонического сжатия, таковыми являются обычно участки крутого падения (приоткрытые при скарнообразовании). Это часто маскирует различия в условиях формирования скарнов и оруденения.

Масштаб рудных полей данного вида чаще всего средний и мелкий. По составу преобладают вольфрамовые, олово-вольфрамовые, полиметаллические. Меньшее значение имеют золоторудные и золото-медные.

Рудные поля в пересечениях контактовых поверхностей разломами. Рудоподводящими каналами в них служат не столько сами контактовые поверхности, сколько зоны пересечения их секущими разломами. Рудные поля формируются преимущественно в карбонатных и карбонатно-терригенных формациях. В складчатых структурах они приурочены к поперечным воздыманиям или прогибам, осложненным поперечными же разломами. Последние представлены обычно сложными тектоническими зонами или дайковыми поясами, что свидетельствует о преобладании растяжения. В интрузивах зоны разломов сопровождаются грейзенизацией и редкометальной минерализацией. В экзоконтактовой части интрузива развиты ореолы метаморфизма, повышающие хрупкость вмещающих пород. Оруденение накладывается на скарны, распространение которых по простиранию контактовой поверхности ограничивается зоной влияния секущего разлома. Скарны локализуются преимущественно на крутых участках контактов и быстро выклиниваются при их выполаживании.

При внедрении интрузива в толщу неоднородного состава, содержащую сравнительно маломощные горизонты известняков, контакт при их пересечении сам приобретает более крутые углы падения.

Масштабы рудных полей данного типа невелики. По составу преобладают вольфрамовые и олово-вольфрамовые.

Рудные поля, связанные с апофизами, дайками и штоками интрузивных пород в породах кровли. Располагаются, как правило, на крыльях антиклинальных структур и приурочиваются либо к крутым продольным разломам, выполненным дайками интрузивных пород, либо к экзоконтактовым зонам крупных интрузивов, осложненных продольными и поперечными дизъюнктивными нарушениями. Оруденение может размещаться либо непосредственно в контакте, породах контактово-метаморфической формации вдоль даек и апофиз.

Условия формирования рудных полей данного типа весьма разнообразны.

Если оруденение локализуется в контактах даек, залегающих в разломах, ведущую роль в его размещении играют искривления контактовой поверхности, приводя-

щие при смещениях по ним к появлению приоткрываний, дробления и трещин оперения.

В карбонатно-терригенной формации оруденение контролируется главным образом литологическими и структурными факторами, приурочиваясь к горизонтам благоприятного состава, а в их пределах – морфологическими особенностями контактовых поверхностей и секущими разрывными нарушениями. Важное значение приобретает состав околожильных изменений. Рудные тела представлены простыми и сложными жилами, линзообразными залежами, рудными столбами, сложными телами.

В карбонатных породах контакты интрузивных тел обычно сопровождаются известковыми скарнами. В зависимости от морфологического типа интрузивного тела скарны образуют контактовые пластообразные и линзообразные залежи, столбообразные и чехлообразные тела (Рис. 1.67 Акб38). Мощности скарнов, как правило, невелики и не превышают первых метров. В связи с пологими апофизами скарны могут возникать под экраном указанных тел. Оруденение в скарнах распределяется неравномерно. Рудные тела локализуются в местах интенсивного дробления и изменения скарнов. На размещение оруденения в первую очередь влияют морфологические особенности контактовых поверхностей и характер тектонических смещений по ним. Рудные тела образуют в скарнах линзы, гнезда, столбы, штокверковые зоны и характеризуются значительной протяженностью (1000-1500 м) и мощностями (первые десятки метров). Вертикальный размах оруденения составляет многие сотни метров, а иногда превышает 1000 м. Выклинивание оруденения обусловливается либо сменой литологического состава пород, либо выполаживанием контактовой поверхности, либо тем и другим вместе. По вещественному составу преобладают полиметаллические рудные поля, меньшее значение имеют вольфрамовые и железорудные.

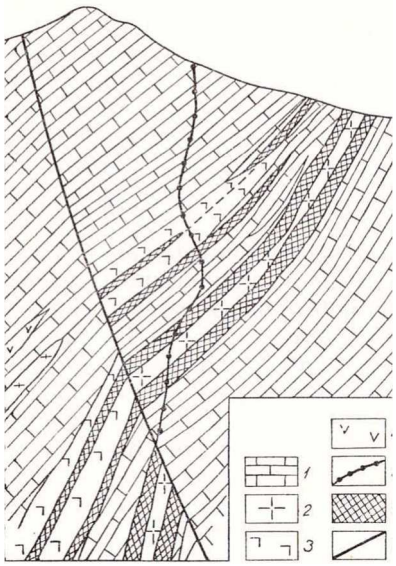


Рис. 1.67. Геологический разрез месторождения Чалата (по Х. А. Акбарову):
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – гранит-порфиры; 4 – порфировые кварцевые риолиты; 5 – порфировые метадолериты; 6 – скарноворудные тела; 7 – разломы

Масштабы рудных полей варьируют в широких пределах, относительное значение их велико.

В целом рудные поля контактового типа имеют большое промышленное значение. Они содержат разнообразные по составу и различные по условиям залегания руды. Главную роль играют высокотемпературные вольфрамово-молибденовые, вольфрамово-оловянные, железорудные с висмутом, среднетемпературные полиметаллические, висмутовые, медные руды. Низкотемпературные минеральные комплексы присутствуют постоянно, но не имеют промышленного значения.

На масштабы рудных полей значительно влияет характер сочетания различных рудоконтролирующих факторов. Наиболее благоприятны совмещение глубокого рудовыводящего канала с контактовой поверхностью и выдержанность литологического состава пород. В этих случаях размеры рудных тел достигают многих сотен и тысяч метров по падению и простиранию.

При секущем положении рудоподводящих каналов относительно рудоконтролирующего контакта рудные тела в однородных карбонатных толщах при большом вертикальном размахе имеют небольшие размеры по простиранию. В карбонатно-терригенных толщах при небольших мощностях известняковых горизонтов, благоприятных для формирования скарнов, рудные тела имеют по падению ограниченные размеры. Вертикальный размах оруденения определяется мощностями вмещающих пород и условиями контактовой поверхности. Варьируя в широких пределах, он достигает в отдельных случаях 2 км.

Внутриинтрузивные рудные поля

Расслоенные интрузивные массивы основного и ультраосновного состава играют огромную роль в мировой минерально-сырьевой базе. С ними связаны крупнейшие месторождения платиноидов, хромитов и титаномагнетитовых руд Бушвельдского лополита в ЮАР (см. рис.1.24), а также сульфидные медно-никелевые залежи в Норильском и Мончегорском районах РФ.

В расслоенных интрузивных массивах щелочного состава известны редкометальные месторождения. Наиболее значительным из них является Ловозерское месторождение на Кольском полуострове. Редкометальное оруденение содержится в слое луявритов-малиньитов, принадлежащих к третьей фазе массива.

Интрузивные массивы кольцевого строения нередко вмещают месторождения карбонатитового типа. Карбонатиты приурочены к жестким блокам земной коры и связаны с нефелиновыми сиенитами. Наиболее распространены редкометальные карбонатиты, хотя известны также железо- и меднорудные массивы.

Рудные поля в системах прототектонических трещин формируются среди интрузивных массивов гранитоидного состава, в осевых частях антиклиналей. Кварцево-сульфидные жилы размещаются в пологих системах прототектонических трещин (Рис. 1.68 Кар 26). Приоткрывание таких трещин возможно только в условиях интенсивного горизонтального сжатия, о чем свидетельствует наличие на прилегающих площадях крутых поперечных трещин отрыва с аналогичной по составу одновозрастной минерализацией. Приоткрывание пологих трещин свидетельствует также о небольшой глубине формирования жил.

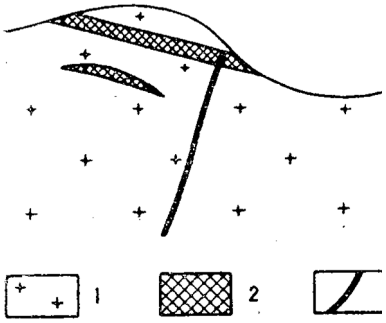


Рис. 1.68. Схематический разрез месторождения в системе прототектонических трещин [Карамазар]:
1 – гранодиориты; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения

Масштабы рудных полей невелики, а их промышленное значение ограничено.

Штокверковые зоны в интрузивах среди осадочных и изверженных пород. Располагаются на крыльях антиклинальных структур и приурочены к зонам крупных разломов (Рис. 1.69 Кар. 28).

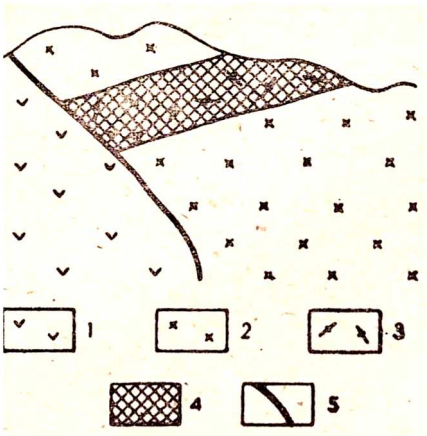


Рис. 1.69. Схематический разрез меднопорфирового месторождения в эффузивах покровного залегания [Карамазар]:

1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезидациты; 3 – рудовмепщающие порфировые кварцевые риолиты; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

Существенная особенность позиции данных рудных полей – пересечение скрытого глубинного разлома разломами иного направления в верхних структурных этажах. Глубинный разлом может быть проявлен штоками гранодиорит- и сиенит-порфиров. Ведущим фактором рудоотложения является массовое дробление сиенито-диоритовых штоков при сдвиговых смещениях по разломам в верхних этажах. Основной фактор размещения оруденения – массовое дробление магматогенных пород при складкообразовании и тектонических движениях по разломам. Формируется вкрапленное и прожилково-вкрапленное оруденение штокверкового типа.

Вулканогенные рудные поля

С площадями развития вулканогенных формаций связаны многочисленные месторождения цветных, редких и благородных металлов, а также урана, железа и других полезных ископаемых. Многие из месторождений являются крупными и уникальными.

Среди рудоносных вулканоструктур П. Д. Яковлев выделяет купола, депрессии, кальдеры, линейные вулканы и поля развития субвулканических тел и корневых частей вулканических аппаратов (Рис. 1.70 ВЯ78).

К *вулкано-купольным постройкам* приурочены многие медноколчеданные, полиметаллические, золото-серебряные ртутные, бериллиевые и урановые месторождения. Пластообразные, жильные и штокверковые рудные залежи располагаются в вулканических покровах. Жильные штокверковые тела находятся внутри и около вулканических жерл конической формы, линейных и трубообразных.

К вулкано-тектонической брахиантиклинали, осложненной крутопадающими продольными и поперечными разрывами, приурочено Сибайское рудное поле. Молодежное медноколчеданное месторождение также размещается в пределах вулканического купола, осложненного многочисленными разрывными нарушениями. Юбилейное месторождение расположено на склоне вулканогенного поднятия, сложенного базальтами, и локализовано в теле кислых вулканитов верхней части разреза базальт-риолитовой формации.

С депрессиями связаны урановые, ртутные, золото-серебряные, полиметаллические и другие месторождения. Вулкано-тектонические депрессии обычно образуются в результате тектоно-магматической активизации и представляют собой образования верхнего структурного этажа. Фундамент депрессий слоен обычно метаморфическими породами докембрия или интрузивными и вулканогенно-осадочными сильно дислоцированными толщами палеозоя. Форма депрессий в плане округлая или неправильная. Падение вулканогенно-осадочных пород обычно пологое, направленное внутрь структуры. Мощность отложений небольшая (до 1,5 км). Под депрессиями, как правило, скрыты древние глубинные разломы фундамента, которые вновь активизировались при формировании депрессии и проникли в толщу вулканогенно-осадочных пород. Кроме того, внутри депрессий и особенно в их основании возникали пологие межпластовые разрывные нарушения. К крутопадающим разрывным нарушениям обычно приурочены

субвулканические тела и дайки различного состава, а также тела эруптивных брекчий. Рудные тела имеют пластообразную, реже жильную и неправильную штокверковую форму. Оруденение контролируется крутопадающими, а также пологими межпластовыми разрывными нарушениями и локализуется главным образом в отложениях депрессии. Реже рудные тела возникают в породах фундамента.

Кальдеры – это вулкано-тектонические депрессии концентрической или неправильной формы, в которых опущен центральный блок. Поперечные размеры кальдер колеблются от 2 до 30 км. Эти структуры характерны для комплексов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, формирующихся на платформах и щитах. Положение их определяется узлами сопряжения и пересечения крупных глубинных разломов. Для кальдер типичны радиальные, кольцевые и конические разрывные нарушения.

Часто кальдеры встречаются в районах развития риолит-андезитовой, риолитовой и риолит-гранитной формаций, типичных для складчатых областей и тектоно-магматической активизации. Магматические комплексы в таких областях слагает верхние структурные этажи. Более древнее складчатое основание разбито на отдельные блоки глубинными долгоживущими разломами. Кальдеры здесь часто имеют вытянутую форму и располагаются в узлах сопряжений глубинных разломов, а во многих случаях бывают приурочены к вулкано-купольным структурам, которые на поздних стадиях развития преобразуются в кальдеры.

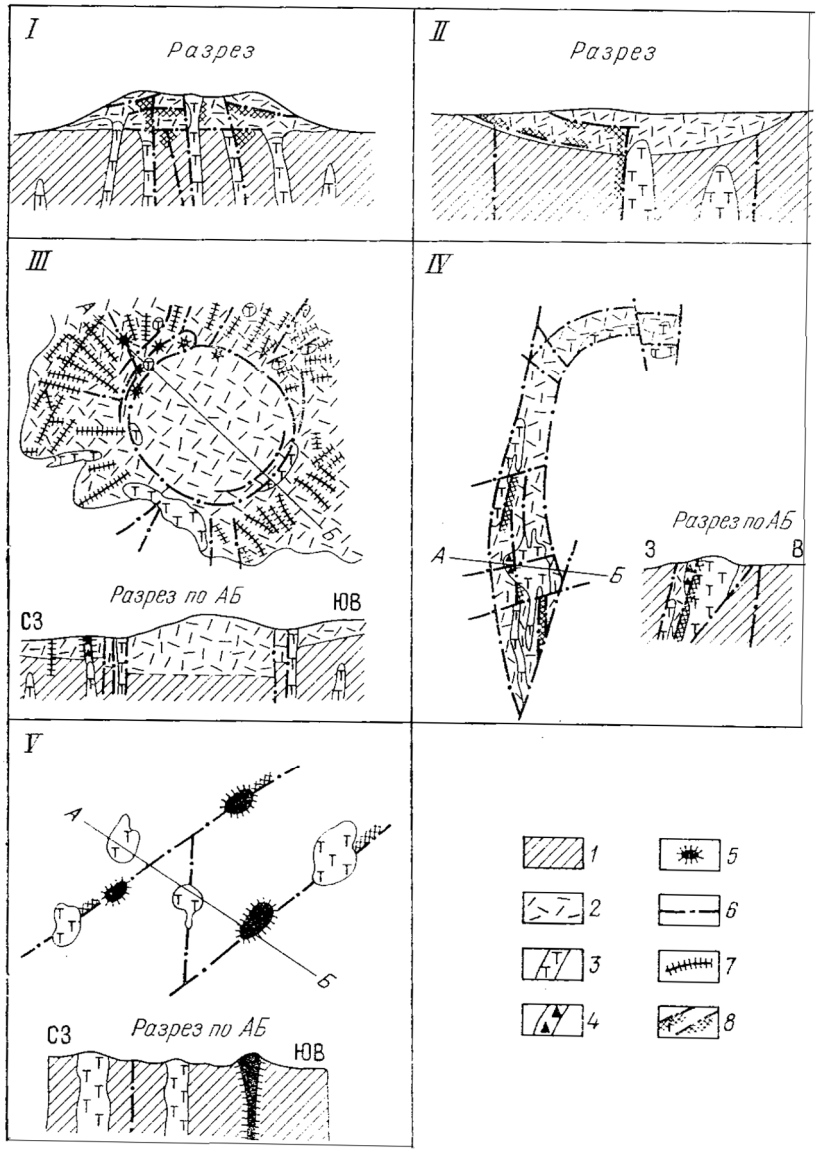


Рис. 1.70. Принципиальные геологические схемы (I-V) рудоносных палеовулканических сооружений (по П. Д. Яковлеву):
1 – складчатые основания нижних структурных ярусов или этажа (вулканогенно-осадочные, метаморфические и интрузивные породы, на планах не заштрихованы); 2 - покровы эффузивов с подчиненными горизонтами осадочных пород; 3 – экструзивные и субвулканические тела; 4 – лавобрекчии жерловой фации; 5 – вулканические жерла; 6 – разрывные нарушения; 7 – дайки и жилы преимущественно в радиальных разрывных нарушениях; 8 – рудные тела и минерализованные разрывные нарушения

Крупные кальдеры относятся к вулкано-тектоническим структурам первого порядка. Геологическое строение их сложное: широко распространены многофазные вулкано-плутонические комплексы пород, разрывные нарушения и гидротермально измененные вмещающие породы.

В зависимости от особенностей геологического строения и способов формирования выделяется четыре структурных подтипа кальдер: 1) эксплозивные без кольцевых и радиальных нарушений; 2) с опущенным центральным цилиндрическим блоком; 3) комбинированного происхождения – эксплозии и опущенный центральный блок; 4) скрытовулканические сооружения.

Линейные вулканические сооружения характерны для образований риолитовой и риолит-гранитной формаций. К ним относятся массивы рудоносных вторичных кварцитов и золото-серебряные месторождения Северо-Востока России и др.

В размещении образований риолитовой и риолит-гранитной формаций главное значение имеют глубинные долгоживущие разломы, заложенные в нижних структурных этажах и ярусов. Протяженность их измеряется многими десятками километров. Однако вулканогенно-интрузивные комплексы локализуются на отдельных участках этих разломов в местах их изгибов, разветвлений, а также сопряжений и пересечений с поперечными разрывными нарушениями. Геологическое строение рудоносных участков сложное. Узкие тектонические зоны выполнены вулканогенно-осадочными толщами, породами жерловой фации и субвулканическими образованиями.

Среди линейных вулканических сооружений различают постройки без грабенов, а также грабены, в которых узкие вытянутые блоки вулканических пород, зажатые среди древних метаморфических толщ, опущены на значительную глубину. Встречаются изогнутые линейные сооружения. Иногда грабены оканчиваются дуговидными изгибами.

Вулканические жерла и субвулканические тела в линейных сооружениях являются преимущественно трещинными, вытянутыми по направлению сооружения.

К вулканическим жерлам, обычно бескальдерным (линейным, коническим, трубообразным и сложной формы), приурочены внутри- и околожерловые и комбинированные месторождения с жильной, штокверковой и столбообразной формой рудных тел, а также межпластовые залежи около жерл. Вертикальный размах оруденения бывает значительным и достигает 1,5 км.

Субвулканические массивы и корневые части вулканических аппаратов и связанное с ними оруденение обнажаются на современной поверхности при значительном эрозионном срезе древних вулканических сооружений среди пород фундамента. Вулканические покровы отсутствуют. Форма и закономерности пространственного размещения субвулканических тел и вулканических жерл определяются в первую очередь тектоническим строением фундамента и прежде всего зонами глубинных разломов, узлами их сопряжения и пересечения. Корни вулканических жерл чаще всего располагаются непосредственно в зонах разломов, узлах их пересечения, сопряжения и разветвления Субвулканические массивы занимают обычно более значительные площади вокруг вулканических центров и приурочены как к главным разломам, так и к сопряженным с ними более мелким разрывным нарушениям.

Наконец, в трубках взрыва локализуются крупные меднопорфировые месторождения, а также молибденовые, золоторудные, урановые объекты. Парагенетически они связаны с малыми гипабиссальными интрузивами и формировались, как и интрузивы, в

условиях небольших глубин. Положение полей трубок взрыва. Связанных с малыми интрузивами, контролируется главным образом региональными зонами разрывных нарушений: узлами их сопряжения и пересечения. При этом, важное значение имеют контактовые зоны интрузивных массивов и скрытые куполовидные поднятия.

Выделяются две основные разновидности трубок взрыва. Одни трубки (Эль-Сальватор в Чили, Токепала в Перу) приурочены к куполовидным выступам интрузивных массивов, апикальным частям неправильных штоко- и трубообразных гипабиссальных тел, а также к кольцевым малым интрузивам, другие (карбонатитовые месторождения) – к разрывным нарушениям в различных породах.

Отдельные трубки размещаются в участках изгиба, пересечения, сопряжения и разветвления разрывных нарушений, в местах сопряжения оперяющих трещин с главными разломами, пересечения контактов пород и даек разрывами, на контактах разных пород.

В полях развития трубок, возникших в результате прорыва газов, системы трещин или отдельные разрывы, так же как единичные трубки, являются структурами второго и более высокого порядков. Здесь выделяются линейные, кольцевые и полукольцевые, радиальные и оперяющие трещины, контролируемые крупными разрывными нарушениями и зонами повышенной трещиноватости. Брекчии, выполняющие рассматриваемые трубки, формируются чаще всего в несколько этапов, что обусловлено неоднократными мгновенными прорывами газов.

Гидротермальная минерализация, связанная с трубками взрыва, локализуется как внутри них, так и во вмещающих породах.

Таким образом, приведенная характеристика структурно-геологических типов эндогенных рудных полей достаточно отчетливо определяет влияние свойств пород, структурно-тектонических позиций и типов деформаций на особенности размещения оруденения.

Складчатые рудные поля преобладают в слоистых толщах. Они связаны преимущественно с изгибами, виргациями, ундуляциями складчатых структур, сложенных сравнительно однородными пластичными толщами. Разрывная тектоника приобретает наибольшее значение в конце процесса складкообразования. Из этой группы наиболее распространены рудные поля в антиклиналях, осложненных разломами и дайковыми поясами.

Разрывные рудные поля располагаются преимущественно в формациях, сложенных эффузивными и интрузивными породами, в меньшей степени – карбонатными, и практически отсутствуют в сланцевых. Главную роль в размещении оруденения играют относительные перемещения вдоль разрывных структур, часто связанные с искривлениями в плане складчатых сооружений. Складчатые деформации в значительной мере развиваются под влиянием разломов под влиянием разломов.

В контактовых рудных полях главное значение приобретают морфология интрузивных тел и характер совместных деформаций их с вмещающими породами. В зависимости от элементов залегания контактов рудные поля имеют большие площади простирания (несколько десятков квадратных километров) при пологих падениях или большой вертикальный размах (до 1-2 км) при крутых.

Для внутриинтрузивных рудных полей характерны частичная ассимиляция пород кровли, а также тектонические деформации, приводящие к дроблению пород в эндоконтактовой части и обновлению прототектонических элементов внутренней структуры.

Вулканогенные рудные поля приурочены к вулканическим постройкам, а внутри них преимущественно к участкам пересечения вулканоструктур разрывными нарушениями.

Экзогенные рудные поля

Для экзогенных рудных полей главными рудоконтролирующими факторами являются геоморфологический, климатический и тектонический.

Геоморфологические факторы представлены формами рельефа земной поверхности. В их образовании главную роль играют разные рельефообразующие процессы - денудация, эрозия, аккумуляция, карстообразование и т.д. Климатические факторы определяют физико-химические процессы рудообразования. Роль тектонического фактора выражается в формировании конседиментационных поднятий и депрессий, в образовании которых часто участвуют конседиментационные разломы.

Г. Ф. Яковлев предлагает следующую классификацию структур экзогенных рудных полей.

1. Субаэральные (континентальные):
1) денудационные;
2) эрозионные;
а) долинные,
б) котловинные;
3) карстовые.
2. Субмаринные (морские):
1) прибрежно-морские
2) баровые;
3) рифовые;
4) оползневые;
5) поверхности несогласия;
6) структуры выклинивания.
3. Тектоно-экзогенные:
1) конседиментационные депрессии;
2) конседиментационные поднятия.

Субаэральные (континентальные) рудные поля

Денудационные структуры связаны с региональными корами выветривания площадного типа. Они образуются на поверхностях выравнивания, называемых также пенепленами или денудационными равнинами (1.71 Я82).

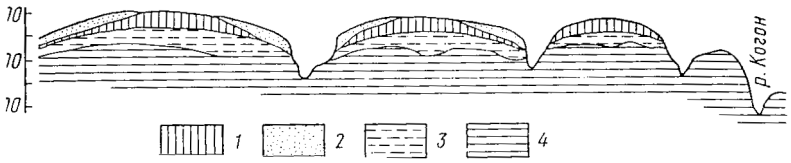


Рис. 1.71. Денудационная структура – поверхность выравнивания; схематический геологический разрез месторождения Боке в Гвинее (по М. В. Дубовской и Б. М. Одокия):
1-3 – образования коры выветривания: 1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – сланцы ордовика

Рудные поля денудационного типа представляют собой крупные пластообразные (платообразные) тела, которые формируются в конце крупных геоморфологических циклов.

В эту группу относятся месторождения каолина, латеритные бокситы (Боке и другие), бурые железняки, силикатные никелевые руды и т. д.

Эрозионные структуры – это поверхности, выработанные проточной водой. К ним относятся речные долины, эрозионные террасы, уступы, озерные котловины (Рис. 1.72 Я 83).

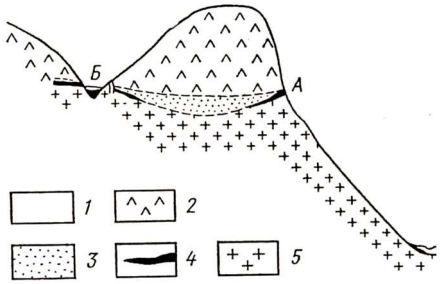


Рис. 1.72. Эрозионные структуры – долины; геологический разрез через погребенные неогеновые и современные золотые россыпи на Дальнем Востоке (по Н. С. Ильиной):
1 – современные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые базальты; 3 – неогеновые осадочные отложения; 4 – россыпи; А – неогеновые, Б – современные; 5 – граниты и гранитогнейсы

Рудные залежи эрозионного типа образуются в результате аккумуляции, а их размещение и форма определяются элементами строения эрозионных структур – долин и котловин.

Речные долины заключают главным образом аллювиальные россыпи ценных минералов – золота, платины, алмазов и пр. С ними связаны также месторождения строительных материалов – гравия, песка, глины. Кроме того, с погребенными речными долинами юрского возраста связаны гидрогенные месторождения урана инфильтрационного типа (Далматовское и Хохловское).

Россыпи разделяются на несколько подклассов, в зависимости от геоморфологических элементов долин, с которыми они связаны – русловые, косовые, террасовые, дельтовые и др. различают россыпи современные и погребенные. Уникальное месторождение золото-урановых конгломератов Витваттерсранд в ЮАР, по одной из точек зрения, представляет собой погребенную дельтовую россыпь.

Озерные котловины развиты преимущественно на платформах. Они заключают осадочные месторождения железа, марганца, бокситов и др.

Карстовые структуры формируются в результате карстовых процессов, которые принято разделять на три группы: 1) экзогенные – связанные с подземными водами, 2) эндогенные – вызванные деятельностью гидротермальных вод и 3) полигенные и полихронные – сочетающие подземные воды и гидротермальные растворы.

Общей чертой для всех генетических типов карста является наличие благоприятных для растворения пород, часто карбонатных. Такие месторождения часто встречаются на Урале – бокситы СУБРа (Рис. 1.73 Я85), силикатные никелевые руды Уфалейского и других районов, инфильтрационные месторождения железа алапаевского типа, в том числе Кашинское и Свято-Чудовское в окрестностях г. Сухой Лог.

Субмаринные (морские) рудные поля

Важнейший промышленный тип для редкометальных месторождений представляют собой прибрежно-морские россыпи (ПМР), связанные с зонами пляжа и подводного склона. Современные ПМР распространены в приэкваториальных странах – Австралии, Индии, Бразилии. Форма рудных тел этих месторождений лентообразная. Россыпи являются регенерирующимися, то есть восстанавливающимися за счет продолжающегося привноса морем редкометальных минералов. Известны также погребенные ископаемые ПМР.

Бары – крупные аккумулятивные формы, протягивающиеся вдоль берега моря. Они частично или полностью отделяют от моря крупные морские заливы – лагуны. В лагунах создаются особые условия седиментации. Лагуны превращаются в соляные бухты, где происходит отложение минеральных солей. Примером баровых структур

является месторождение мирабилита в Карабугазском заливе, а также месторождения медистых сланцев и свинцово-цинковых руд.

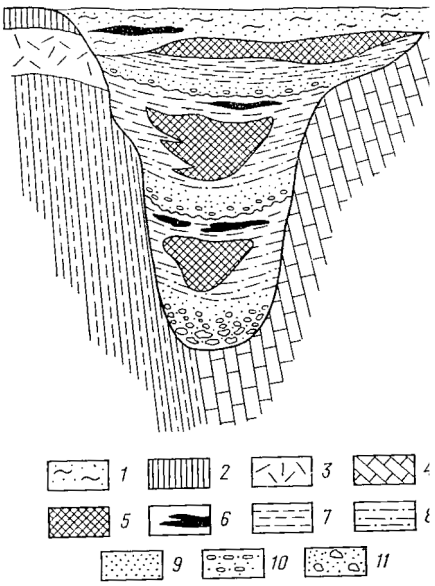


Рис. 1.73. Схема полициклического карстового бокситового месторождения (по Д. Г. Сапожникову): 1 – четвертичные и неогеновые песчано-глинистые отложения; 2 – каолинитовая зона коры выветривания; 3 – зона дезинтеграции коры выветривания; и4 – известняки; 5 – бокситы; 6 – лигниты; 7 - глина; 8 – алевриты; 9 – пески; 10 – гравийный материал; 11 – грубообломочный материал

Рифовые структуры отличает карбонатный состав и кластическое строение. С ними связано стратиформное оруденение.

Оползневые структуры образуются в результате гравитационного оползания слоев на склонах подводных поднятий. Формируются оползневые складки, сложенные подводно-коллювиальными брекчиями. Такие процессы, вызванные ростом кислых экструзивных куполов, развиты на многих медноколчеданных месторождениях.

Важным структурным типом рудных полей являются поверхности несогласия, с которыми сопряжены крупнейшие месторождения урана Канады и Австралии. Аналогичная поверхность контролирует бокситовые месторождения СУБРа (Рис. 1.74 Я 88).

Структуры выклинивания представляют собой участки резких фациальных изменений рудовмещающих толщ, выклинивание тех или иных пород, к которым приурочены рудные концентрации. Оруденение вмещается зонами брекчирования и трещиноватости на фациально-геохимическом барьере.

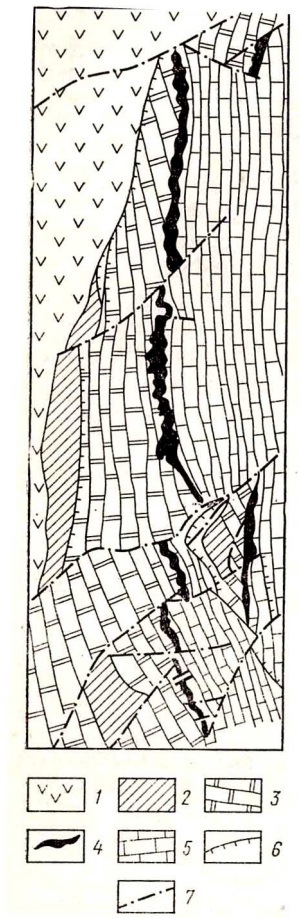


Рис. 1.74. Поверхности несогласий. Геологическая схема месторождения Красная Шапочка на Северном Урале (по А. В. Пейве): 1 – вулканические породы сосьвинской свиты; 2 – слоистые известняки сарайной свиты; 3 – массивные известняки петропавловской свиты; 4 - бокситы; 5 – известняки варганской свиты; 6 – надвиги; 7 - сбросы

Тектоно-экзогенные рудные поля

С конседиментационными депрессиями – мульдами связаны в первую очередь осадочные месторождения железа, например, Керченское в Крыму (Рис. 1.75 Я 90). С конседиментационным поднятиям приурочены уникальные стратиформные свинцово-цинковые месторождения междуречья Миссисипи-Миссури, гидротермальные залежи флюорита и др.

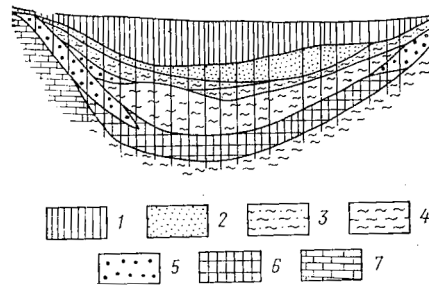


Рис. 1.75. Конседиментационная депрессия (мульда) на Керченском месторождении, геологический разрез (по Ю. Ю. Юрку и др.):
1 – лессовидные суглинки; 2 – пески и алевриты; 3 – глины песчаные; 4 – глины; 5 – икряные, обломочные и обломочно-оолитовые руды; 6 – табачные оолитовые руды; 7 – известняки

Метаморфогенные рудные поля

Среди метаморфогенных рудных полей Г. Ф. Яковлев выделяет 3 структурных типа:

1) гранито-гнейсовые купола и блоки;
2) зеленосланцевые зоны;
3) зоны смятия.

Рудные поля в гранитогнейсовых куполах

Гранито-гнейсовые купола развиты, главным образом, на древних докембрийских щитах, реже в фанерозойских складчатых областях, в частности, на Урале. Это крупные структуры, размер которых в поперечнике составляет километры – десятки километров. Купола сложены гранитизированными породами – мигматитами и гранито-гнейсами, которые на глубине сменяют граниты магматического облика. Внутреннее строение куполов сложное. В центральных частях обычно обнаруживаются реликты складчатой структуры. Кристаллы в породах ориентированы параллельно поверхности купола.

С гранито-гнейсовыми куполами связаны месторождения полиметаллов, железа и золота, слюд – мусковита, флогопита, а также талька, графита, антофиллита и других полезных ископаемых. Для России наиболее значительны месторождения слюд (Рис. 1.77 Я 75).

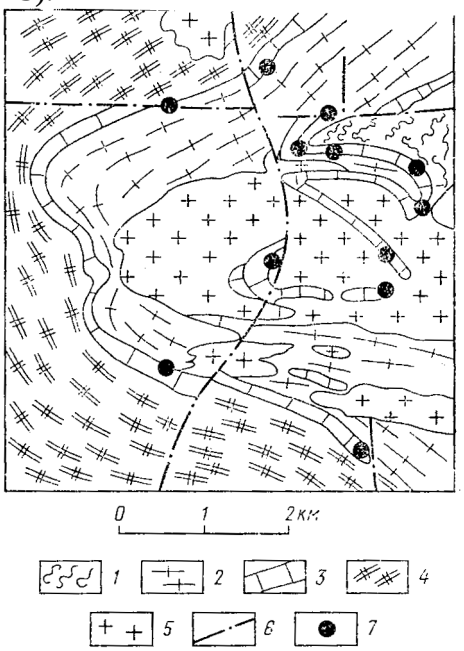


Рис. 1.77. Куранахское флогопитовое поле в Южной Якутии, приуроченное к гранитогнейсовому куполу (по Б. П. Фоменкову): 1 – верхний гнейсовый горизонт; 2 - продуктивные горизонты (мраморы, ткальцитифиры); 3 – средний гнейсовый горизонт; 4 – нижний гнейсовый горизонт; 5 - граниты; 6 – разрывные нарушения; 7 - флогопитовые месторождения

Мамская кристаллическая полоса вмещает одноименную слюдяную провинцию, объединяющую ортомагматические месторождения мусковита. Гранито-гнейсовые купола, сложенные породами мамской серии, интенсивно деформированы и перекристаллизованы. Месторождения располагаются в участках пересечения зон вторичного рассланцевания (регрессивного метаморфизма) или к отдельным зонам и приурочены к телам мусковитовых пегматитов. Встречаются также керамические пегматиты.

Флогопитовые месторождения известны на Южном Алдане. Рудные поля размещаются на крыльях гранито-гнейсового купола и приурочены к линейным синклинальным зонам, окаймляющим ядро купола. Одно из них – Куранахское флогопитовое поле. Наиболее перспективными являются опрокинутые в сторону купола узкие клинообразные синклинали, крылья которых осложнены складками волочения, разрывными нарушениями, трещиноватостью.

Рудные поля в зеленосланцевых зонах

Зеленосланцевые синклинальные зоны встречаются чаще всего в двух позициях: 1) окаймляют гранито-гнейсовые блоки и купола; 2) выполняют вулканогенные троги, приуроченные к глубинным разломам.

Внутреннее строение зон также сложное. Для них характерны складки течения, будинаж. Складчатость осложнена продольными и диагональными разломами, зонами рассланцевания и трещиноватости. В этих структурных элементах залегают рудные тела.

Наиболее яркие примеры месторождений в зеленосланцевых зонах – Криворожский железорудный бассейн (Рис. 1.77 Я 76), золоторудное поле Колар в Индии. К зе-

леносланцевым зонам приурочены также разнообразные руды черных, цветных, благородных и редких металлов.

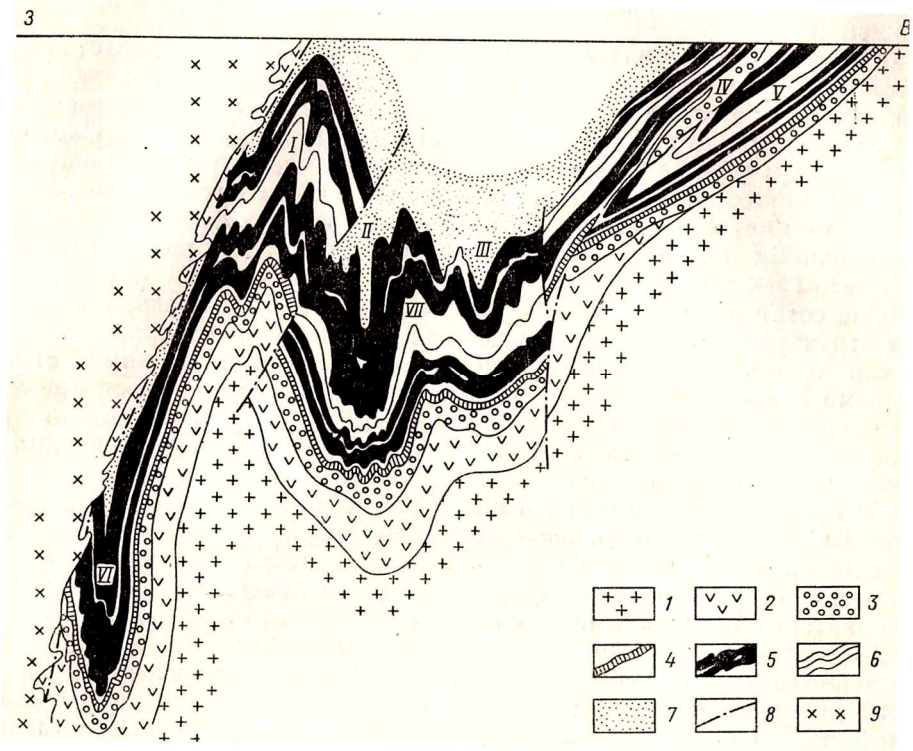


Рис. 1.77. Геологический разрез зеленосланцевой синклинальной зоны Криворожского железорудного бассейна (по Я. Н. Белевцеву):
1 – саксаганские плагиограниты; 2 – амфиболиты; 3 – нижняя свита криворожской серии; 4 – тальк-карбонатный горизонт; 5 – железорудные горизонты средней свиты; 6 – сланцевые горизонты средней свиты; 7 – верхняя свита; 8 – тектонические перемещения; 9 – кировоградские микроклин-плагиоклазовые граниты. *I* – Тарапако-Лихмановская антиклиналь; *II* – Западно-Ингулецкая мульда; *III* – Восточно-Ингулецкая мульда; *IV* – Саксаганская антиклиналь; *V* – Саксаганская синклиналь; *VI* – Лихмановская синклиналь; *VII* – Советская антиклиналь

Криворожский железорудный бассейн слагают зеленокаменные породы криворожской серии протерозойского возраста мощностью около 4000 м. Метаморфические сланцы слагают сложную синклинальную зону меридионального простирания, выполняя вулканогенный трог между гранито-гнейсовыми комплексами архея. Породы смяты в складки, метаморфизованы и прорваны разными изверженными породами. В целом Криворожский синклинорий представлен серией крупных складок, осложненных складчатостью более высокого порядка и многочисленными разрывами. Рудные поля приурочены к складчато-разрывным структурам. Различают бедные рудные тела – серии согласных пластов железистых кварцитов протяженностью десятки километров и мощностью десятки метров, и богатые рудные тела, залегающие среди железистых кварцитов и приуроченные к тектоническим структурам – флексурам, шарнирам складок течения, складкам скалывания, зонам рассланцевания и трещиноватости, структурам будинажа и разрывным нарушениям. Форма богатых рудных тел пластовая, линзообразная, лентовидная и столбообразная. Богатые руды образовались вследствие дополнительного привноса железа и выноса нерудных компонентов – кремния и др.

Криворожские железистые кварциты наряду с гематитом и магнетитом содержат урановые минералы – настуран, уранинит, урановые черни и разрабатываются как урановые руды. Примером таких объектов является ныне отработанное месторождение Желтые воды.

Отметим, что месторождения типа железистых кварцитов содержат около 80% мировых запасов железа, но представляют собой бедные руды, в настоящее время не конкурентоспособные.

Рудные поля в региональных зонах смятия

Региональные зоны смятия, по сути, являются физическим выражением глубинные разломов. Их мощность составляет километры и десятки километров, протяженность по простиранию – сотни километров, по падению – километры. Строение зон смятия также сложное. Региональные зоны смятия состоят из локальных зон, чередующихся с блоками менее метаморфизованных и рассланцованных пород. Локальные зоны, в свою очередь, состоят из кулисно расположенных зон рассланцевания и трещиноватости. Они сложены динамо-метаморфизованными породами – различными тектонитами.

В пределах зон смятия развиты сжатые до изоклинальных, параллельно ориентированные линейные складки продольного изгиба, а также складки течения и скалывания. Тектониты характеризуются сланцеватостью, линейностью, будинажем, трещиноватостью, разрывами и др.

Зоны смятия более характерны для древних щитов, но известны и в складчатых областях.

Зоны смятия – это подвижные и проницаемые структуры, к ним приурочены пегматитовые, грейзеновые, альбититовые, собственно гидротермальные и метаморфогенные месторождения руд черных, цветных, благородных и редких металлов, а также неметаллического сырья – керамического, пьезооптического, слюд и др.

Как правило, региональные зоны смятия вмещают рудные районы, локальные зоны смятия – рудные поля, а зоны рассланцевания и трещиноватости и другие структурные элементы в их пределах вмещают рудные тела.

В Северо-Западном Прибайкалье находится Даванская зона смятия (Рис. 1.78 Я77). Она приурочена к системе глубинных разломов краевого шва юга Сибирской платформы и прослеживается в виде полосы шириной от 5 до 50 км в субмеридиональном направлении. Полоса сложена метаморфизованными осадочно-вулканогенными и плутоническими породами среднего протерозоя. В ее строении наблюдается следующая зональность: 1) осевая часть зоны, отвечающая амфиболитовой фации метаморфизма, сложена гнейсами и палингенезными гранитами и вмещает редкоземельное оруденение; 2) промежуточная зона относится к эпидот-амфиболитовой фация и несет редкометальную минерализацию; 3) периферическая зона принадлежит к зеленосланцевой фации и содержит сульфидные руды. Рудные тела приурочены к участкам наиболее интенсивного дислокационного метаморфизма, тесно связанным с разломами.

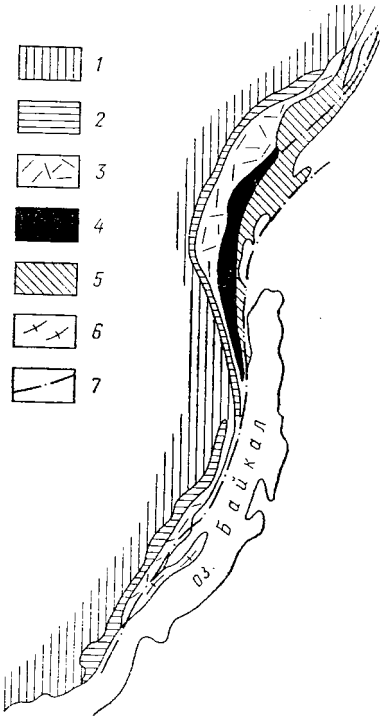


Рис. 1.78. Схема Даванской зоны смятия в Прибайкалье (по М. П. Лобанову):
1 – терригенные отложения нижнего палеозоя; 2 – терригенно-карбонатные отложения верхнего протерозоя; 3 – Прибайкальский вулкано-плутонический пояс среднего протерозоя; 4 – метаморфические (вплоть до палингенных гранитов) и метасоматические образования (в том числе редкометальные метасоматиты) Даванской зоны смятия; 5 – осадочно-метаморфические образования архея Байкальской глыбы; 7 – главнейшие разломы

Контрольные вопросы

1. Назовите структурные типы рудных полей
2. Перечислите структурные группы эндогенных рудных полей
3. Назовите разновидности рудных полей складчатого типа?
4. Приведите примеры рудных полей складчатого типа
5. Назовите разновидности рудных полей разрывного типа
6. Приведите примеры рудных полей, связанных с разломами
7. Назовите разновидности рудных полей контактового типа
8. Приведите пример рудных полей в интрузивных контактах
9. Охарактеризуйте внутриинтрузивные рудные поля
10. Назовите разновидности вулканогенных рудных полей
11. Приведите примеры рудных полей в вулканических структурах
12. Перечислите основные типы экзогенных рудных полей
13. Приведите примеры континентальных рудных полей
14. Приведите примеры рудных полей морского генезиса
15. Приведите пример тектоно-экзогенных рудных полей
16. Перечислите основные типы метаморфогенных рудных полей
17. Приведите примеры метаморфогенных рудных полей

Тема 4. Методы структурных исследований рудных полей

Общая характеристика методов структурного анализа рудных полей

Картировочные методы

Картировочные методы направлены на построение специальных структурных карт. Их разнообразие связано с различием генетических типов месторождений. На магматических месторождениях применяется структурно-петрологический метод, на гидротермальных – морфогенетический (палеотектонический), на вулканических, соответственно, палеовулканический. Для месторождений выветривания эффективен, в первую очередь, палеоклиматический метод, для осадочных – палеофациальный, палеогеографический и палеогеоморфологический. Анализ метаморфогенных месторождений включает изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод).

Перечисленные картировочные методы аналогичны по своей сути.

Структурно-петрологические (палеоплутонические) исследования состоят в последовательном выполнении следующих работ: а) выделение фаций плутонитов – главных и дополнительных фаз, жильных серий, фаций сателлитов; б) анализ их размещения в пределах рассматриваемой площади; в) реставрация истории становления плутонических тел; г) определение места оруденения в этой истории; д) выявление рудоносных фаз и оконтуривание перспективных участков.

Палеовулканический метод включает: а) выделение вулканических фаций; б) анализ их размещения; в) палеовулканические реконструкции; г) определение места оруденения в вулканическом процессе; д) выявление рудоносных и оконтуривание рудоносных участков.

Палеофациальные работы объединяют: а) выделение фаций осадочных пород; б) анализ их распространения; в) реставрация палеофациальных условий; г) определение места оруденения в палеофациальной обстановке; д) выявление рудоносных структур и прогноз.

*Изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (*палеометаморфический метод), в свою очередь, это: а) выделение метаморфических фаций и минеральных ассоциаций; б) анализ их размещения; в) реставрация истории формирования комплекса; г) определение места оруденения в нем; д) выявление рудоносных фаций и прогноз.

Некоторой спецификой отличаются морфогенетический (палеотектонический или палеогидротермальный) и морфоструктурный (палеогеоморфологический) методы.

Морфогенетический метод применяется для глубоко вскрытых гидротермальных месторождений и заключается в реставрации направления движения потока рудообразующих растворов, оценке вертикальной протяженности и степени эродированности месторождений.

Морфоструктурный метод применяется для экзогенных и полигенных месторождений. Он основан на сопоставлении рельефа поверхности с ее геологической структурой; исследовании морфоструктуры, возникшей при взаимодействии экзогенных и эндогенных факторов.

Наконец, два из названных выше картировочных методов являются универсальными, то есть они применимы к месторождениям любого генезиса. Это структурная съемка и морфометрический анализ.

Структурная съемка – это построение специальных структурных карт, на которых показывают разрывные и складчатые нарушения и их характеристики.

Морфометрический анализ состоит в изучении связи оруденения с рельефом продуктивных структурных поверхностей. Изучение рельефа осуществляется методом его

геометризации. В результате устанавливаются рудообразующие деформации и реконструируется механизм формирования месторождения.

Аналитические методы

Аналитические методы картирования предполагают проведение специфических структурных исследований.

Наибольшим распространением пользуется *анализ мелкой трещиноватости*. Он включает массовые замеры трещин, статистическую обработку замеров и собственно анализ. Метод имеет широкие возможности, он позволяет определять: 1) региональный план тектонических деформаций (осей тектонических напряжений); 2) локальные вариации плана деформаций; 3) тип, генезис и этапы рудообразующих деформаций; 4) возрастные взаимоотношения оруденения с различными геологическими телами; 5) механизм рудообразования в целом (в совокупности с другими методами). Применение метода не требует каких-либо особых приспособлений или навыков, он общедоступен и дает разнообразные и достаточно определенные данные.

Тектонофизический анализ базируется на основных положениях тектонофизики, основоположником которой является М. В. Гзовский. Тектонофизический анализ также заключается в реставрации плана тектонических напряжений, то есть ориентировки осей тектонических деформаций. Основой анализа тоже является изучение мелкой трещиноватости. Положение осей устанавливается по ориентировке сопряженных систем трещин, осей складчатости, плойчатости и другим признакам. Определенная неоднозначность состоит в правильном выделении сопряженных систем, для чего разработан целый ряд признаков. Оси деформации определяются как линии пересечения сопряженных систем в результате графических построений на специальной сетке.

Микроструктурный анализ основан на определении ориентировки минералов в горных породах и рудах, возникшей в результате тектонических (метаморфических, метасоматических и др.) процессов. Метод позволяет сделать выводы о структурных условиях формирования рудовмещающих пород и руд. Микроструктурный анализ заключается в отборе ориентированных образцов, изготовлении из них ориентированных шлифов и последующем изучении их на столике Федорова с замером ориентировки оптических осей. Метод отличается трудоемкостью, он требует большой точности и аккуратности, высокой квалификации исполнителя. При этом он должен сочетаться с другими методами, и результаты его не всегда интерпретируются однозначно. Кроме того, в классических вариантах микроструктурного анализа используются только одноосные минералы – кварц, кальцит, слюды, хотя позднее разработаны модификации и для других минералов – барита, оливинов, пироксенов, рудных минералов.

Структурно-петрофизический анализ основан на изучении физико-механических свойств горных пород (петрофизических свойств). С помощью специальных структурно-петрофизических диаграмм выделяются деформированные и недеформированные породы, реставрируются палеотектонические поля напряжений, этапы развития рудоносных структур. Метод использует математическое моделирование физико-механических свойств горных пород, руд, полей напряжений для разных механизмов деформаций.

Геометризация рудоконтролирующих поверхностей

Цели и задачи метода

Анализ условий размещения месторождений полезных ископаемых разных типов показывает, что все они приурочены к той или иной геологической поверхности, которая входит в число ведущих рудоконтролирующих факторов. Так, расположение магматических месторождений всегда определяется конфигурацией интрузивного контакта. Альбититовые, грейзеновые и порфировые рудные поля связаны с апикальными ча-

стями массивов гранитоидов. Скарновые залежи образуются в контактовой зоне силикатных и карбонатных пород. Рудные жилы – это тела выполнения разломов, которые также характеризуются обычно сложной поверхностью. Осадочные месторождения четко контролируются рельефом дна палеобассейна, границами слоя рудоносных пород и т.д. Подавляющее большинство нефтяных и газовых залежей находится в сводовых частях антиклинальных складок, вследствие чего для поисков используется составленная по данным сейсмических исследований структурная карта поверхности нефтеносной толщи.

Таким образом, разные геологические поверхности контролируют размещение оруденения. Рельеф продуктивной геологической поверхности определяет закономерности размещения в ее пределах минерализации. Изучение рельефа продуктивной структурной поверхности является одной из важнейших задач при исследовании месторождений.

Ведущим методом изучения геологических поверхностей является их геометризация. Геометризация рудоконтролирующих поверхностей – неотъемлемая часть методики анализа закономерностей размещения оруденения. Цель геометризации рудных полей, месторождений и рудных тел – изображение на картах и планах, разрезах и проекциях их геологических форм и свойств вещества, заполняющего эти формы.

Основной прием геометризации – построения в изолиниях. Способ построения в изолиниях достаточно прост. Изолинии доступны для всех арифметических и алгебраических действий. Легко осуществляется переход от изолиний к разрезам и наоборот. Изолиниями можно пользоваться для геометризации любых свойств и качеств геологических тел – мощностей, содержаний, запасов и т.д.

При геометризации необходимо учитывать особенности геологических поверхностей, их отличия от поверхностей топографических.

Особенности геологических поверхностей

Топографические поверхности, как это установлено еще П. К. Соболевским, должны удовлетворять четырем условиям: 1) конечности, 2) однозначности, 3) непрерывности и 4) плавности.

Условие конечности состоит в том, что в каждой конкретной точке, определяемой линейными координатами, высотная отметка имеет конечное значение. Поверхности геологических тел конечны только в пределах их внутреннего контура. За их пределами линейные координаты не будут характеризоваться какими-либо значениями, так как сама поверхность отсутствует.

Условие однозначности: в каждой точке топографической поверхности, определяемой линейными координатами, высотная отметка имеет только одно значение. Исключением являются только нависающие обрывы, которые, впрочем, недолговечны. Геологические тела и их поверхности располагаются в пространстве твердой земной коры, где они имеют опору в смежных породах. Кроме того, у геологических тел могут быть выделены поверхности верхние и нижние: кровля и подошва, висячий и лежачий бок. Отсюда вытекают важные следствия. Геологические поверхности могут, как угодно сложно, изгибаться в пространстве земной коры. Опрокинутые складки, разрывы, дайки, лакколиты могут иметь любые нависающие формы. И поскольку геологические тела всегда имеют верх и низ, то даже у самых простых из них геологическая поверхность будет двузначна. В случае сложных дислокаций они являются многозначными. Следовательно, условие однозначности применительно к геологическим поверхностям имеет ограничение: поверхности геологических тел однозначны в пределах одной геологической позиции.

Условие непрерывности предполагает, что бесконечно малому приращению линейных координат отвечает бесконечно малое приращение отметки. Поверхности геологических тел непрерывны между разрывными нарушениями, которые могут привести

или к отрицанию условия однозначности в случае нарушений с притиранием или к отрицанию условия конечности в случае нарушений с зиянием.

Понятие плавности для геологических поверхностей не является определенным. Топографические поверхности в общем доступны наблюдениям любой детальности, что обеспечивает плавность изолиний. Геологические поверхности недоступны для визуального изучения, информацию об их свойствах дают точечные или линейные пересечения. Плавность изолиний при построении геологических поверхностей дает только иллюзию достоверность, кажущуюся точность. Поэтому для их изображения нередко применяют ломаные изолинии.

Таким образом, геологические поверхности принципиально отличаются от топографических и, в частности, от топографической поверхности Земли. Соответственно, формы геологических поверхностей обычно достаточно далеки от дихотомически ветвящихся волн, типичных для рельефа Земли.

Морфологические типы геологических поверхностей

Среди морфологических типов геологических поверхностей выделяются сложногофрированные, куполообразно-волнистые, зазубренно-волнистые, сундучно-волнистые и коробленые (Рис. 2.1 КШ 124).

Сложногофрированные поверхности присущи многим складчатым структурам. Они ближе всего стоят к топографическим поверхностям, особенно складчатого рельефа, но имеют от них характерное отличие. Оно заключается в том, что дополнительные усложнения складчатых структур могут развиваться параллельно основной оси, вдоль крыльев складок. В складках рельефа поверхности подобные структуры крайне редки.

Куполообразно-волнистые поверхности часто образуются в пологих и наклонных интрузивных контактах. Обычно поверхность интрузива бывает волниста в двух перекрещивающихся направлениях: одно из них примерно параллельно длинной оси интрузива, другое – перпендикулярно ей. В результате пересечения и интерференции этих волн образуются системы куполов и впадин, усложняющих общий склон интрузива. При этом отмечается прямая зависимость между характером и степенью дислоцированности вмещающих интрузив пород и волнистостью его кровли.

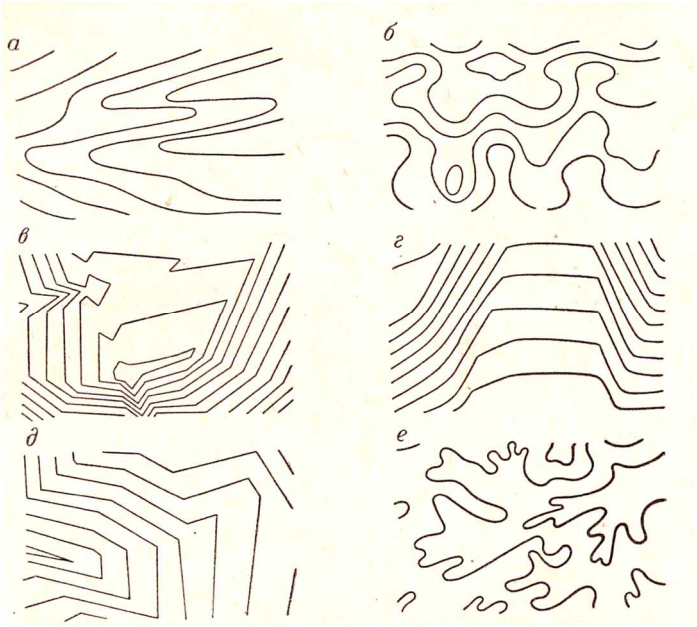


Рис. 2.1. Некоторые виды геологических поверхностей
(по А. В. Королеву и П. А. Шехтману):
а – сложно гофрированная (изогипсы); *б* – куполообразно-волнистая (изогипсы); *в* – зазубренно-волнистая (изолонги); *г* – сундучо-волнистая (изогипсы); *д* – коробленая (изолонги); *е* – топографическая (горизонтали)

Зазубренно-волнистые поверхности возникают в секущих, особенно крутых интрузивных контактах и в некоторых структурах отрыва («рваные» поверхности). Неоднородность вмещающих пород и избирательная активность магмы создают неправильно волнистую поверхность контакта, часто с большим количеством разноориентированных апофиз, расположенных во вмещающих породах в виде пластовых или секущих тел. В результате контактовая поверхность приобретает необычайно сложную форму, напоминающую соты с ячейками разной формы и глубины. Такие поверхности более наглядно изображаются не плавными, а ломаными изолиниями.

Сундучно-волнистые поверхности образуются в сундучных антиклиналях и синклиналях; иногда на такую поверхность, напоминающую поставленные на ребро плоские чаши, имеют разломы.

Коробленые поверхности часто образуются в трещинных жилах. Отдельные участки трещин, на фоне их генерального положения в пространстве, могут обладать существенно различными элементами залегания, формой и размерами. Чаще всего они имеют трехгранную или четырехгранную форму. Крутопадающие трещины с короблеными поверхностями не находят себе даже отделенных подобий в формах, топографической поверхности Земли; они скорее напоминают стены, обильно оснащенные скульптурными и архитектурными деталями.

Методика построения в изолиниях

Геометризация рудоконтролирующих структур предполагает последовательное выполнение следующих операций.

А. Подготовка исходных разрезов и планов. Основой построений в изолиниях служат геологические разрезы и планы. К исходным материалам предъявляются следующие требования:

1)на них особенно тщательно должны быть отстроены те геологические поверхности, которые намечены к геометризации;

2)все достоверное должно быть четко отделено от предполагаемого;

3)разрезы и планы должны быть увязаны между собой.

Для увязки и корректировки первичных материалов рекомендуется способ построения сводных геологических разрезов и планов. Сводный геологический разрез получается при проектировании следа интересующей нас поверхности со всех разведочных линий на один профиль. Для получения сводного плана рассматриваемая поверхность проектируется со всех погоризонтных планов на один гипсометрический уровень. Сводные разрезы и планы позволяют откорректировать наименее надежные из исходных материалов, с малым числом разведочных подсечений, по наиболее надежным, с наибольшим количеством пересечений. Кроме того, эти построения дают возможность выявить и увязать между собой крупные перегибы поверхности по вертикали (горизонтальные ребра) и в плане (вертикальные ребра).

Б. Выбор геометризуемой поверхности. Геометризуемая поверхность должна быть теснее всех других связана с минерализацией, контролировать ее размещение. Для геометризации могут быть выбраны:

а) лежачий бок рудного тела;

б) его висячий бок;

в) условная поверхность, проходящая по середине мощности;

г) какой-либо выдержанный прослой внутри рудного тела;

д) поверхность рудоконтролирующей структуры (разлома, контакта).

В. Выбор плоскости проекции. Плоскостью проекции может быть любая из координатных плоскостей – горизонтальная или вертикальная широтная либо меридиональная. Горизонтальная плоскость применяется, если угол падения проектируемой поверхности менее 50°. Выбор вертикальной плоскости определяется средним азимутом простирания: если простирание ближе к меридиану – выбирается меридиональная

плоскость, если ближе к широте – широтная. Наклонные или произвольно ориентированные плоскости неудобны для применения на практике. Плоскость, параллельная проектируемой поверхности, например, позволяет получить наименьшее площадное искажение объекта. Однако, при этом теряется связь изолиний с элементами залегания в результате чего любые геологические построения на такой проекции значительно усложняются.

Г. Выбор сечения изолиний. Сечение изолиний определяет детальность и точность изображения геометризуемой поверхности. Оно зависит от углов падения поверхности и масштаба проекции. Для расчета величины сечения используется следующая формула:

$$d = tg\ \beta \times M/100, \text{ где}$$

d – сечение изолиний, м;

β – средний угол падения поверхности, град.;

М – знаменатель масштаба проекции.

Д. Перенос на основу структурного плана всех точек проектируемой поверхности. Выносятся все точки, лежащие как на разрезах и планах, так и вне их. Возле каждой точки указывается расстояние до плоскости проекции, выраженное в метрах.

Е. Проведение опорных изолиний. Опорными являются наиболее надежные изолинии, проведенные по данным буровых и горных работ.

Ж. Вынос крупных перегибов поверхности. Фиксация на проекции крупных перегибов и разрывов, отраженных на исходных геологических материалах и установленных на сводных планах и разрезах.

З. Проведение всех изолиний, опирающихся на интерполированные данные. Лучше проводить изолинии не плавными линиями, а ломаными. В этом случае изображение структуры получается более отчетливым, а способ изображения будет вполне соответствовать его точности.

Построение изолиний позволяет выделить в пределах исследуемой поверхности грани – плоские участки с одинаковыми элементами залегания и разделяющие их ребра – перегибы. В пределах одной грани изолинии параллельны между собой, и расстояние между ними одинаковое. Изменение угла наклона или расстояния между изолиниями говорит о наличии перегиба – ребра. Грани и ребра являются составными элементами рельефа.

Размеры граней и ребер определяют их порядок. Обычно выделяется три порядка структурных элементов поверхности. К первому порядку относят наиболее крупные части рудоконтролирующей поверхности, отличающиеся по своей ориентировке. Второй порядок присваивается более мелким граням и ребрам, отраженным на исходных геологических материалах. Наконец, самые мелкие участки поверхности, выделившиеся при построении изолиний, принадлежат к третьему порядку.

В изолиниях можно изображать какие угодно свойства полезных ископаемых и горных пород. Для некоторых свойств изолинии получили специальные наименования: изопахиты – линии равных мощностей, изоволи – линии равных содержаний и др.

Изображение структуры в изогипсах

Если угол падения проектируемой поверхности не более 50°, выбирается горизонтальная плоскость проекции. В этом случае рельеф поверхности изображается в изогипсах.

Изогипсы – линии равного удаления от горизонтальной плоскости проекции. При построении структурного плана в изогипсах на координатную основу прежде всего наносятся все известные точки проектируемой поверхности. Выделяется четыре вида таких точек: а) определенные разведочными пересечениями; б) взятые с планов вдоль линий выходов; в) интерполированные точки с геологических разрезов; г) рассчитан-

ные от опорных горизонтов геологической карты. Особенно важны точки, установленные на осях складок или у тектонических разрывов.

Приступая к построению изогипс, прежде всего нужно провести те отрезки изолиний, которые опираются на достоверные точки. Затем намечают на плане положение тектонических линий – осей складок и разрывов. Крупные тектонические линии обычно выявляются геологическими разрезами и планами. Их наиболее вероятное положение на структурном плане и наклон относительно геометризуемой поверхности находится в пределах точности интерполяции. Положение более мелких нарушений намечается на основании достоверных отрезков изолиний и элементов залегания.

Затем на тектонических линиях намечаются точки с отметками изогипс и строятся все изогипсы методом интерполяции отметок удаления. Лучше проводить их не плавными, а ломаными.

Изображение структуры в изолонгах

Изолонги – это линии равного удаления проектируемой поверхности от вертикальной плоскости проекции. Структурные планы в изолонгах строят в том случае, если угол падения геометризуемой поверхности превышает 50°.

При проектировании на вертикальную плоскость проекции необходимо учитывать следующие условия.

1. Вертикальная плоскость проекции, подобно горизонтальной, должна быть ориентирована определенным образом: либо по широте, либо по меридиану. Из этих двух положений плоскости проекции выбирается о, при котором она составляет наименьший угол с объектом проектирования. Это обеспечивает наименьшее искажение поверхности на проекции.

Выбор плоскости проекции, параллельной геометризуемой поверхности, только на первый взгляд позволяет избежать искажений, так как геологические поверхности отличаются изменчивостью элементов залегания и волнистостью рельефа. В то же время при использовании произвольно ориентированной плоскости проекции чтение структурного плана значительно затрудняется, так как нарушается связь между элементами залегания и изолиниями.

2. Координатная сетка на вертикальной плоскости проекции разбивается так же, как и в других ортогональных проекциях. Вертикально на чертеже располагается ось высот, горизонтально в зависимости от ориентировки плоскости проекции – геодезическая ось широт или ось долгот. Третья координата точки обозначается числовой отметкой.

На долготной проекции юг располагается слева, север – справа, восток – впереди и запад – позади изображения. На широтной плоскости проекции запад будет слева, восток – справа, юг – впереди и север – позади изображения. Высотные отметки возрастают снизу вверх.

3. Точки данной проектируемой поверхности с одинаковыми числовыми отметками могут быть соединены изолиниями. Это и будут изолонги, представляющие собой проекции сечений изображаемого тела системой вертикальных плоскостей, расположенных параллельно плоскости проекции и удаленных одна от другой на одно и то же расстояние, равное заложению изолиний.

4. Изображение поверхности в изолонгах аналогично изображению в изогипсах или горизонталях и пригодно для проведения всех геометрических построений.

Чтение структурных планов

Изображение в изолонгах при небольшом навыке позволяет представить рельеф также наглядно, как и при изображении в изогипсах или горизонталях. При этом следует руководствоваться определенными правилами.

Наклон изолонг и расстояние между ними зависят от азимута и угла падения проектируемой поверхности.

Если исследуемая поверхность и плоскость проекции параллельны, то изолонги превращаются в горизонтали, а расстояние между изолонгами будет максимальным. Если поверхность и плоскость проекции перпендикулярны, то все изолонги сольются в одну линию, то есть расстояние между ними будет равно нулю. При всех промежуточных положениях поверхности наклон изолонг будет изменяться от 0 до 90° и будет направлен в сторону острого угла между проектируемой поверхностью и плоскостью проекции. Расстояние между изолонгами также будет характеризоваться промежуточными значениями.

Отсюда вытекают следующие правила чтения проекций в изолонгах.

1. Чем гуще расположение изолонг, тем больше угол между геометризуемой поверхностью и плоскостью проекции.

2. Изменение угла наклона изолонг при относительно постоянном расстоянии между ними указывает на преимущественное изменение азимута падения поверхности. Изменение расстояния между изолонгами при относительно постоянном угле наклона происходит в узких пределах и обычно не улавливается.

3. Одновременное изменение угла наклона изолонг и расстояния между ними указывает главным образом на изменение угла падения исследуемой поверхности.

Определение элементов залегания граней

Анализ рельефа продуктивной структурной поверхности начинается с определения элементов залегания граней проекции. Для этого используются простые геометрические зависимости. При этом предлагается следующий порядок действий.

1. Определение угла наклона изолонг к горизонту (δ). Угол наклона измеряется на проекции при помощи транспортира. Наклон изолонг на север условно принимается за положительный.

2. Определение расстояния между изолонгами по горизонтали (a) или по вертикали (h). За единицу расстояния принимается величина сечения изолонг. Если значения изолонг растут с юга на север, расстояние отмечается знаком «+», а с севера на юг – знаком «-».

3. Между расстоянием, выраженным в сечениях изолонг, и элементами залегания граней существуют следующие зависимости:

$$a = \operatorname{ctg} \varphi, \quad h = \operatorname{tg} \beta,$$

где φ – угол между простиранием грани и плоскостью проекции (отклонение простирания грани от меридионального направления); β – угол падения граней; φ и β определяются по тригонометрическим таблицам с точностью до 1°.

4. В большинстве случаев положение изолонг на плане позволяет применить только одну из величин φ или β. Другая величина определяется, исходя из соотношения:

$$\delta = \operatorname{arctg} (\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi).$$

5. Указанная зависимость вычислена в виде таблиц, которые приводятся в методических указаниях по практическим занятиям.

Определение связи элементов рельефа со свойствами оруденения

Для выявления связи свойств оруденения с рельефом анализируемой поверхности на проекцию выносятся количественные характеристики минерализации, установленные по опорным точкам. В качестве количественных характеристик используются, как правило, содержание полезных компонентов и мощность рудных тел. По всем опорным точкам (разведочным пересечениям, выходам рудного тела на поверхность) определяются средние значения содержания и мощности, на основании которых, в свою очередь, рассчитываются средние параметры оруденения для каждой грани.

Зависимость между элементами залегания и характеристиками оруденения можно установить простым графическим способом с помощью трехмерных диаграмм. Такая диаграмма представляет собой таблицу, столбцами которой являются интервалы азимутов падения (отдельно для восточного и западного направлений падения), а строкам – интервалы углов падения. Каждой клетке таблицы соответствует группа граней с близкими значениями азимутов и углов падения, попадающими в один интервал. В клетки заносятся средние значения исследуемого параметра, рассчитанные для входящих в них граней. Далее для каждой клетки вычисляется среднее по данному параметру уже для группы граней, элементы залегания которых попадают в соответствующие интервалы. По этим значениям методом интерполяции проводятся изолинии и определяются полюса, соответствующие наиболее богатым (с максимальными содержаниями) и наиболее приоткрытым (с максимальной мощностью) граням. Для каждого полюса определяются азимут и угол падения, сравнение которых со средними элементами залегания продуктивной поверхности позволяет определить кинематический тип рудообразующих деформаций. Как отмечалось выше, приоткрывание граней, отклоняющихся от среднего простирания вправо, происходит при перемещениях типа правого сдвига, а граней, отклоняющихся влево – при левом сдвиге. В разрезе более пологие участки приоткрываются при взбросах, более крутые – при сбросах.

Сопоставляя количество и элементы залегания полюсов, выделившихся по содержанию и по мощности, можно сделать выводы об этапах рудообразования, природных типах руд и механизме формирования рудоконтролирующей структуры. Проанализировав распределение наиболее богатых и наиболее мощных руд в пределах плоскости проекции, легко определить структурные типы рудных тел, установить закономерности их размещения и сделать прогноз на фланги и глубокие горизонты геометризованной поверхности.

Анализ мелкой трещиноватости

Цели и задачи метода

Мелкой трещиноватостью горных пород называется совокупность имеющихся в них мелких трещин. Эти трещины являются важными свидетелями условий развития деформаций, как на локальных участках, так и в региональном масштабе. Изучение мелкой трещиноватости является высокоинформативным методом, который широко используется в практике геолого-съемочных, поисково-разведочных, а также гидро- и инженерно-геологических работ.

Условия и причины возникновения мелких трещин в горных породах разнообразны. Трещины образуются в результате деформаций при диагенетических процессах в осадочных породах, при остывании и контракции минералов изверженных пород и их гидротермальных изменениях, при тектонических деформациях, при метаморфизме и выветривании. Нередко эти процессы охватывают значительные объемы горных пород, а иногда развиваются локально. В мелкой трещиноватости фиксируется суммарный результат этих процессов.

Изучение мелкой трещиноватости позволяет решить целый ряд самых разнообразных задач, например:

1) установить ориентировку силового поля, вызвавшего трещинные деформации в породе;
2) определить кинематические типы трещинообразующих деформаций;
3) выяснить условия размещения в породе разных минеральных комплексов;
4) изучить строение трещиноватых пород;
5) охарактеризовать физико-механические свойства пород;
6) оценить проницаемость пород для рудообразующих растворов;
7) проанализировать возрастные взаимоотношения разных пород.

Методика изучения мелкой трещиноватости приводится по А. В. Королеву и П. А. Шехтману [КШ], разработавшим ее наиболее обстоятельно.

Наблюдения над трещинами в поле

Полевое изучение мелкой трещиноватости проводится по единой программе. Схема записи наблюдений над трещинами должна включать следующие пункты.

I. Местоположение точки наблюдения, масштаб карты.

II. Порода, содержащая трещины, ее геологическая позиция в точке наблюдения, элементы залегания породы.

III. Замеры элементов залегания трещин.

IV. Характеристика отдельных систем трещин.

Результаты замеров заносятся в специальный журнал, в котором рекомендуется выделить семь граф:

1 – номер по порядку;
2 – азимут падения;
3 – угол падения;
4 – форма;
5 – мощность;
6 – длина;
7 – минеральное заполнение.

При характеристике отдельных систем указываются элементы залегания (средние и пределы колебания), удельная трещиноватость, частота трещин и удельное растяжение, размеры и форма, генетический тип трещин и соотношение с другими системами.

Фотографии и зарисовки трещин, позволяющие боле ярко охарактеризовать их особенности, должны сопровождать все массовые замеры трещин.

Рассмотрим основные пункты программы исследования трещиноватости.

Геологической позицией точки наблюдений называется ее пространственное положение относительно горных пород и их структурных форм. Все замеры на одной точке должны выполняться не только в одной и той же горной породе, но и в одном структурном положении: в одном крыле или в осевой части складки, в одном борту разлома, контакта или дайки.

Замеры элементов залегания проводятся обычными приемами с помощью компаса. При этом следует соблюдать следующие два правила:

1) не замерять одну трещину два или более раз. Нарушение этого правила приводит к искажению соотношения трещин;

2) не округлять отсчеты по компасу и эклиметру. Округление отсчетов вызывает потерю точности и затрудняет последующую обработку замеров.

По форме выделяются 4 группы трещин: а) прямые, 2) изогнутые, 3) волнистые, 4) ломаные.

Мощность трещин удобно упрощенно оценивать степенью их раскрытия: а) закрытые трещины с мощностью менее 1 мм, б) трещины мощностью 1-5 мм, в) трещины мощностью 5-10 мм, г) трещины с разверзанием более 10 мм.

Учет по длине можно также проводить с помощью их группировки: а) короткие, меньше 0,5 м; б) 0,5-2 м; в) 2-5 м; г) свыше 5 м.

По составу минерального заполнения трещины также обычно разделяются на три группы: а) не заполненные минералами полые трещины; б) трещины, заполненные продуктами разрушения вмещающих пород (брекчия, дресва, тектоническая глинка и т. п.); в) трещины, заполненные продуктами отложения из растворов. Для трещин третьей группы указывается минеральный состав заполнения.

После окончания замеров характеризуются главные системы трещин. Система трещин – это их пространственная совокупность, обладающая близкими или одинаковыми элементами залегания. Обширный опыт статистического изучения мелкой тре-

щиноватости методом массовых замеров показывает, что элементы залегания трещин подчиняются нормальному закону распределения. Это означает, что наибольшее количество трещин данной системы имеет близкие элементы залегания, определяя полюс системы. Постоянно уменьшающиеся количества трещин имеют все более отклоняющиеся от своего полюса элементы залегания и образуют вокруг него ореол рассеяния. Обычно ореолы рассеяния тектонических трещин не превышают размаха в 20-25° как по азимутам, так и по углам падения. Это свойство мелкой трещиноватости позволяет четко выделить полюса трещин при нанесении их на стереографическую сетку.

Под удельной трещиноватостью породы понимается общее количество трещин, приходящееся на 1 линейный метр, независимо от их систематики.

Применяется также другое понятие – частота трещин. Частота характеризует количество трещин данной системы, приходящееся на 1 м в направлении вкрест простирания и перпендикулярно падению системы. В некоторых случаях частота совпадает с удельной трещиноватостью.

Величина удельной трещиноватости – важный показатель свойств горных пород. В литературе описаны, например, прямо пропорциональная зависимость удельной трещиноватости гранитоидов от степени их раскристаллизации; обратно пропорциональная зависимость удельной трещиноватости от мощности пластов песчаника и др.

По удельной трещиноватости можно оценивать степень деформации горной породы. Так для изверженных пород характерно повышение удельной трещиноватости в краевых частях. Удельная трещиноватость может увязываться с оруденением. На скарново-шеелитовом месторождении Чорух-Дайрон в Средней Азии удельная трещиноватость богатых руд свыше 20, рядовых руд – свыше 10.

Удельное растяжение является объективным показателем степени разгрузки породы от давления в тот или иной период. Удельное растяжение измеряется суммарной мощностью трещин на линейном метре.

Показатель удельного растяжения может быть использован для характеристики оруденения, если трещины заполнены рудным материалом, для оценки водопроницаемости породы и ее устойчивости при проходке выработок, для сравнения пород между собой и для изучения процессов дислокации.

Соотношения с другими системами имеют значение для выяснения условий трещинных деформаций, характера и направления создавших трещины напряжений и соотношения процессов трещино- и минералообразования.

Заключение

Из изложенного можно сделать следующие выводы.

Структура рудного поля – результат длительного и разнообразного геологического развития того или иного участка земной коры. К моменту минералообразования большая часть элементов структуры в основном сформирована.

Структурные особенности рудных полей зависят от следующих факторов:

- свойств пород и характера их сочетания. Свойства пород на протяжении развития структуры изменяются;

- особенностей тектонического режима. В процессе формирования структуры неоднократно меняются условия тектонического сжатия и растяжения. Наибольшие структурные преобразования происходили при сжатии;

- кинематики геологических тел, определявшей направления относительных перемещений по различным геологическим поверхностям и создававшей неоднородность в распределении тектонических напряжений. Последнее находит отражение в частных планах деформаций.

Аналогичные структурные элементы, сформировавшиеся к моменту минерализации, не всегда одинаково благоприятны для размещения оруденения, поскольку характер тектонических деформаций пород в них зависит от частных планов, синхронных с минералообразованием.

На формирование позиций, наиболее благоприятных для локализации оруденения, решающее значение оказывали морфология структурных элементов и кинематика, во многом определяемая характером геологических границ рудных полей.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под геометризацией геологических поверхностей?
2. Назовите особенности геологических поверхностей.
3. Назовите морфологические типы геологических поверхностей.
4. Как выбирается геометризуемая поверхность?
5. Как выбирается плоскость проекции?
6. Как определяется сечение изолиний?
7. Что такое изолонги?
8. Что такое изогипсы?
9. Какие задачи решаются методом изучения мелкой трещиноватости?
10. Какие характеристики трещин необходимо задокументировать в поле?
11. Какие способы применяются для обработки массовых замеров трещин?

Библиографический список

Основная литература

1. Старостин В. И., Дергачев А. Л., Семинский Ж. В. Структуры рудных полей и месторождений: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2002. – 352 с.

2. Кривцов А. И., Яковлев П. Д. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. М.: Недра, 1991. – 382 с.

Дополнительная литература

3. Вольфсон Ф. И., Яковлев П. Д. Структуры рудных полей и месторождений. Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 309 с.

4. Яковлев Г.Ф. Геологические структуры рудных полей и месторождений. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 267 с.

5. Детальные структурно-прогнозные карты гидротермальных месторождений./П. А. Шехтман, В. А. Королев, Н. А. Никифоров и др. М.: Недра, 1979. – 280 с.

6. Бабенко В. В., Коцуба А. П. Прогнозирование условий размещения полезных ископаемых: Научное издание. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. – 385 с.

7. Яковлев Г. Ф. Вулканогенные структуры месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 208 с.

8. Невский В. А., Фролов А. А. Структуры рудных месторождений кольцевого типа. – М.: Недра, 1985. – 247 с.

9. Королев А. В., Шехтман П. А. Структурные условия размещения послемагматических руд. М.: Недра, 1965. – 507 с.

10. Коробейников А. Ф. Геологическое картирование рудных полей и месторождений. Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 1997. – 165 с.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

№№ работ	Название	Стр.
1	Детальное геологическое прогнозирование	
2	Геометризация рудоконтролирующих поверхностей	
3	Анализ массовых замеров мелкой трещиноватости	

Введение

Прикладной частью учения о структурах рудных полей являются детальные и локальные прогнозно-поисковые работы с целью обнаружения новых рудных тел или их частей. Прогнозно-поисковые работы в пределах рудных полей, в отличие от региональных исследований, имеют следующие особенности: 1) локальный масштаб объектов прогнозирования и поисков, 2) значительно большая плотность сети наблюдений, 3) специфические методы прогнозных построений.

На первом этапе ГРР при региональном геологическом изучении недр и прогнозировании полезных ископаемых объектами прогноза являются рудные районы, узлы, зоны, на втором этапе, при поисках и оценке – рудные поля и рудные тела. На третьем этапе, при разведке и освоении месторождений, объекты прогноза и поисков еще более крупные. Разведка проводится в пределах отдельных частей рудных тел, предназначенных для первоочередной разработки. При эксплуатационной разведке прогнозируется распределение в пространстве *качественно разнородных участков рудных тел* – наиболее богатых (рудных столбов, лент и пр.) и, наоборот, обедненных.

Плотность наблюдений отличается *максимальной частотой* по сравнению с ранними стадиями. Так эксплуатационной разведке, как правило, соответствует расстояние между разведочными выработками первые десятки метров.

Методика локального прогнозирования достаточно специфична и ориентируется на генетический тип изучаемой минерализации. Однако информационной базой для прогноза во всех случаях является *локальное геологическое картирование* во всех его видах – структурное, минералогическое, геохимическое, метасоматическое, технологическое и др. Соответственно, разработано большое количество как универсальных, так и достаточно специфических методов.

Теоретические вопросы геологического картирования в пределах рудных полей детально рассмотрены в монографии А. Ф. Коробейникова [4].

Основой прогнозно-поисковых работ в пределах рудных полей служит детальное геологическое картирование исследуемой территории в масштабах 1:25000 – 1:1000. Целью детального геологического картирования является, в первую очередь, определение и уточнение рудоконтролирующих факторов: стратиграфо-литологических, магматических, структурных, геоморфологических, метаморфических и др. При картировании обязательно учитываются результаты предшествующих геологосъемочных, геофизических, геохимических, а также геологоразведочных работ. Методика картирования должна полностью соответствовать действующим инструктивным материалам МПР РФ и методическим указаниям ведущих НИИ – ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС.

При изучении рудных полей необходимо принимать во внимание генетические и промышленные типы оруденения. Так, при картировании осадочных месторождений главную роль должны играть литолого-стратиграфические исследования. Для рудных полей магматического генезиса первостепенное значение имеют структурно-петрологические наблюдения. Исследования метаморфических и гидротермальных объектов состоят в изучении литолого-петрологических особенностей в сочетании с элементами складчатой и разрывной тектоники. Картирование полей с россыпными

объектами выполняется на основе геоморфологической и четвертичной специализированной съемки.

Кроме того, при прогнозировании и поисках в пределах рудных полей применяются специализированные виды геологического картирования: структурное, метасоматическое, минералогическое, геохимическое, геолого-технологическое.

Структурное картирование рудных полей заключается в уточнении разрезов рудовмещающих пород, анализе их форм, условий залегания и петрографического состава, детальном изучении тектоники рудного поля и в особенности рудоконтролирующих структур, включая мелкую трещиноватость и микротектонику. В зависимости от генезиса рудного поля применяются разные методы структурного картирования, основные из которых будут рассмотрены в следующем разделе.

Метасоматическое картирование является необходимой частью исследования гидротермальных месторождений, рудные тела которых сопряжены с ореолами околорудных изменений. Метод состоит в изучении минералого-геохимической зональности ореолов, составлении метасоматических колонок и выделении стадий метасоматоза (ранней щелочной, кислотного выщелачивания, поздней щелочной, нейтрализации растворов – по Д.С. Коржинскому), моделировании рудно-метасоматического процесса и определении места оруденения в этом процессе. Более подробное знакомство с методикой изучения околорудных метасоматитов предусмотрено действующим учебным планом в курсе «Методы изучения МПИ».

Минералогическое картирование, или топоминералогия, представляет собой, в первую очередь, метод научных исследований. Суть его состоит в изучении распределения в пространстве отдельных минералов и их типоморфных характеристик, либо парагенетических ассоциаций минералов. При этом анализируются как содержание минералов, так и их количественные соотношения. Наиболее распространенными являются, кварцеметрическая и пиритометрическая съемка.

Геохимическое картирование в пределах рудных полей осуществляется в соответствии с действующими инструктивными и методическими материалами. Важнейшие приемы геохимических исследований рассматриваются в дисциплине «Геохимические методы поисков». В качестве некоторой особенности можно отметить, что в масштабе рудного поля целесообразно использовать только литохимический метод – по коренным и рыхлым отложениям.

Наконец, геолого-технологическое картирование предназначено для выделения технологических типов и сортов руд с целью управления качеством продукции и разработки рациональной схемы отработки месторождения. Эти работы являются одной из важнейших задач эксплуатационной разведки на действующих горнодобывающих предприятиях. Вопросы геолого-технологического картирования рассматриваются в курсе «Горнопромышленной геологии».

Методы структурного картирования рудных полей

При геологической съемке структурное картирование является дополнением к геологическому картированию и служит для уточнения и детализации тектонического строения территории. Но при изучении структуры рудного поля структурное картирование – основной метод исследований.

Методы структурного картирования чрезвычайно разнообразны. Их можно объединить в 2 группы: картировочные и аналитические. К картировочным относятся структурная съемка, морфометрический, морфогенетический, морфоструктурный, палеофациальный, палеовулканический, структурно-петрологический и другие методы. Аналитические методы включают: анализ мелкой трещиноватости, микроструктурный, тектонофизический и т.п. [4].

Картировочные методы направлены на построение специальных структурных карт. Их разнообразие связано с различием генетических типов месторождений. На магматических месторождениях применяется структурно-петрологический метод, на гидротермальных – морфогенетический (палеотектонический), на вулканических, соответственно, палеовулканический. Для месторождений выветривания эффективен, в первую очередь, палеоклиматический метод, для осадочных – палеофациальный, палеогеографический и палеогеоморфологический. Анализ метаморфогенных месторождений включает изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод).

Перечисленные картировочные методы аналогичны по своей сути.

Структурно-петрологические (палеоплутонические) исследования состоят в последовательном выполнении следующих работ: а) выделение фаций плутонитов – главных и дополнительных фаз, жильных серий, фаций сателлитов; б)анализ их размещения в пределах рассматриваемой площади; в)реставрация истории становления плутонических тел; г)определение места оруденения в этой истории; д)выявление рудоносных фаз и оконтуривание перспективных участков.

Палеовулканический метод включает: а) выделение вулканических фаций; б)анализ их размещения; в) палеовулканические реконструкции; г) определение места оруденения в вулканическом процессе; д) выявление рудоносных и оконтуривание рудоносных участков.

Палеофациальные работы объединяют: а)выделение фаций осадочных пород; б)анализ их распространения; в)реставрация палеофациальных условий; г)определение места оруденения в палеофациальной обстановке; д)выявление рудоносных структур и прогноз.

Изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод), в свою очередь, это: а)выделение метаморфических фаций и минеральных ассоциаций; б)анализ их размещения; в)реставрация истории формирования комплекса; г)определение места оруденения в нем; д)выявление рудоносных фаций и прогноз.

Некоторой спецификой отличаются морфогенетический (палеотектонический или палеогидротермальный) и морфоструктурный (палеогеоморфологический) методы.

Морфогенетический метод применяется для глубоко вскрытых гидротермальных месторождений и заключается в реставрации направления движения потока рудообразующих растворов, оценке вертикальной протяженности и степени эродированности месторождений.

Морфоструктурный метод применяется для экзогенных и полигенных месторождений. Он основан на сопоставлении рельефа поверхности с ее геологической

структурой; исследовании морфоструктуры, возникшей при взаимодействии экзогенных и эндогенных факторов.

Наконец, два из названных выше картировочных методов являются универсальными, то есть они применимы к месторождениям любого генезиса. Это структурная съемка и морфометрический анализ.

Структурная съемка – это построение специальных структурных карт, на которых показывают разрывные и складчатые нарушения и их характеристики.

Морфометрический анализ состоит в изучении связи оруденения с рельефом продуктивных структурных поверхностей. Изучение рельефа осуществляется методом его геометризации. В результате устанавливаются рудообразующие деформации и реконструируется механизм формирования месторождения.

Аналитические методы картирования предполагают проведение специфических структурных исследований. Из них наибольшим распространением пользуется *анализ мелкой трещиноватости*. Он включает массовые замеры трещин, статистическую обработку замеров и собственно анализ. Метод имеет широкие возможности, он позволяет определять: 1)региональный план тектонических деформаций (осей тектонических напряжений); 2)локальные вариации плана деформаций; 3)тип, генезис и этапы рудообразующих деформаций; 4)возрастные взаимоотношения оруденения с различными геологическими телами; 5)механизм рудообразования в целом (в совокупности с другими методами). Применение метода не требует каких-либо особых приспособлений или навыков, он общедоступен и дает разнообразные и достаточно определенные данные.

Тектонофизический анализ базируется на основных положениях тектонофизики, основоположником которой является М.В. Гзовский. Тектонофизический анализ также заключается в реставрации плана тектонических напряжений, то есть ориентировки осей тектонических деформаций. Основой анализа является также изучение мелкой трещиноватости. Положение осей устанавливается по ориентировке сопряженных систем трещин, осей складчатости, плойчатости и другим признакам. Определенная неоднозначность состоит в правильном выделении сопряженных систем, для чего разработан целый ряд признаков. Оси деформации определяются как линии пересечения сопряженных систем в результате графических построений на специальной сетке.

Микроструктурный анализ основан на определении ориентировки минералов в горных породах и рудах, возникшей в результате тектонических (метаморфических, метасоматических и др.) процессов. Метод позволяет сделать выводы о структурных услових формирования рудовмещающих пород и руд. Микроструктурный анализ заключается в отборе ориентированных образцов, изготовлении из них ориентированных шлифов и последующем изучении их на столике Федорова с замером ориентировки оптических осей. Метод отличается трудоемкостью, он требует большой точности и аккуратности, высокой квалификации исполнителя. При этом он должен сочетаться с другими методами, и результаты его не всегда интерпретируются однозначно.. Кроме того, в классических вариантах микроструктурного анализа используются только одноосные минералы – кварц, кальцит, слюды, хотя позднее разработаны модификации и для других минералов – барита, оливинов, пироксенов, рудных минералов.

Структурно-петрофизический анализ основан на изучении физико-механических свойств горных пород (петрофизических свойств). С помощью специальных структурно-петрофизических диаграмм выделяются деформированные и недеформированные породы, реставрируются палеотектонические поля напряжений, этапы развития рудоносных структур. Метод использует математическое моделирование физико-механических свойств горных пород, руд, полей напряжений для разных механизмов деформаций.

В рамках практических занятий при изучении дисциплины «Структуры рудных полей» предусматривается освоение трех наиболее распространенных методов: двух картировочных и одного аналитического. Первая работа состоит в прогнозировании новых рудных тел в пределах медноколчеданного рудного поля на палеовулканической основе, вторая работа заключается в исследовании рудоконтролирующей поверхности с помощью геометризации морфометрическим методом, и третья – анализ массовых замеров мелкой трещиноватости. Теоретические основы методов рассматриваются в лекционной части курса, а также в методических указаниях по самостоятельной работе. В данном пособии приводится описание практической части работ.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Детальное геологическое прогнозирование

Цель учебной работы по детальному прогнозированию состоит в том, чтобы получить представление о задачах, решаемых при количественном прогнозировании и познакомиться с методами, которые применяются при решении этих задач.

Задание разработано на примере Бурибайского медноколчеданного месторождения, расположенного на Южном Урале. Медноколчеданное оруденение – ведущий для Урала промышленный тип медных руд. Заблаговременное выявление прогнозных ресурсов разных категорий является залогом обеспечения сырьем меднорудных предприятий региона. В качестве прогнозной основы использована схематическая геологическая геолого-структурная карта Бурибайского рудного поля масштаба 1:25000, составленная в 1984 г. В. Ф. Рудницким и Н. Б. Папуловым; данные по рудным объектам взяты из отчета о научно-исследовательской работе "Условия размещения медноколчеданных месторождений и оценка перспектив на Бурибайском и Маканском рудных полях" 1986 г., авторами которого являются В. Ф. Рудницкий, В. В. Масленников, Н. Б. Папулов и др. В целях оптимизации обучающих функций задания допущены некоторые отступления от карты и параметров рудных проявлений.

Задание базируется на методике количественного геологического прогнозирования, применяемой в нашем институте с начала 70-х годов. основоположником ее был заведовавший кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых в 1968-1977 гг. проф. П. А. Шехтман. Позднее это направление возглавлял проф. В. В. Бабенко.

Задание состоит из двух частей. Первая часть заключается в выявлении рудоконтролирующих факторов и оценке их относительной значимости, а вторая – в выделении перспективных площадей. Для выполнения первой части задания используется эталонный участок карты, в пределах которого сосредоточены практически все известные в Бурибайском рудном поле проявления медноколчеданных руд. Они представлены Бурибайским месторождением, ныне отработанным, Ново-Бурибайской рудной залежью, рудопроявлениями Подсобное хозяйство, Шанхай, Красный Маяк, а также рядом рудных подсечений. Вторая часть задания – собственно прогнозирование, выполняется на смежном с эталонным участке, в пределах которого проявлений минерализации в настоящее время не установлено. Поскольку задание носит учебный характер, процесс прогнозирования в нем предельно упрощен. Прогнозная оценка базируется в рассматриваемой методике на геолого-статистических методах и включает довольно большой объем вычислений. Для их реализации составлена программа под названием "Учебная работа по количественному прогнозированию", рассчитанная на компьютерный класс кафедры.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОЦЕНИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Геология рудного района

Рассматриваемый рудный район расположен в пределах вулканического пояса, представленного здесь двумя структурными зонами – Восточной и Западной. Восточная зона сложена андезито-базальтовой формацией и представляет собой островную дугу. В Западной зоне развита формация натриевых базальтов-риолитов, которая рассматривается как основание островодужного комплекса, либо как отложения междугового бассейна.

В геологическом строении района участвуют (Рис. 1) две свиты – нижняя и верхняя. Нижняя свита развита в пределах Западной зоны и включает две толщи – метадолеритовую и базальтовую. Первая, метадолеритовая (диабазовая), толща представлена афировыми и порфировыми метаморфизованными долеритами, образующими пакеты крутопадающих даек и силлоподобные залежи при подчиненном присутствии лав. Вторая, базальтовая, толща сложена подушечными и трубчатыми лавами подводных базальтов (спилитов), среди которых встречаются дайки метадолеритов и изредка прослои переотложенных гиалокластитов. Верхняя свита слагает, главным образом, Восточную структурную зону. Она включает лавы и пирокластические разности пироксен-плагиоклазовых порфировых дацито-андезитов, андезибазальтов и базальтов, которые сменяются вверх по разрезу вулканогенно-терригенными породами: туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами. Интрузивные образования района представлены габбро и габбродиоритами, залегающими в виде крутопадающих дайкообразных и штокообразных тел.

В структурном отношении район представляет собой тектонический блок, длинной осью ориентированный в север-северо-западном направлении. С запада и востока блок ограничен разломами субмеридионального (355°) простирания, с севера и юга – субширотными (60°). Субмеридиональные разломы вмещают интрузивные тела диоритов, габбродиоритов и габбродолеритов, субширотные трассируются пакетами даек метадолеритов. Долериты и подводные базальты образуют в пределах блока вытянутые в субмеридиональном направлении вулканические поднятия. В ядрах поднятий выходят долериты, на крыльях залегают потоки базальтов. Поднятия с длинных сторон окаймляются депрессионными структурами (кальдерными рвами) шириной около 500 м при размерах поднятий от 3х7 до 8х20 км. Поднятия разделены субширотными разломами.

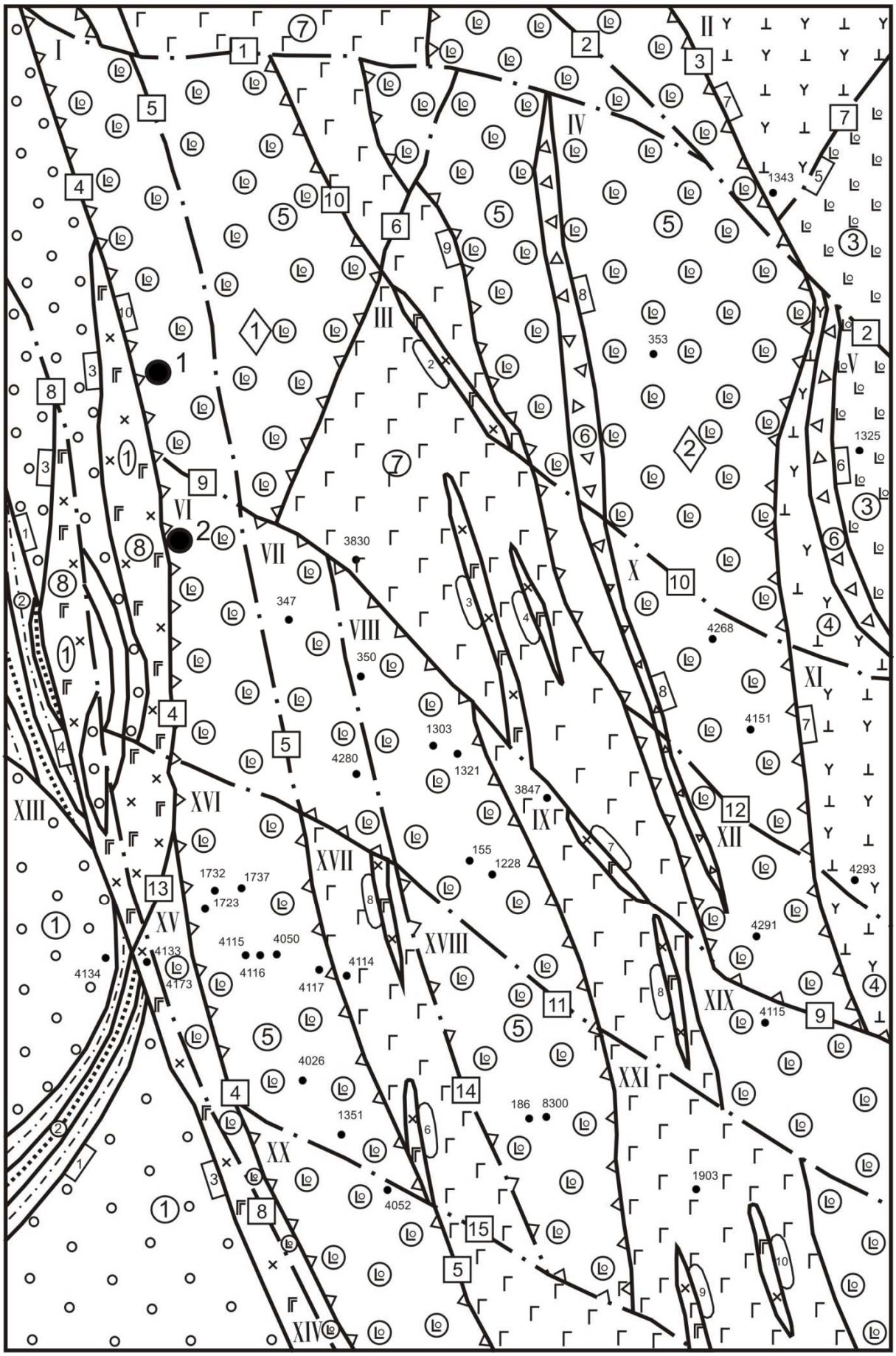
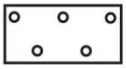


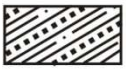
Рис. 1. Геологическая карта эталонного участка. Масштаб 1:25000

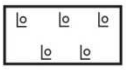
Условные обозначения к рисункам 1 и 2

Литология

Верхняя свита

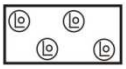

Туфоконгломераты

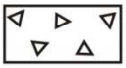

Туфопесчаники и туфоалевролиты

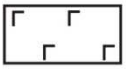

Базальты и андезибазальты


Дациты и андезидациты

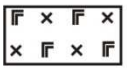
Нижняя свита


Подушечные лавы подводных базальтов

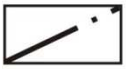

Переотложенные гиалокластиты

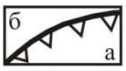

Долериты и базальты долеритовой толщи

Интрузивные породы


Габбродиориты

Структурные элементы


Разломы



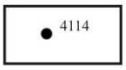
Контуры палеодепрессий (а) и разделяющих их поднятий (б)


Геологические контакты

Рудные объекты

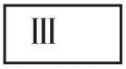


Месторождения

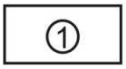


Рудные скважины

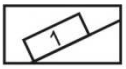
Нумерация структур



Номера ГОБ



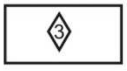
Номера литологических толщ



Номера геологических контактов



Номера разломов



Номера вулканоструктур



Номера магматических тел

Эталонное рудное поле

Эталонное рудное поле приурочено к крылу одного из вулканических поднятий. Оно представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении горст-антиклиналь размером 4х18 км, сложенную породами нижней свиты. С запада горст-антиклиналь ограничена глубинным разломом с амплитудой свыше 600 м, с востока перекрывается более поздними вулканогенными образованиями верхней свиты. Северная и южная границы поля проводятся по субширотным нарушениям.

Пакеты даек и компактные микропорфировые базальты образуют в центральной части рудного поля вулканическую гряду (вал) шириной 0,5-2,5 км, вытянутую в субмеридиональном направлении на расстояние 16 км. В центральной части гряды к западу отходит небольшой пальцевидный отрог размером в плане 0,25-1,5 км (Рис. 1). Склоны гряды имеют пологое (до 30, реже до 45°) падение и покрыты подушечными лавами подводных базальтов толщи. На склонах выделяются узкие депрессионные структуры, которые характеризуются присутствием в них, наряду с шаровыми лавами, прослоев вулканогенно-осадочных отложений.

В рудном поле установлены две палеодепрессии. Одна из них находится на восточном склоне вулканической гряды, имеет овальную форму и размеры 1х6 км. Вторая откартирована на западном склоне гряды. Размеры ее значительно больше, а конфигурация осложнена отрогом вулканической гряды, разделяющим юго-восточную часть палеодепрессии на две полосы. Западная часть палеодепрессии срезана глубинным разломом. Поствулканические разломы северо-западного простирания разделяют рудное поле на ряд блоков более высокого порядка.

Характеристика рудных объектов

Минерализация эталонного рудного поля представлена двумя месторождениями – одним средним и одним мелким, четырьмя проявлениями и рядом рудных подсечений (Рис. 1).

Месторождение 1 расположено в нижней базальтовой толще, в северном замыкании западной палеодепрессии. Образовано оно тремя линзами. Основной по запасам является Южная линза. Ее мощность достигает 65 м, длина по простиранию 350 м. Линза протягивается по азимуту 345° с падением на запад под углом 45-50°. В поперечном сечении линза имеет ступенчатую форму, которая определяется сочетанием крутопадающих зон дробления с пологими межпластовыми зонами рассланцевания. По простиранию рудное тело резко выклинивается на юге без сокращения мощности, а на севере расщепляется на две апофизы с образованием раздува в месте расщепления. Руды месторождения представлены, в основном, массивным и, в меньшей степени, вкрапленным типами и состоят из пирита, халькопирита и сфалерита. Среднее содержание меди 3,5 %, цинка – 1 %. Руды сопровождаются метасоматитами кварц-хлоритового, хлорит-кварцевого, карбонат-хлорит-кварцевого, кварц-хлорит-серицитового состава.

Месторождение 2 находится в 500 м к югу от месторождения 1 в сходной геолого-структурной обстановке на более глубоком уровне. Представлено оно двумя параллельными линзами западного падения (угол 35-40°). По простиранию длина залежи составляет около 100 м, по падению – 200 м. Суммарная мощность линз достигает 25 м, среднее содержание меди 2,3 %.

Проявления 3, 4, 5 приурочены к центральной части западной палеодепрессии. Они образуют две зоны. Первая включает проявление 3 и располагается в западном борту Западной палеодепрессии. Здесь вскрыты медные, медно-цинковые и серные массивные и прожилково-вкрапленные руды, сопряженные с серицит-хлорит-кварцевыми метасоматитами. Вторая зона контролируется депрессионной структурой более высокого порядка, осложняющей восточный борт той же палеодепрессии. Зона включает вкрапленную медную и цинковую минерализацию проявлений 4 и 5. Проявление 6 размещается в Восточной палеодепрессии. Оно представлено вкрапленными цинковыми рудами и сульфидной минерализацией в хлорит-кварцевых и серицит-хлорит-кварцевых породах. Проявления изучены недостаточно и четко не оконтурены, поэтому на карте эталонного рудного поля (Рис. 1) они представлены в виде отдельных рудных подсечений (скважин).

Сводная характеристика рудных объектов дана в таблице 1.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выявление рудоконтролирующих факторов

Составление кадастра минерализованных блоков

Первая часть работы – выявление рудоконтролирующих факторов, базируется на анализе карты эталонного участка, расположенной на бланке задания слева (Рис. 1). Геологические контакты, разрывные нарушения и границы палеовулканических структур делят площадь эталонного рудного поля на отдельные участки, в пределах которых геологическая ситуация одинакова. Эти участки называются геологически однородными блоками (ГОБ). 21 из них являются минерализованными, то есть содержат рудные объекты – месторождения, проявления или рудные подсечения. Они и используются для выявления и оценки рудоконтролирующих факторов. Масштаб минерализации, заключенной в каждом таком блоке, определяется вариантом задания в виде содержания полезного компонента (меди), мощности рудной зоны или произведения этих параметров – метропроцента (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика рудных объектов

Номера ГОБ	Номера объектов	Варианты														
		Мощность рудного тела, м						Содержание меди, %				Метропроценты, м%				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	I	65,00	32,50	130,00	88,00	43,30	3,50	1,75	7,00	5,30	2,30	227,50	56,88	910,00	466,40	99,59
2	8303	1,40	0,70	2,80	2,10	0,90	0,20	0,10	0,40	0,30	0,13	0,28	0,07	1,12	0,63	0,12
3	3850	10,00	5,00	20,00	15,00	6,70	1,00	0,50	2,00	1,50	0,67	10,00	2,50	40,00	22,50	4,49
4	353	0,50	0,25	1,00	0,75	0,30	0,16	0,08	0,32	0,75	0,11	0,08	0,02	0,32	0,18	0,03
5	1325	0,98	0,49	2,00	1,46	0,65	0,05	0,04	0,10	0,07	0,03	0,49	0,01	0,20	0,10	0,02
6	II	25,00	12,50	50,00	38,00	17,70	2,30	1,15	4,60	3,50	1,50	57,50	14,38	230,00	133,00	26,55
7	347	9,30	4,60	18,60	14,00	6,20	0,13	0,07	0,26	0,19	0,09	1,21	0,32	4,84	2,66	0,56
	4280	9,70	4,90	19,40	14,20	6,40	0,34	0,17	0,68	0,51	0,23	3,30	0,83	13,19	7,24	1,47
8	350	2,90	1,45	5,80	3,30	2,00	0,07	0,04	0,14	0,11	0,05	0,20	0,06	0,81	0,36	0,10
	1303	2,00	1,00	4,00	3,00	1,40	0,06	0,03	0,12	0,09	0,04	0,12	0,03	0,48	0,27	0,06
	1321	1,20	0,60	2,40	1,80	0,80	0,64	0,32	1,28	0,96	0,43	0,77	0,12	3,07	1,73	0,34
	155	13,60	6,80	27,20	20,40	9,00	0,20	0,10	0,40	0,30	0,14	2,72	0,68	10,88	6,12	1,26
	4288	21,70	10,75	43,40	32,00	14,70	0,84	0,42	1,68	1,26	0,56	18,33	4,52	72,91	40,32	8,23
9	3847	5,00	2,50	10,00	7,50	3,30	0,06	0,03	0,10	0,08	0,03	0,25	0,08	1,00	0,60	0,10
10	4286	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	0,16	0,08	0,32	0,24	0,09	0,08	0,02	0,32	0,18	0,30
	4151	3,10	1,55	6,20	4,70	2,00	0,25	0,13	0,50	0,38	0,18	0,78	0,20	3,10	1,79	0,36
11	4293	1,04	0,52	2,08	1,56	0,72	0,07	0,04	0,14	0,11	0,05	0,73	0,02	0,29	0,17	0,01
12	4291	1,00	0,50	2,00	1,50	0,67	0,04	0,02	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,16	0,09	0,02
13	4134	16,00	8,00	32,00	24,00	10,70	0,21	0,11	0,42	0,32	0,14	3,36	0,88	13,44	7,68	1,50
14	4135	3,00	1,50	6,00	4,50	2,00	0,25	0,13	0,50	0,38	0,18	0,75	0,20	3,00	1,71	0,36
15	4173	4,10	2,05	8,20	6,30	2,70	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	2,05	0,51	8,20	4,73	0,89

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
16	1732	3,60	1,80	7,20	5,40	2,40	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,14	0,11	0,02
	1737	1,40	0,70	2,80	2,10	0,90	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,11	0,06	0,01
	1723	0,30	0,15	0,60	0,45	0,20	0,84	0,42	1,68	1,26	0,63	0,25	0,06	1,01	0,57	0,13
	4115	28,20	14,10	56,40	32,30	19,99	1,62	0,81	3,24	2,41	1,12	45,68	11,42	182,74	77,84	21,28
	4116	3,80	1,90	7,60	5,70	2,50	0,55	0,23	1,10	0,80	0,37	2,09	0,44	8,36	4,56	0,93
	4117	5,90	2,85	11,80	8,70	4,00	0,20	0,10	0,40	0,30	0,14	1,18	0,29	4,72	2,61	0,56
	4050	14,00	7,00	28,00	21,00	9,20	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	7,00	1,75	28,00	15,75	3,04
	4026	3,80	1,90	7,60	5,70	2,50	1,05	0,53	2,10	1,58	0,70	3,99	1,01	15,96	9,01	1,75
	1351	4,50	2,25	9,00	6,80	3,00	0,13	0,07	0,26	0,20	0,09	0,59	0,16	2,34	1,36	0,27
	3840	6,50	3,25	13,00	9,80	4,30	0,20	0,10	0,40	0,30	0,13	1,30	0,33	5,20	2,94	0,56
17	4114	4,70	2,35	9,40	7,00	3,10	0,05	0,03	0,10	0,08	0,03	0,24	0,07	0,94	0,56	0,09
18	186	12,00	6,00	24,00	18,00	8,00	0,88	0,44	1,76	1,32	0,60	10,56	2,64	42,24	23,76	4,80
	8300	16,95	8,49	33,00	25,40	11,00	0,95	0,48	2,00	1,43	0,67	16,10	4,08	66,00	36,32	7,37
19	4118	1,20	0,60	2,40	1,80	0,80	0,30	0,15	0,60	0,45	0,20	0,36	0,09	1,44	0,81	0,16
20	4062	1,10	0,55	2,20	1,60	0,70	2,50	1,25	5,00	3,75	1,80	2,75	0,69	11,00	6,00	1,26
21	1903	1,10	0,55	2,20	1,60	0,70	0,05	0,03	0,10	0,08	0,03	0,05	0,02	0,22	0,13	0,02

Работа по выявлению рудоконтролирующих факторов начинается с описания признакового множества минерализации – с составления кадастра минерализованных ГОБ. Кадастр представляет собой таблицу, столбцы которой соответствуют описываемым ГОБ, а строки – признакам, фиксируемым в каждом из них. Формуляр кадастра с образцом заполнения приводится в таблице 2. При заполнении кадастра для сокращения записей данные целесообразно кодировать, то есть использовать цифровые и буквенные обозначения, которые оформляются в виде словаря кодов (дескрипторов). Дескрипторный словарь для выполнения данного задания представлен в таблице 3.

Геологические тела, участвующие в строении территории (разломы, вулканоструктуры, толщи горных пород, магматические тела и геологические контакты), нумеруются. Нумерация необходима для последующей статистической обработки информации. При заполнении кадастра номер описываемого тела обязательно фиксируется и вся снимаемая с карты информация заносится строго в соответствующую ему строку.

Составление расчетных таблиц

Когда кадастр минерализованных ГОБ полностью заполнен, собранную в нем информацию нужно подготовить к машинной обработке, Удобнее всего представить ее в табличной форме. Фрагмент такой таблицы для одного из оцениваемых признаков – ориентировки разломов, приводится ниже в таблице 4.

Строки таблицы отвечают номерам описываемых геологических тел (в нашем примере разломов), а столбцы – градациям оцениваемого признака (направлению простирания). В клетки таблицы заносятся значения масштаба минерализации, соответствующие номеру ГОБ, определяемые вариантом задания. Так, если разлом с номером 1 имеет субширотное простирание, а масштаб минерализации описываемого блока составляет 88,0, то число 88,0 следует занести в клетку, находящуюся на пересечении первой строки и второго столбца (не считая крайнего левого с номерами разломов). Если же разлом с номером 3 северо-западный, а масштаб минерализации блока, который он образует, 2,10, то число 2,10 следует занести в клетку на пересечении третьей строки и четвертого столбца (табл. 4). Поскольку с каждым разломом, как правило, связано несколько рудных объектов, то в каждую клетку попадает не одно, а несколько значений масштаба минерализации. Их следует разделять знаком ";" или писать столбиком мелким шрифтом. Например, разлом № 15 имеет северо-западную ориентировку, и с ним связаны 4 объекта с масштабом минерализации 14,40, 9,40, 28,50 и 2,20. Эти значения и записываются в клетку на пересечении четвертой строки и первого столбца (табл. 4).

Всего рекомендуется составить 9 таблиц для оценки влияния на размещение минерализации всех признаков, описанных в кадастре ГОБ и их градационных значениях:

Таблица 2

Кадастр минерализованных ГОБ

Номера ГОБ	1	2	…	21
Масштаб минерализации	1,75	0,10	…	0,03
Оцениваемые признаки				
Разломы				
номер	1	3		11
	4	7		15
	5			
	9			
ориентировка	2	4		4
	1	3		4
	1			
	4			
Вулканоструктуры				
номер	1	5		4
тип	1	2		2
Вмещающие породы				
номер	5	4		7
свита	2	1		2
фация	1	1		2
петрохимический состав	2	3		2
Магматические тела				
номер	1	-		9
				10
ориентировка	1	-		1
				1
Геологические контакты				
номер	2	5		9
	9	7		
	10			
тип	1	2		2
	2	1		
	1			
ориентировка	1	3		1, 4
	1	4		
	1			
сочетание пород в контакте	1/5	3/4		5/7
	5/7	4/5		
	5/8			

Таблица 3

Дескрипторный словарь

Признаки	Характеристики признаков	Цифровой код	Буквенный код
Разломы			
Ориентировка*	субмеридиональная	1	м
	субширотная	2	ш
	северо-восточная	3	в
	северо-западная	4	з
Вулканоструктуры			
тип	депрессии	1	д
	поднятия	2	п
Вмещающие породы			
толщи	туфоконгломераты	1	
	туфопесчаники, туфоалевролиты	2	
	базальты и андезибазальты	3	
	дацито-андезиты	4	
	подушечные лавы подводных базальтов	5	
	переотложенные гиалокластиты базальтовой толщи	6	
	метадолериты и базальты долеритовой толщи	7	
	габбродиориты	8	
свиты	верхняя	1	в
	нижняя	2	н
фации	эффузивная	1	э
	субвулканическая	2	св
	вулканогенно-осадочная	3	во
петрохимический состав	основной-средний (базальты и андезибазальты, габбродиориты)	1	ос
	основной (базальты, долериты)	2	о
	средний-кислый (дацито-андезиты)	3	кс
Геологические контакты			
тип	межформационный (между разными свитами)	1	фор
	межфациальный (между разными толщами одной свиты)	2	фац
сочетание пород в контакте	туфоконгломераты – туфопесчаники и туфогравелиты	1 (1/2)	
	туфоконгломераты – подводные базальты	2 (1/5)	
	туфоконгломераты - габбродиориты	3 (1/8)	
	туфопесчаники и туфоалевролиты – габбродиориты	4 (2/8)	
	базальты и андезибазальты – дацито-андезиты	5 (3/4)	
	базальты и андезибазальты – гиалокластиты	6 (3/6)	
	дацито-андезиты – подводные базальты	7 (4/5)	
	подводные базальты – гиалокластиты	8 (5/6)	
	подводные базальты – метадолериты	9 (5/7)	
	подводные базальты – габбродиориты	10 (5/8)	
	метадолериты – габбродиориты	11 (7/8)	

* Аналогичным образом кодируется ориентировка магматических тел и геологических контактов

Таблица 4

Ориентировка разломов

Градации / Номера	Субмеридиональ-ные	субширотные	северо-восточные	северо-западные
1		88,0 0,75		
2				0,75 1,46
3				2,10
…	…	…	…	…
15				14,40 9,40 28,50 2,20

Оценки

1) ориентировка разломов,

2) тип вулканоструктур,

3) свиты вмещающих пород,

4) фации вмещающих пород,

5) петрохимический состав вмещающих пород,

6) ориентировка магматических тел,

7) тип геологических контактов,

8) ориентировка геологических контактов,

9) сочетание пород в контакте.

Обработка информации

Обработка информации выполняется с применением ПЭВМ по специально составленной программе. Программа состоит из трех частей.

Первая часть предназначена для расчета натуральных оценок значимости признаков. Оценки рассчитываются по следующей схеме:

1) ввод исходных данных,

2) печать исходных данных и проверка ввода,

3) определение суммарных оценок отдельных геологических тел в каждой градации (в каждой клетке исходной таблицы),

4) определение суммарных оценок градаций (в каждом столбце исходной таблицы),

5) определение средних суммарных оценок отдельных геологических тел каждой градации (столбца),

6) расчет величины, обратной коэффициенту вариации, по каждой градации (столбцу),

7) определение коэффициента рудоносности – отношения суммарной оценки каждой градации к сумме оценок всех градаций данного признака,

8) расчет натуральных оценок значимости каждой градации как произведение трех величин:

- средней суммарной оценки данной градации,

- величины, обратной коэффициенту вариации,

- коэффициента рудоносности,

9) вывод результатов.

После того, как все таблицы просчитаны, распечатанные результаты просматриваются и анализируются. Для дальнейшей обработки выбираются оценки, отличные от нуля. Эти оценки нумеруются и обрабатываются с помощью второй части программы, предназначенной для приведения рассчитанных описанным способом оценок к единой десятибалльной шкале, упорядочения их и расчета средней оценки. Эти операции выполняются в следующей последовательности:

1) ввод исходных данных (номеров отобранных для дальнейшей обработки градаций признаков и их оценок),

2) печать исходных данных и проверка ввода,

3) нахождение максимальной оценки и упорядочение оценок по убыванию,

4) приведение оценок к единой десятибалльной шкале путем деления на максимальное значение и умножения на 10,

5) расчет средней приведенной оценки,

6) вывод результатов.

Третья часть программы используется позже для выделения перспективных площадей и будет рассмотрена ниже.

Программа написана в диалоговом режиме, что позволяет студентам вести обработку информации практически самостоятельно.

Систематика РФ

Получив упорядоченный массив градаций признаков и их оценок, можно приступать к отбору и систематизации РФ. В данной учебной работе рекомендуется в качестве РФ рассматривать те признаки, оценки которых выше, чем средняя. Эти признаки, то есть рудоконтролирующие факторы, следует систематизировать по видам и значимости в контроле оруденения и сформулировать на основе этой систематики геолого-структурную позицию прогнозируемого оруденения.

Обычно систематику РФ представляют в виде таблицы, строки которой отвечают рудоконтролирующим факторам разного масштаба, а столбцы – факторам разного вида. В нашей небольшой учебной работе анализируются РФ только одного масштаба – контролирующие рудные тела и месторождения. Среди них можно выделить четыре вида: разрывные, вулканоструктурные, литологические и магматические. Например, в одном из вариантов может быть получен следующий набор факторов (в скобках даны оценки значимости):

1) вулканические депрессии (10,0),

2) субмеридиональные разломы (8,5),

3) базальты подводной толщи (8,4),

4) контакт базальтовой и долеритовой толщи (6,3),

5) субширотные разломы (4,5),

6) дайки габбродиоритов субмеридиональной ориентировки (4,2).

В табличном виде их систематика будет выглядеть следующим образом (табл. 5).

Таблица 5

Систематика рудоконтролирующих факторов

Разрывные	Вулканоструктурные	Литологические	Магматические
Субмеридиональные разломы (8,5) Субширотные разломы (4,5)	Вулканотектонические депрессии (10,0)	Базальты подводной толщи (8,4) Контакт подводных базальтов и долеритов (6,3)	Субмеридиональные дайки габбродиоритов (4,2)

Проанализировав таблицу, можно сформулировать геолого-структурную позицию рудных тел: это геологические блоки, приуроченные к вулканотектоническим депрессиям, сложенные базальтами подводной толщи, прорванными дайками габбродиоритов субмеридиональной ориентировки, и ограниченные субмеридиональными и субширотными разломами и контактами базальтовой и долеритовой толщ.

Таким образом, мы сформировали модель благоприятной геолого-структурной позиции оруденения. Поиск таких позиций на оцениваемой территории и есть собственно прогнозирование – вторая часть прогнозной оценки, выполнение которой рассматривается ниже.

Прогнозная оценка территории

Прогнозная оценка выполняется в пределах второго участка карты, приведенного на бланке задания справа (Рис. 2). Здесь также в результате пересечения разных геологических тел образуются геологически однородные блоки, которые нужно пронумеровать. Вторая часть работы выполняется в следующей последовательности.

Составление кадастра оцениваемых ГОБ

Практически поиски благоприятных для размещения оруденения геолого-структурных позиций реализуется в анализе геологической ситуации в каждом оцениваемом ГОБ. При этом фиксируется проявление или отсутствие РФ из установленного набора. Оценки значимости действующих РФ в каждом блоке суммируются. Эта сумма и является оценкой перспективности блока.

Информация для машинной обработки оценок и выделения перспективных ГОБ также должна быть организована в виде таблицы, называемой кадастром перспективных ГОБ. Строки этой таблицы соответствуют оцениваемым ГОБ (с номерами в нашем задании с 22 по 56), а столбцы – выявленным выше рудоконтролирующим факторам. В клетки таблицы заносятся приведенные оценки значимости этих факторов. Если фактор в блоке не действует, то вместо оценки в соответствующую клетку ставится 0. Если фактор представлен в блоке несколько раз (например, блок образован двумя субмеридиональными разломами или содержит три дайки габбродиоритов), то его оценка увеличивается во столько же раз (удваивается, утраивается и т. д.). Если взять в качестве примера рассмотренный выше набор РФ (п. 4.1.4), то фрагмент кадастра оцениваемых ГОБ может выглядеть следующим образом (табл. 6).

Выделение перспективных ГОБ

Для решения этой задачи используется третья часть той же программы для ПЭВМ. Она включает следующие операции:

1) ввод исходного массива номеров оцениваемых ГОБ и приведенных оценок относительной значимости дей2ствующих в них РФ,

2) печать массива и проверка ввода,

3) определение суммарной оценки РФ для каждого оцениваемого блока (оценки перспективности ГОБ),

4) печать суммарных оценок,

5) сортировка оценок перспективности ГОБ по убыванию,

6) нахождение средней оценки перспективности (1-й средней оценки),

7) печать номеров и оценок перспективных ГОБ, имеющих оценки выше 1-й средней,

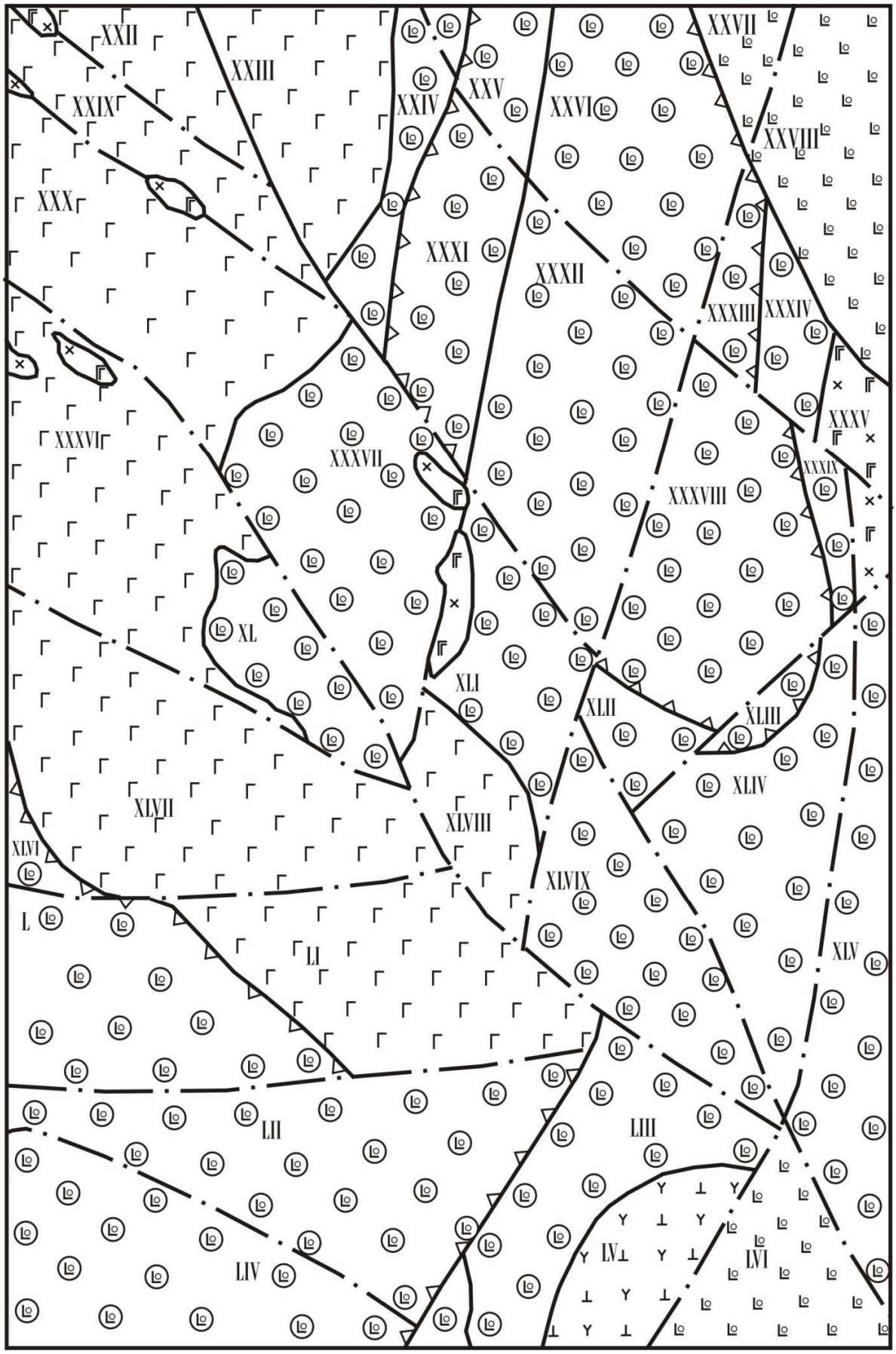


Рис. 2. Геологическая карта оцениваемого участка. Масштаб 1:25000

Таблица 6

Кадастр оцениваемых ГОБ

Оценки РФ / Номера ГОБ	Вулканические депрессии	Субмеридиональные разломы	Базальты подводной толщи	Контакт базальтов и долеритов	Субширотные разломы	Дайки габбродиоритов субмеридионального простирания
	10,0	8,5	8,4	6,3	4,5	4,2
22	0	0	0	0	0	0
…						
31	10,0	8,5	8,4	0	0	
…						
49	0	8,5	8,4	6,3	4,5	0
…						
56	0	0	0	0	0	0
Оценки перспективности						

8) нахождение средней оценки для перспективных ГОБ (2-й средней оценки),

9) печать номеров и оценок перспективных ГОБ 1-й очереди, имеющих оценки выше 2-й средней.

Таким образом, вначале определяются оценки перспективности каждого блока, рассчитываемые как суммы действующих в нем РФ. Затем они упорядочиваются по убыванию и вычисляется среднее значение. Блоки, оценки которых выше средней, считаются перспективными площадями 2-й очереди. После этого определяется средняя оценка только для них, и ГОБ с оценками выше второго среднего значения выделяются как перспективные площади 1-й очереди.

Оконтуривание перспективных ГОБ

Перспективные блоки 1-й и 2-й очередей показываются на карте оцениваемого участка разной штриховкой. Компактные группы таких блоков оконтуриваются геологическими границами в качестве прогнозных участков. Геологическими границами служат разломы, оси складок (на нашей карте их нет), контуры вулканоструктур, границы магматических тел, стратиграфические и литологические контакты. Для этих участков могут быть подсчитаны прогнозные ресурсы разных категорий (в зависимости от масштаба). В настоящей работе подсчет прогнозных ресурсов не рассматривается, это тема отдельного задания.

Проверка надежности прогноза

Для проверки надежности прогнозных построений нужно подсчитать оценки перспективности минерализованных ГОБ эталонного участка и сравнить полученные результаты с известным данными о масштабе минерализации в эталонном рудном поле. Если они близки, значит, прогноз выполнен достаточно реально, если нет – возможно, где-то допущена ошибка.

Описание перспективных площадей

Выделенным перспективным площадям для удобства дальнейшей работы следует дать названия. Лучше всего использовать для этой цели геграфимческие и

топографические привязки (названия рек, ручьев, озер, горных вершин, населенных пунктов и т. п.). Можно также отразить в названиях перспективных участков их положение на карте (Северный, Южный, Центральный и др.). В крайнем случае, подойдет и простая нумерация. После этого перспективные площади должны быть описаны по следующей схеме:

а) название (или номер);

б) местоположение на карте;

в) геологические границы;

г) слагающие их ГОБ и их оценки;

д) степень перспективности;

е) наличие в их пределах известных рудных объектов, их масштаб;

ж) категории прогнозных ресурсов;

з) примечания (подмеченные особенности, соображения по дальнейшему изучению и пр.).

Описание перспективных площадей является заключительной частью прогнозной оценки. Выполнив его, можно приступать к оформлению работы.

Оформление работы

Законченная работа должна включать в себя следующие материалы:

1) кадастр минерализованных ГОБ;

2) расчетные таблицы;

3) натуральные оценки значимости признаков в их градационных значениях;

4) приведенные оценки признаков;

5) систематику РФ с оценками их относительной значимости;

6) кадастр оцениваемых ГОБ;

7) оценки перспективности оцениваемых ГОБ;

8) прогнозную карту;

9) пояснительную записку.

В записке характеризуется геолого-структурная позиция известной минерализации (на основе систематики РФ и их оценок), дается описание выделенных перспективных площадей, приводятся результаты проверки надежности прогнозирования, делаются заключительные выводы.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Геометризация рудоконтролирующих поверхностей

Методика построений в изолиниях

Геометризация рудоконтролирующих структур предполагает последовательное выполнение следующих операций.

Подготовка исходных разрезов и планов.

Основой построений в изолиниях служат геологические разрезы и планы. К исходным материалам предъявляются следующие требования:

1)на них особенно тщательно должны быть отстроены те геологические поверхности, которые намечены к геометризации;

2)все достоверное должно быть четко отделено от предполагаемого;

3)разрезы и планы должны быть увязаны между собой.

Для увязки и корректировки первичных материалов рекомендуется способ построения сводных геологических разрезов и планов. Сводный геологический разрез получается при проектировании следа интересующей нас поверхности со всех разведочных линий на один профиль. Для получения сводного плана рассматриваемая поверхность проектируется со всех погоризонтных планов на один гипсометрический уровень. Сводные разрезы и планы позволяют откорректировать наименее надежные из исходных материалов, с малым числом разведочных подсечений, по наиболее надежным, с наибольшим количеством пересечений. Кроме того, эти построения дают возможность выявить и увязать между собой крупные перегибы поверхности по вертикали (горизонтальные ребра) и в плане (вертикальные ребра).

Выбор геометризуемой поверхности

Геометризуемая поверхность должна быть теснее всех других связана с минерализацией, контролировать ее размещение. Для геометризации могут быть выбраны:

а) лежачий бок рудного тела;

б) его висячий бок;

в) условная поверхность, проходящая по середине мощности;

г) какой-либо выдержанный прослой внутри рудного тела;

д) поверхность рудоконтролирующей структуры (разлома, контакта).

Выбор плоскости проекции

Плоскостью проекции может быть любая из координатных плоскостей – горизонтальная или вертикальная широтная либо меридиональная. Горизонтальная плоскость применяется, если угол падения проектируемой поверхности менее 50°. Выбор вертикальной плоскости определяется средним азимутом простирания: если простирание ближе к меридиану – выбирается меридиональная плоскость, если ближе к широте – широтная. Наклонные или произвольно ориентированные плоскости неудобны для применения на практике. Плоскость, параллельная проектируемой поверхности, например, позволяет получить наименьшее площадное искажение объекта. Однако при этом теряется связь изолиний с элементами залегания, в результате чего любые геологические построения на такой проекции значительно усложняются.

Выбор сечения изолиний

Сечение изолиний определяет детальность и точность изображения геометризуемой поверхности. Оно зависит от углов падения поверхности и масштаба проекции. Для расчета величины сечения используется следующая формула:

$$d = tg\ \beta \times M/100, \text{ где}$$

d – сечение изолиний, м;

β – средний угол падения поверхности, град.;

М – знаменатель масштаба проекции.

Перенос на основу структурного плана всех точек проектируемой поверхности

Выносятся все точки, лежащие как на разрезах и планах, так и вне их. Возле каждой точки указывается расстояние до плоскости проекции, выраженное в метрах.

Проведение опорных изолиний

Опорными являются наиболее надежные изолинии, проведенные по данным буровых и горных работ.

Вынос крупных перегибов поверхности

Фиксация на проекции крупных перегибов и разрывов, отраженных на исходных геологических материалах и установленных на сводных планах и разрезах.

Проведение всех изолиний, опирающихся на интерполированные данные

Лучше проводить изолинии не плавными линиями, а ломаными. В этом случае изображение структуры получается более отчетливым, а способ изображения будет вполне соответствовать его точности.

Построение изолиний позволяет выделить в пределах исследуемой поверхности грани – плоские участки с одинаковыми элементами залегания и разделяющие их ребра – перегибы. В пределах одной грани изолинии параллельны между собой, и расстояние между ними одинаковое. Изменение угла наклона или расстояния между изолиниями говорит о наличии перегиба – ребра. Грани и ребра являются составными элементами рельефа.

Размеры граней и ребер определяют их порядок. Обычно выделяется три порядка структурных элементов поверхности. К первому порядку относят наиболее крупные части рудоконтролирующей поверхности, визуально отличающиеся по своей ориентировке. Второй порядок присваивается более мелким граням и ребрам, отраженным на исходных геологических материалах. Наконец, самые мелкие участки поверхности, выделившиеся при построении изолиний, принадлежат к третьему порядку.

В изолиниях можно изображать какие угодно свойства полезных ископаемых и горных пород. Для некоторых свойств изолинии получили специальные наименования: изопахиты – линии равных мощностей, изоволи – линии равных содержаний и др.

Изображение структуры в изогипсах

Если угол падения проектируемой поверхности не более 50°, выбирается горизонтальная плоскость проекции. В этом случае рельеф поверхности изображается в изогипсах.

Изогипсы – линии равного удаления от горизонтальной плоскости проекции. При построении структурного плана в изогипсах на координатную основу, прежде всего,

наносятся все известные точки проектируемой поверхности. Выделяется четыре вида таких точек: а) определенные разведочными пересечениями; б) взятые с планов вдоль линий выходов; в) интерполированные точки с геологических разрезов; г) рассчитанные от опорных горизонтов геологической карты. Особенно важны точки, установленные на осях складок или у тектонических разрывов.

Приступая к построению изогипс, прежде всего, нужно провести те отрезки изолиний, которые опираются на достоверные точки. Затем намечают на плане положение тектонических линий – осей складок и разрывов. Крупные тектонические линии обычно выявляются геологическими разрезами и планами. Их наиболее вероятное положение на структурном плане и наклон относительно геометризуемой поверхности находится в пределах точности интерполяции. Положение более мелких нарушений намечается на основании достоверных отрезков изолиний и элементов залегания.

Затем на тектонических линиях намечаются точки с отметками изогипс и строятся все изогипсы методом интерполяции отметок удаления. Лучше проводить их не плавными, а ломаными.

Изображение структуры в изолонгах

Изолонги – это линии равного удаления проектируемой поверхности от вертикальной плоскости проекции. Структурные планы в изолонгах строят в том случае, если угол падения геометризуемой поверхности превышает 50°.

При проектировании на вертикальную плоскость проекции необходимо учитывать следующие условия.

1. Вертикальная плоскость проекции, подобно горизонтальной, должна быть ориентирована определенным образом: либо по широте, либо по меридиану. Из этих двух положений плоскости проекции выбирается о, при котором она составляет наименьший угол с объектом проектирования. Это обеспечивает наименьшее искажение поверхности на проекции.

Выбор плоскости проекции, параллельной геометризуемой поверхности, только на первый взгляд позволяет избежать искажений, так как геологические поверхности отличаются изменчивостью элементов залегания и волнистостью рельефа. В то же время при использовании произвольно ориентированной плоскости проекции чтение структурного плана значительно затрудняется, так как нарушается связь между элементами залегания и изолиниями.

2. Координатная сетка на вертикальной плоскости проекции разбивается так же, как и в других ортогональных проекциях. Вертикально на чертеже располагается ось высот, горизонтально в зависимости от ориентировки плоскости проекции – геодезическая ось широт или ось долгот. Третья координата точки обозначается числовой отметкой.

На долготной проекции юг располагается слева, север – справа, восток – впереди и запад – позади изображения. На широтной плоскости проекции запад будет слева, восток – справа, юг – впереди и север – позади изображения. Высотные отметки возрастают снизу вверх.

3. Точки данной проектируемой поверхности с одинаковыми числовыми отметками могут быть соединены изолиниями. Это и будут изолонги, представляющие собой проекции сечений изображаемого тела системой вертикальных плоскостей, расположенных параллельно плоскости проекции и удаленных одна от другой на одно и то же расстояние, равное заложению изолиний.

4. Изображение поверхности в изолонгах аналогично изображению в изогипсах или горизонталях и пригодно для проведения всех геометрических построений.

Чтение структурных планов

Изображение в изолонгах при небольшом навыке позволяет представить рельеф также наглядно, как и при изображении в изогипсах или горизонталях. При этом следует руководствоваться определенными правилами.

Наклон изолонг и расстояние между ними зависят от азимута и угла падения проектируемой поверхности.

Если исследуемая поверхность и плоскость проекции параллельны, то изолонги превращаются в горизонтали, а расстояние между изолонгами будет максимальным. Если поверхность и плоскость проекции перпендикулярны, то все изолонги сольются в одну линию, то есть расстояние между ними будет равно нулю. При всех промежуточных положениях поверхности наклон изолонг будет изменяться от 0 до 90° и будет направлен в сторону острого угла между проектируемой поверхностью и плоскостью проекции. Расстояние между изолонгами также будет характеризоваться промежуточными значениями.

Отсюда вытекают следующие правила чтения проекций в изолонгах.

1. Чем гуще расположение изолонг, тем больше угол между геометризуемой поверхностью и плоскостью проекции.

2. Изменение угла наклона изолонг при относительно постоянном расстоянии между ними указывает на преимущественное изменение азимута падения поверхности. Изменение расстояния между изолонгами при относительно постоянном угле наклона происходит в узких пределах и обычно не улавливается.

3. Одновременное изменение угла наклона изолонг и расстояния между ними указывает главным образом на изменение угла падения исследуемой поверхности.

Определение элементов залегания граней

Анализ рельефа продуктивной структурной поверхности начинается с определения элементов залегания граней проекции. Для этого используются простые геометрические зависимости. При этом предлагается следующий порядок действий.

Определение угла наклона изолонг к горизонту (δ). Угол наклона измеряется на проекции при помощи транспортира. Наклон изолонг на север условно принимается за положительный.

Определение расстояния между изолонгами по горизонтали (a) или по вертикали (h). За единицу расстояния принимается величина сечения изолонг. Если значения изолонг растут с юга на север, расстояние отмечается знаком «+», а с севера на юг – знаком «-».

Между расстоянием, выраженным в сечениях изолонг, и элементами залегания граней существуют следующие зависимости:

$$a = \operatorname{ctg} \varphi, \quad h = \operatorname{tg} \beta,$$

где φ – угол между простиранием грани и плоскостью проекции (отклонение простирания грани от меридионального направления); β – угол падения граней; φ и β определяются по тригонометрическим таблицам с точностью до 1°.

В большинстве случаев положение изолонг на плане позволяет применить только одну из величин φ или β. Другая величина определяется, исходя из соотношения:

$$\delta = \operatorname{arctg} (\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi).$$

Указанная зависимость вычислена в виде таблицы 2.1. Более точные значения для крутых углов падения приведены в таблице 2.2.

Определение связи элементов рельефа со свойствами оруденения

Для выявления связи свойств оруденения с рельефом анализируемой поверхности на проекцию выносятся количественные характеристики минерализации, установленные по опорным точкам. В качестве количественных характеристик используются, как правило, содержание полезных компонентов и мощность рудных тел. По всем опорным точкам (разведочным пересечениям, выходам рудного тела на поверхность) определяются средние значения содержания и мощности, на основании которых, в свою очередь, рассчитываются средние параметры оруденения для каждой грани.

Зависимость между элементами залегания и характеристиками оруденения можно установить простым графическим способом с помощью трехмерных диаграмм. Такая диаграмма представляет собой таблицу, столбцами которой являются интервалы азимутов падения (отдельно для восточного и западного направлений падения), а строкам – интервалы углов падения. Каждой клетке таблицы соответствует группа граней с близкими значениями азимутов и углов падения, попадающими в один интервал. В клетки заносятся средние значения исследуемого параметра, рассчитанные для входящих в них граней. Далее для каждой клетки вычисляется среднее по данному параметру уже для группы граней, элементы залегания которых попадают в соответствующие интервалы. По этим значениям методом интерполяции проводятся изолинии и определяются полюса, соответствующие наиболее богатым (с максимальными содержаниями) и наиболее приоткрытым (с максимальной мощностью) граням. Для каждого полюса определяются азимут и угол падения, сравнение которых со средними элементами залегания продуктивной поверхности позволяет определить кинематический тип рудообразующих деформаций. Как отмечалось выше, приоткрывание граней, отклоняющихся от среднего простирания вправо, происходит при перемещениях типа правого сдвига, а граней, отклоняющихся влево – при левом сдвиге. В разрезе более пологие участки приоткрываются при взбросах, более крутые – при сбросах.

Сопоставляя количество и элементы залегания полюсов, выделившихся по содержанию и по мощности, можно сделать выводы об этапах рудообразования, природных типах руд и механизме формирования рудоконтролирующей структуры. Проанализировав распределение наиболее богатых и наиболее мощных руд в пределах плоскости проекции, легко определить структурные типы рудных тел, установить закономерности их размещения и сделать прогноз на фланги и глубокие горизонты геометризованной поверхности.

Порядок выполнения лабораторной работы по геометризации продуктивных структурных поверхностей

Исходные данные

Учебное задание выполняется на примере медноколчеданного месторождения (Рис. 2.2 Вып3 17).

Поверхность рудного тела разбурена системой картировочных вертикальных скважин по сети 50х20 м с целью оконтуривания его под наносами. Для изучения состава окисленных и первичных руд, определения границы между ними, а также для отбора технологических проб, пройден ряд шурфов с рассечками. Первичные руды вскрыты колонковыми скважинами по сети 200х100 м. В центральной части (профиль IV) пробурена глубокая скважина № 9, встретившая рудное тело видимой мощностью 35 м на отм. 0 м.

Установлено, что рудное тело имеет форму линзы, выклинивающейся на флангах и на глубину. Размеры линзы вблизи земной поверхности 550 м по простиранию при максимальной мощности 80 м. Близ поверхности до глубины 18-25 м развита зона окисления, представленная «железной шляпой». Протяженность рудного тела по падению составляет 400-450 м. Состав руд пирит-халькопирит-сфалеритовый.

Месторождение оценено как имеющее промышленное значение. Проектируются разведочные работы, предусматривающие сгущение сети буровых скважин и горных выработок в центральной части до 100х50 м, что соответствует категории В.

Одной из важнейших задач разведки является выяснение структуры рудного поля, особенностей внутреннего строения рудных тел, выделение промышленных типов и технологических сортов руд и условий их размещения. Линза залегает на контакте кварцевых риолитов (лежачий бок) и базальтов (висячий бок). Этот контакт, по всей видимости, представляет собой продуктивную структурную поверхность, контролирующую оруденение. Изучение рельефа продуктивной структурной поверхности является весьма эффективным методом решения перечисленных выше разведочных задач.

Таблица 2.1

Углы наклона изолонг к плоскости вертикальной проекции

(δ = arctg (tg β · sin φ), где δ – угол наклона изолонг, β – угол падения проектируемой поверхности, φ – угол между простиранием проектируемой поверхности и плоскостью проекции)

φ / β	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	φ / β
89	79	84	86	87	88	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
85	45	63	71	76	78	80	81	82	83	83	84	84	84	85	85	85	85	85	85
80	27	44	56	63	67	71	73	75	76	77	78	78	79	79	80	80	80	80	80
75	18	33	44	52	58	62	65	67	69	71	72	73	74	74	75	75	75	75	75
70	14	25	35	43	49	54	58	60	63	65	66	67	68	69	69	70	70	70	70
65	11	20	29	36	42	47	51	54	57	59	60	62	63	64	64	65	65	65	65
60	9	17	24	31	36	41	45	48	51	53	55	56	57	58	59	60	60	60	60
55	7	14	20	26	31	36	39	43	45	48	49	51	52	53	54	55	55	55	55
50	6	12	17	22	27	31	34	37	40	42	44	46	47	48	49	50	50	50	50
45	5	10	15	19	23	27	30	33	35	37	39	41	42	43	44	45	45	45	45
40	4	8	12	16	20	22	26	28	30	33	34	36	37	38	39	40	40	40	40
35	4	7	10	13	17	19	22	24	26	28	30	31	32	33	34	35	35	35	35
30	3	6	8	11	14	16	18	20	22	24	25	27	28	28	29	30	30	30	30
25	2	5	7	9	11	13	15	17	18	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25
20	2	4	5	7	9	10	12	13	14	16	17	17	18	19	19	20	20	20	20
15	1	3	4	5	6	8	9	10	11	12	12	13	14	14	15	15	15	15	15
10	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10
5	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
β / φ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	β / φ

Таблица 2.2

Детализация части таблицы с β от 65 до 89° и φ от 1 до 20°

φ / β	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	φ / β
89	45	63	72	76	79	81	81	83	84	84	85	86	86	87	87	89
88	27	45	56	63	68	72	74	76	77	78	80	82	83	84	84	88
87	19	34	45	53	59	63	67	69	71	73	76	78	79	80	81	87
86	14	27	37	45	51	56	60	63	66	68	71	74	76	77	78	86
85	11	22	31	39	45	50	54	58	61	63	67	70	72	74	76	85
84	9	18	26	34	40	45	49	53	55	59	63	67	69	71	73	84
83	8	16	23	30	36	41	45	49	52	55	59	63	66	68	70	83
82	7	14	20	26	32	37	41	45	48	51	55	60	63	66	68	82
81	6	12	18	24	29	34	38	41	45	48	53	57	60	63	65	81
80	6	11	17	22	27	31	35	38	41	44	50	54	57	60	63	80
78	5	9	14	18	22	26	30	33	36	39	44	49	52	55	58	78
76	4	8	12	16	19	23	26	29	32	35	40	44	47	51	54	76
74	3	7	10	14	17	20	23	26	29	31	36	40	44	47	50	74
72	3	6	9	12	15	18	21	23	26	28	33	37	40	44	46	72
70	3	5	8	11	14	16	19	21	23	25	30	34	37	40	43	70
68	2	5	7	10	12	15	17	19	21	23	27	31	34	37	40	68
66	2	4	7	9	11	13	15	17	19	21	25	29	32	35	38	66
β / φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	β / φ

Таблица 2.3

Определение азимутов падения граней

δ	+	-	-	+
a	+	-	+	-
α	270 + φ	270 – φ	90 + φ	90 – φ

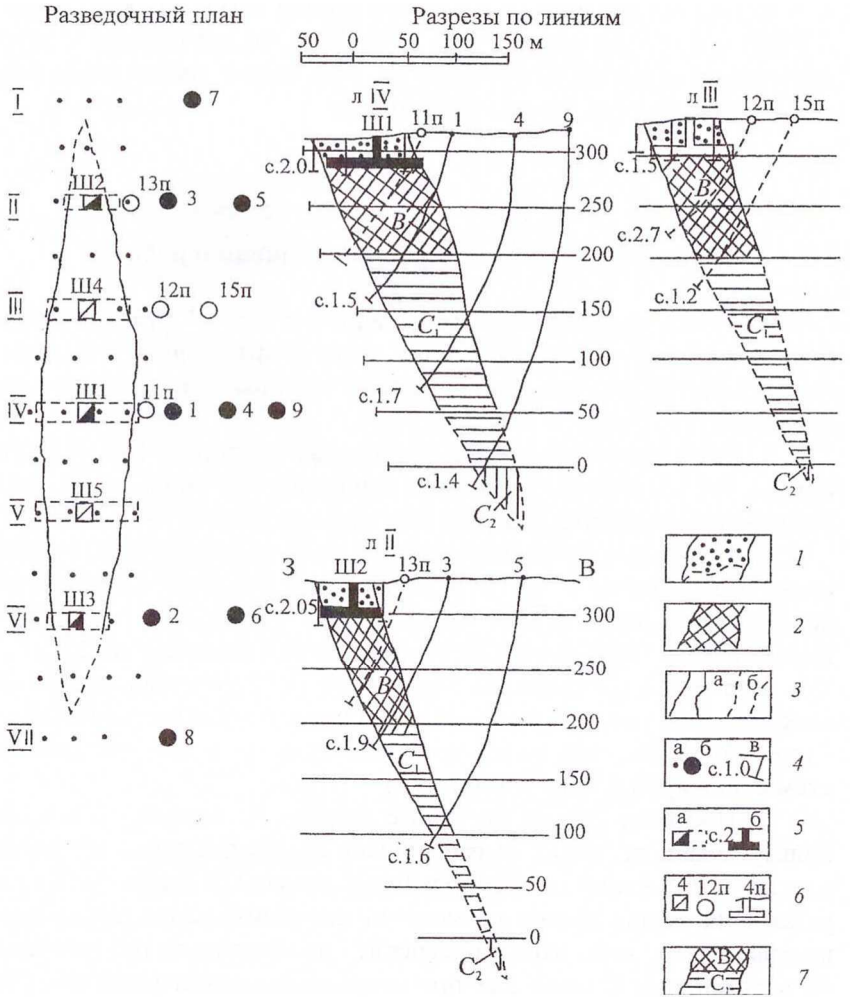


Рис. 2.2. Проект разведки медноколчеданного месторождения [Вопросы]:
1 – окисленные руды; 2 – первичные руды; 3 – контуры рудных тел: *а* – установленные, *б* – предполагаемые; 4 – скважины: *а* – картировочные, *б* – разведочные, *в* – среднее содержание по выработке; 5 – шурфы с рассечками: *а* – на плане, *б* – на разрезе; 6 – проектные выработки, их номера; 7 – контуры блоков разных категорий

Методические указания по выполнению работы

1. Каждый студент выполняет индивидуальную работу, так как на стандартный бланк задания, выданный преподавателем, самостоятельно наносит условную плоскость проекции и дорисовывает разрезы, пользуясь морфологическим приемом, что не позволяет получить одинаковые исходные данные.

2. В качестве геометризуемой поверхности следует принять лежачий бок рудной линзы, отвечающий контакту базальтов и риолитов, как наиболее тесно связанный с минерализацией.

3. Плоскость проекции, исходя из особенностей залегания рудного тела, должна быть вертикальной меридиональной. Располагается плоскость так, чтобы проектируемая поверхность находилась по одну сторону от нее. Удобнее всего поместить плоскость проекции к западу от рудного тела. Плоскость следует начертить на плане и показать на всех разрезах с учетом расстояния от рудного тела.

4. Масштаб проекции и сечение изолиний выбирается из соображений наглядности чертежа, учитывая размеры линзы. В нашем случае наиболее удобен масштаб 1:2000 и величина сечения 10 м.

5. Построение проекции начинается с нанесения на чертеж опорной сетки, образованной вертикальными линиями разрезов и горизонтальными линиями абсолютных отметок.

6. Следующим этапом является вынесение на проекцию опорных точек проектируемой поверхности, которые являются наиболее надежными. В первую очередь, это линия рельефа, построенная по разрезам, включая северную и южную границы линзы. Затем на основу переносятся точки пересечения лежачего бока оценочными буровыми скважинами – картировочными и колонковыми (№№ 2-9) и горными выработками – рассечки с шурфами по линиям II, IV и VI. В последнюю очередь отстраиваются проектные пересечения лежачего бока будущими разведочными скважинами (№№ 10-18) и рассечки с шурфами по линиям III и V, которые предварительно намечаются на плане и разрезах. Надежность (достоверность) проектных точек ниже, чем у реальных оценочных пересечений, тем не менее, они получены в соответствии с установленными правилами оконтуривания запасов и могут быть использованы для детализации рельефа поверхности. С этой же целью целесообразно учитывать и точки выклинивания линзы, построенные на разрезах также по правилам оконтуривания.

7. Для каждой из опорных точек определяется удаление от плоскости проекции, выраженное в метрах с учетом масштаба проекции.

8. Построение изолонг выполняется методом интерполяции между опорными точками. Изолонги проводятся ломаными линиями.

9. Изображение поверхности в изолонгах позволяет выделить в ее пределах грани – плоские участки с одинаковыми элементами залегания, и ребра – разделяющие их перегибы. В пределах одной грани изолонги параллельны и располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга. Изменение угла наклона изолиний или расстояния между ними говорит о наличии перегиба. В этом случае следует провести дополнительное ребро. Перегибы рекомендуется проводить через опорные точки проекции. В качестве примера приводится проекция, построенная по Саурейскому барит-свинцовому месторождению на Полярном Урале ((Рис. 2.3 АР 2б).

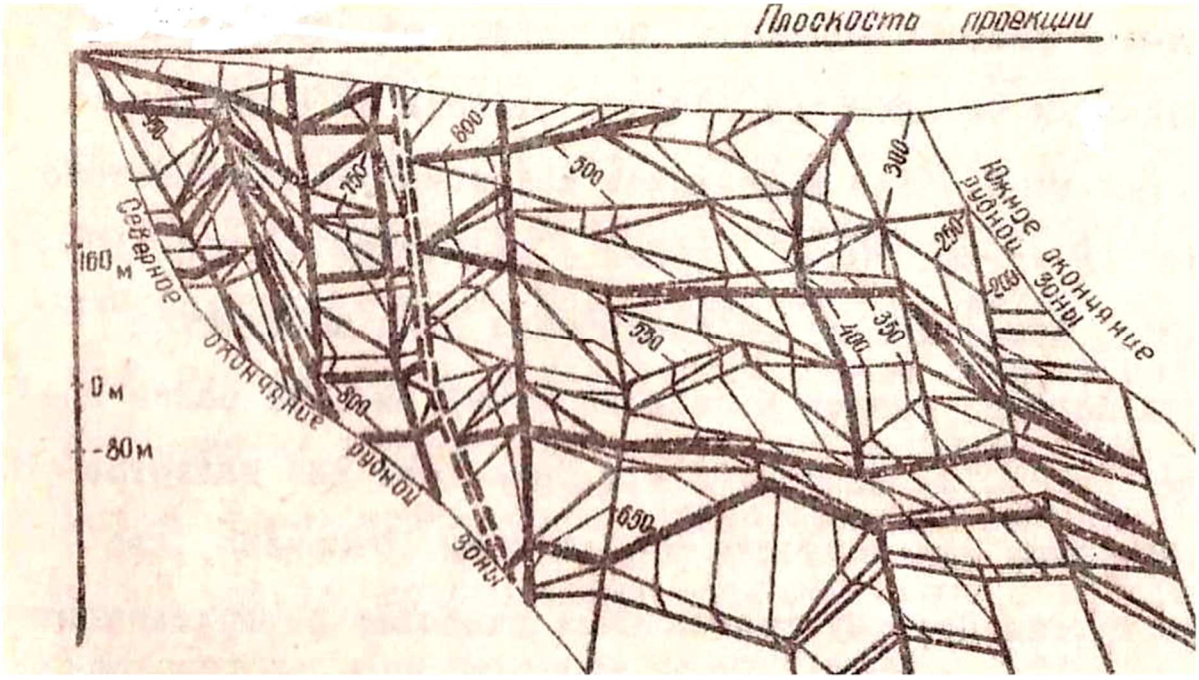


Рис. Продольная вертикальная проекция лежачего бока Главной рудной зоны Саурейского барит-свинцового месторождения (Полярный Урал)

10. Грани, выделенные при построении изолонг, нумеруются. Для каждой из них определяются элементы залегания (см. п. 2.8).

11. Для выявлении связи элементов рельефа продуктивной поверхности с оруденением у опорных точек проекции выписываются содержание меди и мощность рудного тела и для каждой грани рассчитывается среднее значение этих параметров.

12. Следующим этапом работы является построение трехмерных диаграмм, позволяющих определить элементы залегания граней с наиболее богатыми и мощными рудами. Примеры диаграмм для Саурейского месторождения представлены ниже (Рис. 2.4).

Диаграммы строятся в виде таблиц, столбцы которых отвечают азимутам падения, а строки – углам падения. Азимуты и углы предварительно разбиваются на интервалы. Шаг интервалов определяется обычными приемами, принятыми в матстатистике (например, по формуле Стерджесса).

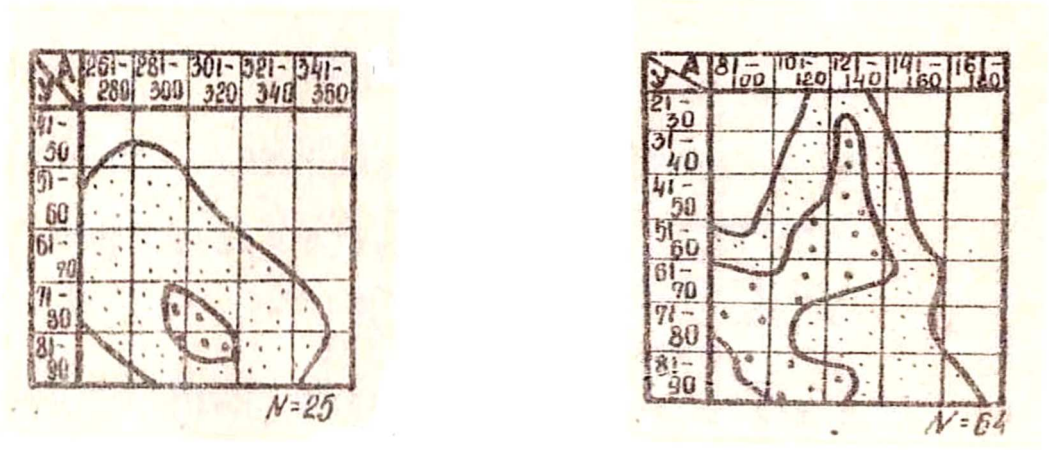


Рис. 2.4. Диаграммы зависимости содержания полезного компонента (слева) и мощности рудной зоны (справа) от элементов залегания рудоконтролирующей поверхности

На первой диаграмме в клетки таблицы проставляется среднее содержание меди во всех гранях, элементы залегания которых относятся к соответствующим интервалам азимута и угла падения. На вторую диаграмму таким же образом выносятся значения средней мощности рудного тела. Далее рассчитывается среднее содержание и мощность уже для каждой клетки диаграммы, после чего проводятся изолинии содержания и мощности. Изолинии позволяют выделить «полюса», соответствующие граням с наиболее высоким содержанием и меди и с наибольшей мощностью руд.

13. Грани с богатыми и мощными рудами отмечают на проекции штриховкой разного вида или закрашивают разными цветами. Их расположение покажет закономерности размещения богатых и мощных руд в пределах продуктивной структурной поверхности. Эти закономерности позволяют прогнозировать новые рудные тела в зоне контакта базальтов и риолитов, вмещающего изучаемое рудное тело. Для примера на рис. 2.5 приводится распределение разных типов руд для Саурейского месторождения.

14. Зная элементы залегания наиболее богатых и наиболее мощных участков оруденения, можно представить механизм рудообразующих деформаций. Для этого используются теоретические представления о закономерностях приоткрывания граней волнистых структурных поверхностей (см. п. 1.4.10, 1.4.11).

Направление горизонтальных смещений определяется по характеру волнистости поверхности в плане. Если азимут простирания богатых граней отклоняется от среднего по рудному телу вправо, то их приоткрывание возможно при правом сдвиге, если влево – при левом.

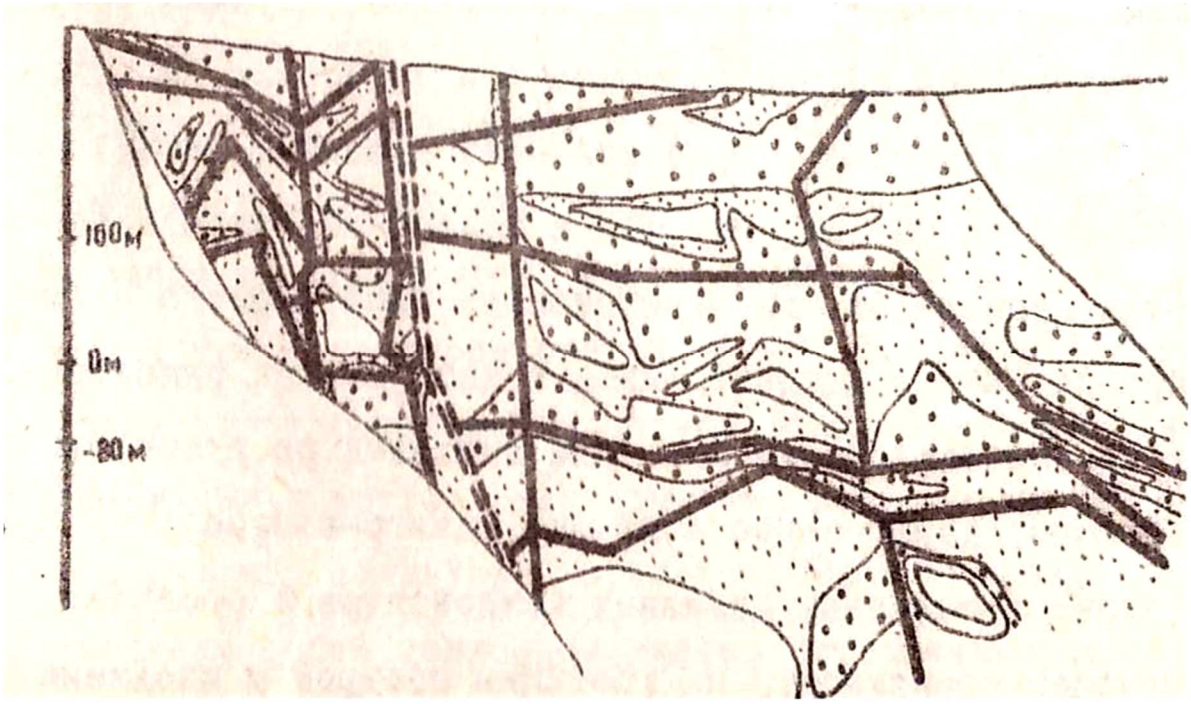


Рис. 2.5. Распределение разных типов рад в пределах рудоконтролирующей поверхности. Крупными точками показаны богатые руды, мелкими точками – средние, белыми оставлены участки с низким содержанием

Вертикальные смещения анализируются в разрезе. Если богатые грани располагаются на более пологих, по сравнению с общим углом падения рудной зоны,

участках, то они приоткрываются при взбросе. И наоборот, приоткрывание более крутых участков поверхности происходит при сбросе. Отметим, что рудообразование нередко происходит в несколько стадий. Тогда на трехмерных диаграммах выделится несколько полюсов, соответствующих разным стадиям.

15. После завершения работа должна быть оформлена в виде небольшого отчета. Отчет включает проекцию, таблицы расчета элементов залегания граней и параметров оруденения (средних значений содержания меди и мощности руды), трехмерные диаграммы и пояснительную записку с описанием полученных результатов и выводами.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Анализ мелкой трещиноватости

Обработка результатов массовых замеров трещин

Массовые замеры трещин обрабатываются разными графическими способами с помощью диаграмм. Из всех способов наибольшую наглядность дают круговые диаграммы в изолиниях (Рис. 2.6 КШ94).

Основой круговой диаграммы в изолиниях служит полярная сетка. Она представляет собой круг диаметром 18 см, в котором проведены радиусы через 5^oи концентрические окружности через 5 мм. Эти окружности соответствуют углам падения через интервал 5° от 90° на внешней окружности до 0° в центре круга. Вдоль окружности по часовой стрелке надписываются азимуты от 0 до 360°.

Такая сетка удобна для нанесения 200-300 точек и обеспечивает точность нанесения около 2°, что соответствует точности замера компасом. Можно пользоваться полярными сетками любого размера и с другой густотой разграфки.

Для составления круговой диаграммы на полярную сетку накладывается калька с обозначенной окружностью и меридианом. Вначале на кальку точками наносится положение каждой трещины по ее элементам залегания. Затем определяется плотность трещиноватости. Для этого используется метод скользящего статистического окна. В качестве элемента статистического окна удобно взять площадки, образованные пересечением радиусов и окружностей сетки. Размер статистического окна зависит от количества замеров: чем больше точек, тем меньше может быть взято окно и тем точнее будут дальнейшие построения. При количестве точек 200-300 следует принять размер окна в 10°, при меньшем – в 15°.

Далее подсчитывается количество точек на площадке статистического окна, и это число подписывается в центре окна. Это удобно сделать на второй кальке, накладываемой поверх первой. При размерах окна в 10° в него входят четыре площадки, а центр придется на пересечение линий трафарета диаграммы. Около этого центра подписывается число точек, расположенных во всех четырех площадках. При следующем подсчете граница окна смещается только на один ряд площадок, то есть на 5° по дуге или по радиусу. Таким образом, центры окон последовательно окажутся на каждом пересечении линий диаграммы, а точки каждой площадки будут участвовать в четырех смежных числах плотности трещиноватости. Этим достигается усреднение показателей. Для внешней полосы площадок, лежащих между углами падения 85 и 90°, в подсчет плотности включаются противолежащие по диаметру площадки и полученные числа записываются на обоих концах диаметра.

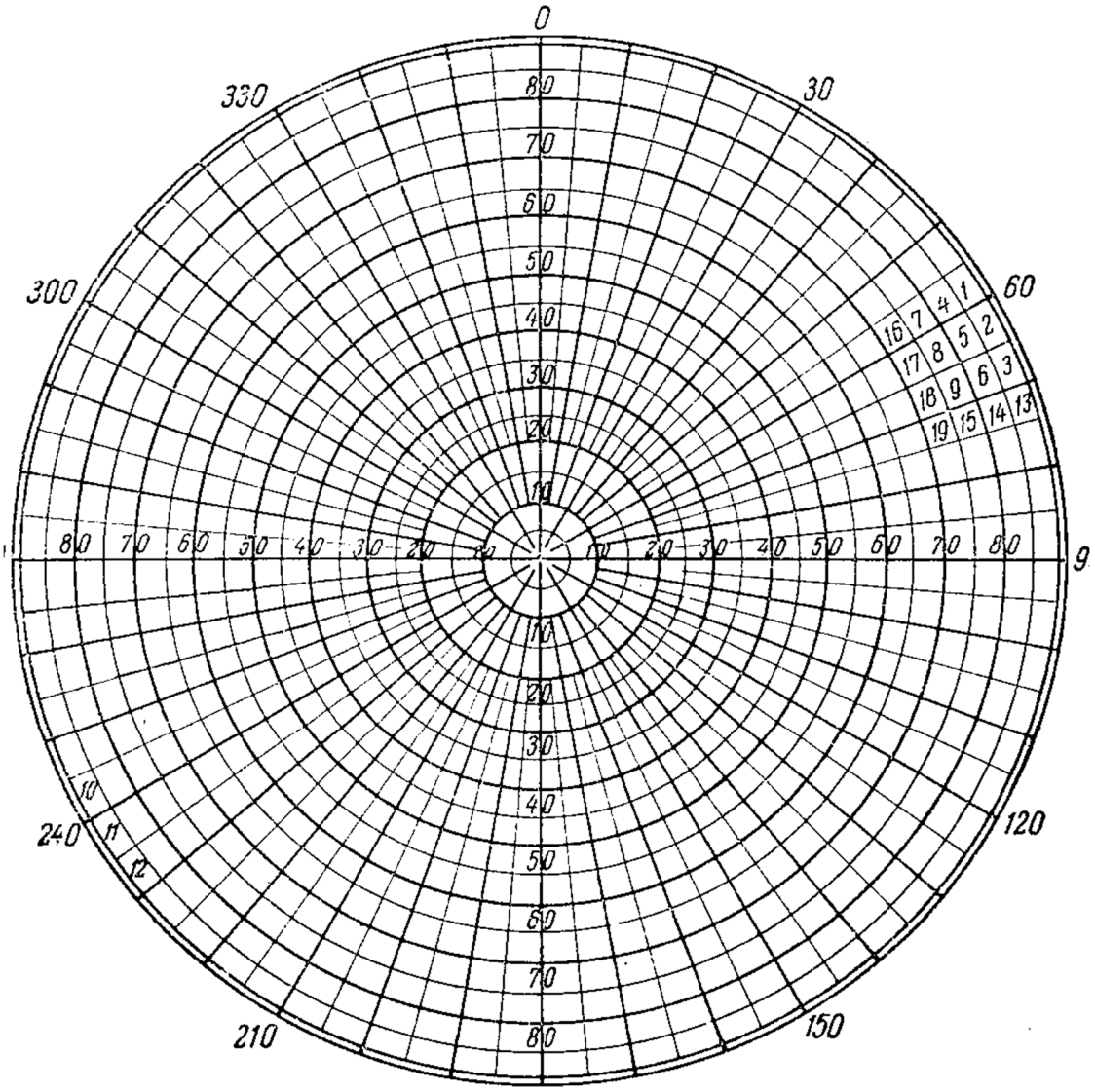


Рис. 2.6. Полярная сетка для круговой диаграммы

Третьим этапом обработки массовых замеров будет изображение плотности трещин в изолиниях. Изолинии удобно строить на той же второй восковке. Приемы их проведения обычны, с применением простой интерполяции. Значения изолиний лучше выбирать с неравными интервалами, что позволяет лучше изобразить нужные детали распределения трещин. Обычно интервал увеличивают по мере увеличения значения изолиний, например, 1 – 2 – 3 – 5 – 7 – 10 – 15 – 25 – 35 - 50. С помощью изолиний отчетливо выявляются участки сгущения трещин с расположенными на них точками наибольшего сгущения – полюсами, каждый из которых отвечает определенной системе трещин. Полюса нумеруются, для них определяются элементы залегания, которые и будут отвечать средним элементам залегания систем трещин.

Пример диаграммы показан на рис. 2.7 (КШ 95).

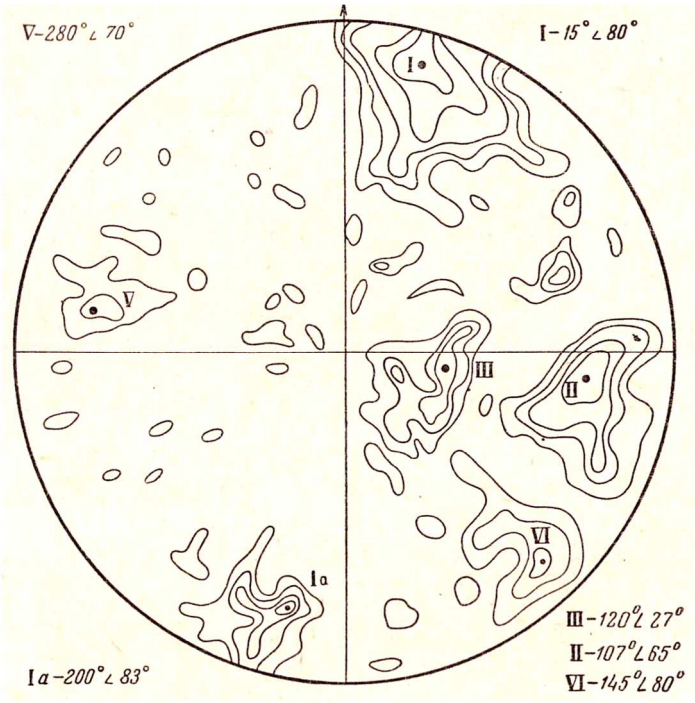


Рис. 2.7. Изолинии плотности трещин. 300 замеров. Изолинии 1 – 2 – 3 – 5 – 7 [КШ]

Недостатком градусной сетки является очень мелкий размер площадок в области малых углов падения. Поэтому если среди трещин преобладают пологие, применяется прием обращения углов падения. При обращении в центре сетки располагается угол 90°, а по внешнему кругу – 0°.

Анализ полученной круговой диаграммы в изолиниях позволяет решать разнообразные геологические задачи.

Определение плана тектонических деформаций

Для того чтобы определить план тектонических деформаций, вызвавших образование трещин, нужно установить ориентировку главных осей, которые рассматривались выше:

- ось А – вертикальная ось подъема. Вдоль нее происходит выжимание пород снизу вверх, их подъем и высвобождение;

- ось Б – горизонтальная ось сжатия. Вдоль нее развиваются наибольшие сжимающие напряжения;

- ось В – горизонтальная ось растяжения. Вдоль нее происходит боковое высвобождение пород, сопровождаемое относительным растяжением.

Разработаны достаточно точные аналитические методы определения ориентировки осей тектонических напряжений. Приближенно положение осей можно определить графически по диаграмме, установив сопряженные системы трещин и идентифицировав их в соответствии с моделью куба деформации (см. лекции).

Как правило, наиболее распространенными являются системы взбросов и надвигов C_1 и C_2, отвечающие трещинам рассланцевания и ориентированные перпендикулярно оси сжатия Б. Их можно выявить по максимальной плотности трещиноватости, а также следующим основным признакам: а) простирание отвечает простиранию общей тектонической структуры, б) падение переменное – от пологого до крутого, в) форма рельефа трещин – волнистая, г) смещение взбросовое, иногда очень значительное по амплитуде, д) наблюдается притирание стенок трещин и дробление прилегающих пород,

е) приоткрывание трещин происходит на более пологих участках, причем проявляется яркая зависимость величины приоткрывания от формы рельефа поверхности трещин.

Установив на круговой диаграмме системы C_1 и C_2, через точки, обозначающие их полюса, можно провести прямую, вдоль которой и проходит ось сжатия Б. Тогда перпендикулярно ей в плоскости диаграммы пройдет ось растяжения В. Она должна совпадать с прямой, соединяющей полюса систем C_3 и C_4, если они нашли отражение на диаграмме. Параллельно оси Б будут располагаться крутопадающие трещины системы отрывов P_2, а параллельно оси В могут выделиться трещины сплющивания P_3. Диагонально ориентированные по отношению к осям Б и В крутопадающие сопряженные трещины представляют системы сдвигов C_5 и C_6. Пологие отрывы системы P_1 образуют полю вблизи центра диаграммы.

В реальных условиях обычно из девяти возможных направлений перемещения проявляется в среднем 5-6 систем трещин.

Пример идентификации направлений смещения представлен на рис. 2.8 (КШ 99).

Следует отметить также, что в условиях одностороннего сжатия будет формироваться только одна из пары сопряженных систем трещин.

Определение кинематического типа трещинообразующих деформаций

Чтобы определить кинематический тип деформаций, вызвавших возникновение трещин, нужно установить связь величины приоткрывания трещин с их элементами залегания. Для этого снова используется круговая диаграмма. Около каждой точки замера на диаграмме выставляется мощность трещины в миллиметрах или баллах. При обработке статистическим окном, в центре окна пишется не количество трещин, как при определении плотности трещиноватости, а суммарная мощность трещин, попадающих в пределы окна. По этим данным обычным порядком проводятся изолинии и выделяются полюса. Затем элементы залегания полюсов мощности трещиноватости сравниваются с элементами залегания полюсов плотности. При приоткрывании трещины в результате смещения стенок ее ориентировка несколько меняется. Так как смещение по трещинам, как правило, незначительное по величине, то и изменение элементов залегания измеряется первыми градусами. При этом, при горизонтальных смещениях меняется азимут падения, при вертикальных – угол. Если азимут падения полюса мощности сместился по сравнению с полюсом плотности вправо, смещение соответствует правому сдвигу, если влево – левому. Если угол падения полюса мощности более пологий, чем у полюса плотности, то смещение представлено взбросом, если более крутой – сбросом.

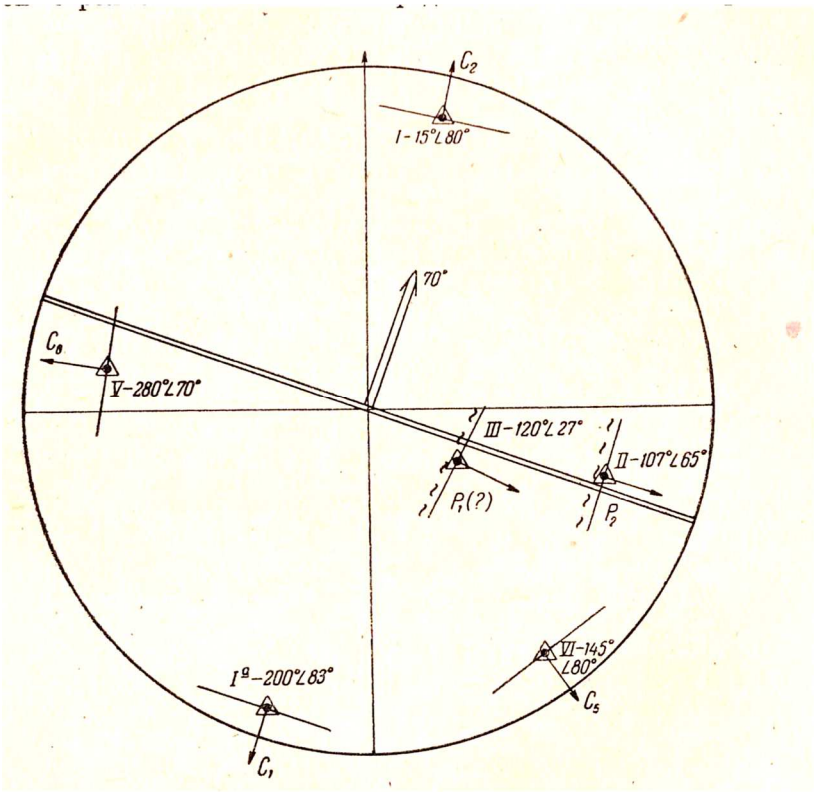


Рис. 2.8. Полюса плотности трещиноватости в кварцитовидных песчаниках [КШ]

Проанализировав подобным образом все системы трещин, выбираем преобладающий тип смещения, который и отвечает кинематическому типу трещинообразующих деформаций.

Определение условий размещения гидротермальной минерализации

При отложении в трещинах гидротермальных минералов, как и при приоткрывании, их ориентировка несколько изменяется. Первоначально трещины имеют залегание, выраженное основным полюсом – полюсом плотности трещиноватости. Затем в процессе приоткрывания и заполнения минеральными прожилками трещины приобретают иное залегание.

Если минерализованных трещин достаточно много, как это бывает при анализе мелкой трещиноватости в пределах рудных тел, трещины выносятся на круговую диаграмму разными знаками, отражающими минеральный состав их заполнения. Затем трещины также обрабатываются статистическим окном, выделяются полюса минерализованных трещин, которые сравниваются с полюсами изолиний плотности трещиноватости, как это описано выше при анализе приоткрываний. Различие в элементах залегания указывает на характер движений в период минералообразования.

Если минерализация проявлена слабо, то можно просто отметить трещины, в которых отмечены жильные минералы, разными знаками, также отражающими состав заполнения. Установив системы трещин, с которыми связана гидротермальная минерализация, можно на основе анализа приоткрываний определить кинематику минералообразующих деформаций.

Пример решения рассмотренной задачи показан на рис. 2.9 (КШ 100).

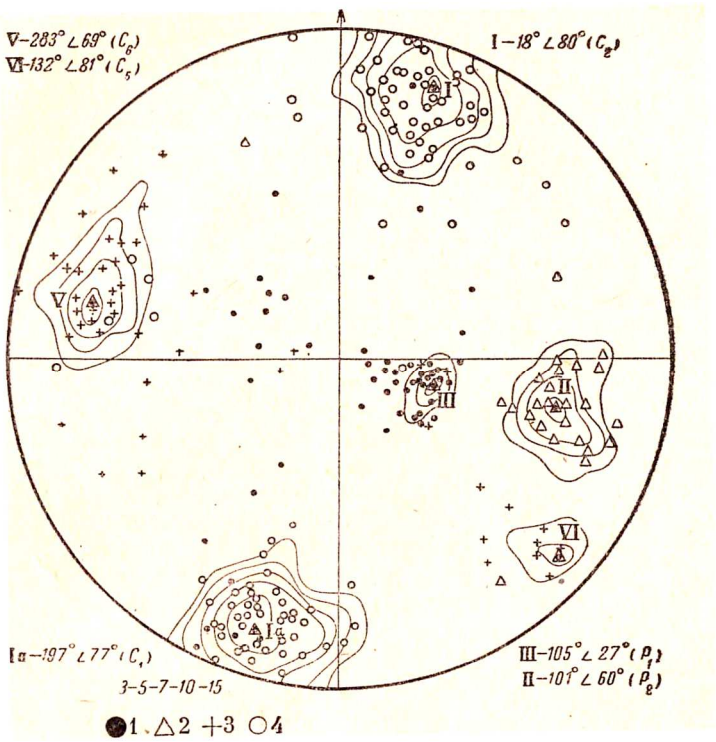


Рис. 2.9. Определение полюсов минерализованных трещин [КШ]:
1 – кальцит, 2 – кальцит с пиритом, 3 – кварц, 4 – руда

Порядок выполнения лабораторной работы по обработке массовых **замеров мелкой трещиноватости**

Исходные данные

Каждый студент получает свой вариант задания в виде журнала замеров мелкой трещиноватости на одной из станций. Замеры сопровождаются описанием геологии станции, характеристикой пород с указанием элементов залегания. Варианты заданий приводятся в текстовом приложении.

Для выполнения задания используется также круговая диаграмма и прозрачная бумага – калька или восковка.

Методические указания по выполнению работы

1. Калька накладывается на круговую диаграмму и закрепляется скрепками. На кальке проводится внешний круг диаграммы и меридиональный диаметр (0-180°). Каждая трещина выносится на кальку по азимуту и углу падения в виде точки, расположенной в ячейке, соответствующей ее элементам залегания.

2. Определяется плотность трещиноватости. Для этого точки, обозначающие трещины, обрабатываются методом скользящего статистического окна, объединяющего 4 ячейки сетки (10° по азимуту и 20° по углу падения).

Практически эта процедура выполняется следующим образом. Поверх листа с точками накладывается еще один лист прозрачной бумаги, на который также наносится внешний круг и меридиональный диаметр диаграммы. Каждое пересечение окружностей и радиусов сетки рассматривается как центр статистического окна из четырех ячеек. Эти пересечения удобно отмечать небольшим крестиком. Подсчитывается число точек-трещин на площадке статистического окна, включая его границы. Это число записывается в центре окна. Затем окно смещается на одну ячейку по окружности или по радиусу

диаграммы. В результате у каждого крестика-пересечения окажется число, показывающее плотность трещиноватости в данном окне. Важно, что точки каждой ячейки будут участвовать в четырех смежных числах плотности трещиноватости, что дает усреднение показателей.

На диаграмме плотности трещин с помощью приемов интерполяции строятся изолинии. Начинать удобно с самых больших значений. Интервалы между изолиниями, как отмечалось выше, лучше брать неравными. Изолинии выявляют места максимального сгущения трещин – полюса плотности трещиноватости. Эти полюса нумеруются, для них по диаграмме определяются элементы залегания.

3. По расположению полюсов плотности трещиноватости можно реставрировать план тектонических деформаций, то есть определить положение осей сжатия и растяжения.

Для этого с помощью модели куба деформаций и с учетом элементов залегания пород, в которых измерялись трещины, нужно идентифицировать выделенные системы трещин с направлениями смещения в кубе деформаций.

Как правило, параллельно простиранию пород или плоскости их рассланцевания располагаются количественно самые распространенные системы сопряженных взбросов C_1 и C_2. Перпендикулярно им проходит ось сжатия Б. Определив ориентировку оси сжатия, несложно восстановить положение других осей и систем трещин.

4. Следующий этап работы состоит в определении кинематического типа тектонических нарушений, вызвавших развитие трещиноватости.

Для этого снова используется калька с точками, обозначающими трещины. Возле каждой точки теперь выносится число, характеризующее мощность трещины. Если применять группировку трещин, предложенную в п. 2.3.2, то это будут числа от 1 до 5. Затем эти числа также обрабатываются методом скользящего статистического окна, проводятся изолинии и выделяются полюса мощности трещиноватости.

5. От полюсов плотности трещиноватости полюса мощности будут смещены на некоторое расстояние, обычно не более $5\text{-}10^{o}$ как по углу, так и по азимуту падения. Направление этих смещений позволяет определить кинематику трещинообразующего напряжения. Если полюс мощности смещен относительно полюса плотности по азимуту вправо, то горизонтальная составляющая тектонического движения отвечает правому сдвигу, если влево – то левому сдвигу. Соответственно, по углу падения, если полюс мощности залегает круче, чем полюс плотности, смещение отвечает сбросу, если положе – взбросу.

6. Третья задача работы – выделение систем приоткрытых трещин, благоприятных для локализации оруденения. На диаграмме плотности трещиноватости отмечаются трещины, которых заполнены продуктами гидротермального генезиса – кварцем, кальцитом и т. п. Определяются системы, к которым принадлежат минерализованные трещины. Эти системы и будут, скорее всего, наиболее благоприятны для рудной минерализации.

7. Законченная работа оформляется в виде небольшого отчета, который включает все диаграммы, пояснительную записку и выводы.

Приложение
Варианты заданий к РГР № 3

Станция 1

Проявление Евьюганское

Находится в 250 м от слияния р. М. Ханмей и р. Евьеган, вниз по правому берегу р. М. Ханмей. В крутопадающем склоне правого берега проходит распадок шириной около 50м с почти отвесными бортами и широким плоским дном по которому сбегает небольшой ручей, впадающий в р. М. Ханмей.

У слияния рек Евьеган и М. Ханмей на прилегающей к долине плоской части берега, в 50-80 м от берегового обрыва, сохранились старые буровые скважины с остатками труб.

Оруденение прослежено в юго-восточном борту, впадающем в р. М. Ханмей. Рудная зона залегает согласно направлению рассланцевания (гнейсоватости) и падает на ЮВ С Аз 110' под углом 70'.

Вмещающие породы – гнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы ханмехойской свиты PR_1.

Зона выделяется среди них интенсивным ожелезнением и прослеживается от вершины берегового обрыва до уреза воды. Рудные минералы - пирит, возможно халькопирит. Вкрапленность тонкая, располагается также согласно с рассланцеванием.

Породы и рудная зона разбиты многочисленными, разноориентированными системами трещин, среди которых резко преобладают север-северо-восточные с восток-юго-восточным падением. Поперечные и диагональные системы проявлены значительно меньше.

Согласно с рассланцеванием наблюдаются кварцевые жилы невыдержанной мощности, нередко разбудинированные. Кварц характерен также для рудной зоны, где развиваются березитоподобные метасоматиты.

№№	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	347	59	1	2	5	
2	243	88	1	1	5	
3	111	64	1	2	5	
4	328	29	1	1	1	
5	158	49	1	1	1	
6	2	46	1	1	5	
7	354	61	1	1	5	
8	236	67	1	2	5	
9	248	69	1	1	5	
10	137	46	1	1	2	Обломочный материал
11	23	79	2	1	1	Обломки
12	117	63	1	1	5	Кварц
13	353	86	1	1	1	Обломки
14	124	51	1	2	5	Обломки
15	264	45	1	1	5	
16	127	59	1	1	2	Кварц
17	129	59	1	2	3	Обломки
18	192	24	1	1	5	
19	13	62	2	1	5	

20	232	68	2	1	1	
21	128	57	1	2	3	Обломки
22	144	44	1	1	2	Обломки
23	344	48	1	2	5	
24	107	74	1	2	5	
25	114	63	1	1	1	
26	298	37	1	1	5	
27	27	88	2	2	2	Обломки
27	356	24	1	1	5	
27	316	22	1	1	5	
27	322	51	1	1	5	
27	159	44	1	1	2	Обломки
27	4	48	1	1	5	г/о Fe
27	112	69	1	1	5	г/о Fe
27	127	68	2	3	2	
27	303	44	1	1	5	
27	321	38	1	1	5	
27	226	76	2	1	1	
27	112	70	1	1	3	
27	124	68	1	1	3	Кварц
27	272	42	1	1	5	
27	344	56	1	1	5	
27	124	56	1	1	3	Кварц
27	177	83	2	1	5	
27	164	87	2	1	3	
27	339	66	1	1	5	
27	126	74	1	1	1	
27	178	42	1	1	1	г/о Fe
27	97	71	2	1	1	г/о Fe
27	111	52	1	2	2	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	117	58	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	127	48	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	108	51	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	298	54	1	1	5	г/о Fe
27	126	78	1	1	2	
27	144	69	1	1	2	г/о Fe
27	152	69	2	1	2	Кварц
27	26	86	2	1	2	Обломки
27	86	34	1	1	1	
27	314	81	1	2	2	Обломки
27	318	82	1	1	2	Обломки
27	293	73	2	2	2	Обломки
27	334	69	1	1	5	г/о Fe
27	142	51	1	1	4	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	79	51	1	2	3	г/о Fe, рудные охры
27	118	81	1	2	3	г/о Fe, рудные охры
27	142	64	1	1	2	г/о Fe
27	68	67	2	1	1	г/о Fe
27	127	64	1	2	2	Обломки
27	322	42	1	1	5	г/о Fe
27	326	58	1	2	5	
27	291	44	1	1	5	г/о Fe
27	94	72	2	1	1	Обломки

27	326	29	1	1	5	г/о Fe
27	119	62	1	1	1	
27	108	68	1	2	1	
27	107	66	2	1	1	Обломки
27	115	59	2	1	2	Кварц
27	301	69	1	1	3	Обломки
27	110	69	1	2	3	
27	328	39	1	1	1	
27	331	21	1	2	3	
27	333	38	1	1	1	
83	117	67	1	3	4	Обломки
84	327	49	1	1	5	
85	92	80	2	1	3	Кварц ,г/оFe
86	135	49	2	1	2	Обломки
87	125	84	1	1	4	Кварц
88	128	50	1	1	4	Обломки
89	252	2	1	1	5	
90	108	73	1	1	2	Кварц
91	83	79	2	1	3	г/о Fe
92	217	27	1	1	2	
93	114	79	1	1	2	Обломки, г/оFe
94	111	68	1	1	3	г/о Fe
95	32	36	1	1	1	
96	104	72	2	1	1	
97	235	40	1	1	5	
98	243	74	1	1	3	
99	2	82	2	2	3	Обломки
100	113	76	1	1	1	г/о Fe
101	193	39	2	1	2	Обломки
102	115	74	1	1	4	Кварц
103	296	64	1	1	5	
104	118	81	1	1	2	Кварц
105	206	86	2	2	3	г/о Fe
106	10	65	1	2	5	
107	290	48	1	1	5	
108	106	56	2	2	4	Обломки
109	101	61	1	1	1	
110	337	60	1	1	5	
111	292	75	1	1	5	
112	54	43	1	1	5	
113	57	43	1	1	4	Обломки
114	213	54	2	2	2	Обломки
115	54	28	1	1	2	Обломки
116	52	36	1	1	5	
117	72	253	1	1	2	Обломки
118	136	69	1	1	4	г/о Fe, рудные охры, кварц
119	302	73	1	1	5	
120	2	3	1	1	4	
121	138	57	1	1	5	
122	130	67	1	1	5	
123	180	89	1	1	5	
124	23	88	1	1	3	
125	240	52	1	1	5	
126	225	71	1	1	5	
127	108	53	1	1	3	Кварц
128	128	60	1	1	4	Обломки

129	5	82	1	2	4	Обломки
130	325	83	1	1	1	
131	135	64	1	1	5	
132	122	76	1	1	3	Кварц
133	95	89	1	1	5	
134	65	76	1	1	5	
135	197	53	1	1	4	Обломки
136	337	81	1	1	5	
137	342	76	1	1	5	Кварц
138	121	56	1	1	4	Обломки
139	66	48	1	1	1	
140	244	78	2	2	4	Обломки
141	301	81	2	1	5	
142	219	18	1	1	4	
143	98	87	2	2	5	
144	236	70	1	1	2	Обломки
145	142	53	2	2	1	
146	217	52	2	2	1	
147	10	67	2	1	2	Обломки
148	27	51	2	1	2	Обломки
149	162	60	1	1	1	
150	124	68	1	1	1	
151	2	59	2	1	2	Обломки
152	88	78	1	1	2	Обломки
153	10	58	1	1	5	
154	11	53	2	1	1	
155	156	46	2	2	2	Обломки
156	144	57	2	1	2	Обломки
157	353	84	1	2	5	
158	18	44	1	2	5	
159	149	49	2	1	1	
160	6	61	2	1	1	
161	231	70	2	1	5	
162	8	57	2	1	5	Обломки
163	216	74	1	1	3	
164	65	49	1	1	4	Кварц
165	161	67	2	1	3	Халцедон
166	143	74	1	2	4	Обломки
167	134	69	1	2	4	Кварц
168	351	74	1	1	5	
169	139	79	1	1	2	Обломки
170	356	59	1	1	5	
171	247	74	1	1	5	
172	216	25	1	1	1	
173	144	56	1	1	1	Обломки
174	147	51	2	3	3	Обломки
175	152	64	2	1	1	
176	162	52	2	1	1	
177	126	72	1	1	3	Кварц
178	147	62	1	1	1	
179	153	64	1	2	2	Обломки
180	232	74	1	1	2	Обломки
181	238	63	1	1	3	Обломки
182	235	63	1	1	1	
183	228	61	1	1	2	Обломки
184	336	44	1	1	5	
185	344	42	1	1	5	

186	210	56	1	1	4	Кварц
187	192	49	1	1	2	Обломки
188	289	61	1	1	5	
189	220	56	1	1	1	
190	244	61	1	1	4	
191	133	31	1	2	2	Обломки
192	139	41	1	1	2	г/о Fe
193	116	36	1	1	3	г/о Fe
194	8	66	1	1	5	Кварц, сульфиды
195	103	34	1	2	5	г/о Fe
196	333	48	1	1	5	г/о Fe, кварц, сульфиды
197	73	37	1	1	5	
198	109	56	1	1	5	
199	139	26	1	1	2	
200	118	62	1	1	4	Обломки
201	153	53	1	1	4	Обломки
202	154	46	1	1	4	Обломки
203	315	43	1	1	5	
204	179	34	1	1	2	
205	160	50	1	1	4	Обломки
206	139	51	1	1	3	Обломки
207	132	59	1	2	3	Обломки
208	317	27	1	1	5	
209	200	30	1	1	2	Обломки
210	163	41	1	1	3	Обломки
211	168	44	1	1	4	Обломки
212	132	60	1	1	4	Обломки
213	159	44	1	1	2	Обломки
214	134	48	1	1	2	
215	338	41	1	1	5	
216	191	43	1	1	5	
217	139	55	2	1	5	
218	151	53	1	1	4	
219	331	31	1	2	5	
220	144	51	1	1	3	
221	220	13	1	1	5	
222	323	34	1	1	5	
223	149	49	1	1	4	
224	155	43	1	1	4	
225	25	35	1	1	5	
226	320	57	1	1	5	
227	329	46	1	1	5	
228	299	57	1	2	5	
229	309	47	1	1	5	
230	295	61	1	1	2	
231	267	74	1	1	3	
232	255	72	2	1	3	
233	0	79	1	2	5	
234	138	71	1	1	2	Обломки
235	257	14	1	2	2	
236	116	66	1	1	5	
237	315	56	1	2	5	
238	288	75	1	2	5	
239	258	24	1	2	5	
240	310	41	1	1	5	
241	4	67	1	1	5	

242	324	48	1	1	3	
243	254	74	1	1	5	
244	124	56	1	1	2	
245	321	48	1	1	5	
246	62	39	1	1	5	
247	144	44	1	2	4	
248	158	31	1	2	4	Кварц
249	228	11	1	2	5	
250	317	53	1	2	4	
251	214	16	1	1	2	
252	125	45	1	1	1	Кварц
253	143	39	1	1	1	
254	163	59	1	1	1	
255	130	56	1	1	1	
256	137	53	1	1	1	Кварц
257	66	76	1	1	1	
258	128	67	1	1	4	
259	146	33	1	1	5	
260	111	40	1	1	2	
261	83	12	1	1	1	
262	342	41	2	1	1	Обломки
263	15	52	2	1	1	
264	22	53	2	1	1	
265	173	36	1	1	1	
266	104	53	2	1	1	Кварц
267	192	49	2	1	5	
268	145	62	2	1	1	
269	265	89	2	1	1	
270	182	26	1	1	2	
271	120	65	1	1	4	Обломки
272	315	23	1	1	4	Обломки
273	298	42	2	1	3	
274	139	48	2	1	4	
275	95	51	1	1	1	
276	251	34	1	1	1	
277	269	35	1	1	1	
278	350	83	1	1	1	Обломки
279	3	55	1	1	1	Обломки
280	95	89	1	1	1	
281	73	40	1	1	1	Обломки
282	58	36	1	1	1	
283	156	42	1	1	5	
284	56	51	1	1	4	
285	285	75	2	1	4	
286	30	52	2	1	1	
287	104	15	1	1	4	
288	55	69	2	1	5	
289	129	42	1	2	4	
290	116	48	2	1	5	
291	9	66	2	1	6	
292	200	28	2	1	5	
293	301	57	2	2	2	
294	332	51	1	1	5	
295	324	47	2	1	2	
296	155	49	2	1	3	Обломки
297	251	62	1	1	5	
298	240	76	2	1	5	

299	9	79	1	1	1	Обломки
300	96	75	2	1	5	

Станция 2

Расположена перед резким поворотом реки Малый Ханмей на запад перед слиянием с рекой Евъеган, в 500 метрах от него на левом берегу реки Малый Ханмей. Среди кристаллических сланцев проходит зона сульфидной минерализации с большим количеством как свежих сульфидов ,так и характерных светло-желтых танов. Кроме пирита визуально наблюдаются блеклые руды, дающие охры, типичные для сурьмы и мышьяка.

Зона выделяется в виде полосы ожелезнённых пород видимой мощностью-5 метров, протягивается через все обнажения и уходят в склон, протяжённость зоны в обнажении не менее 100 метров.

Минерализация, как и на Евъюганском объекте, залегает согласно с вмещающими метаморфизмами ,представленными здесь кристаллическими сланцами мусковит -полевошпатового состава с отдельными зёрнами гранатов. Ориентировка сланцеватости близка к Евъеганскому- Азимут падения 130,угол 65.

На геологической карте П.С Примоносова рудная зона т.н 08-814 располагается в одном разломе северо-западного направления с Евъеганским объектом и ,возможно, является фрагментом единого крупного проявления.

№ пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Ширина	Минеральное заполнение	
1	125	58	1	1	1	Обломки	
2	127	68	1	1	2	Обломки	
3	124	85	1	1	1	Кварц	
4	122	69	1	1	1	Кварц	
5	181	46	1	1	1		
6	202	72	2	1	1		
7	124	63	1	1	1	г/о Fe	
8	147	80	1	1	1	Кварц	
9	227	73	2	1	5	г/о Fe	
10	113	60	2	1	5		
11	178	62	1	1	5		
12	92	86	1	1	5		
13	285	62	2	1	1		
14	324	36	1	1	4	Кварц	
15	302	44	1	1	1		
16	142	49	2	1	5		
17	36	29	1	1	5		
18	103	48	1	1	5		
19	122	56	2	1	5		
20	18	59	2	1	5		
21	348	18	2	1	1	Кварц	
22	319	79	2	1	4		
23	243	78	2	1	4		
24	222	88	2	1	5		
25	224	89	2	1	1		
26	236	86	1	1	5		
27	128	40	1	1	1		
28	117	8	1	1	1		
29	308	2	1	1	1	г/о Fe	
30	134	28	1	1	1	Обломки	
31	48	21	1	1	1	г/о Fe	
32	49	23	1	1	1	Обломки	
33	248	89	2	1	1		
34	237	87	2	1	5		
35	225	54	2	1	5		

36	221	76	2	1	5	г/о Fe	
37	263	56	2	1	1		
38	193	42	2	2	5		
39	142	51	2	1	1	г/о Fe	
40	27	42	1	1	1		
41	355	40	1	1	1		
42	162	57	1	1	2	Обломки	
43	190	61	1	1	1		
44	72	74	1	1	1	Обломки	
45	95	66	1	1	1	Рудная охра	
46	140	52	2	1	5		
47	356	48	2	1	1	Обломки	
48	144	27	2	1	1		
49	143	64	2	1	1		
50	99	74	2	1	1		
51	142	6	2	1	1		
52	165	42	1	1	4		
53	212	71	1	1	4		
54	164	51	1	1	4		
55	330	42	1	1	1	Рудная охра	
56	234	56	1	1	1	Обломки	
57	148	36	1	1	1		
58	164	64	1	1	1	Кварц	
59	170	52	2	1	1		
60	160	15	2	1	4	г/о Fe	
61	147	44	2	1	5	г/о Fe	
62	213	72	1	1	3		
63	79	75	2	1	5		
64	138	66	2	1	5		
65	110	5	2	1	5		
66	165	68	1	1	1	Обломки	
67	86	33	2	1	1		
68	161	35	2	1	5		
69	126	66	2	1	1		
70	130	43	2	1	5		
71	126	89	2	1	5		
72	105	17	2	1	1		
73	95	82	2	1	5		
74	182	48	2	1	3	Обломки	
75	247	66	2	1	3		
76	198	74	2	1	5		
77	156	76	2	1	1		
78	144	58	2	1	1		
79	219	73	1	1	1		
80	111	64	1	1	1		
81	164	63	2	1	1		
82	132	60	2	2	4	г/о Fe	
83	179	48	2	1	1	г/о Fe	
84	155	65	2	1	5		
85	62	63	2	1	1	г/о Fe	
86	74	87	1	2	2		
87	143	64	2	1	1	г/о Fe	
88	129	71	1	1	5	г/о Fe	
89	139	57	1	1	1		
90	137	64	2	1	1	Обломки	
91	245	65	2	1	1	Обломки	
92	136	57	2	1	1	Обломки	

93	45	69	1	1	2		
94	178	46	2	2	1		
95	122	62	2	1	2		
96	185	74	1	1	2		
97	164	4	1	1	1		
98	242	63	1	1	1		
99	38	28	2	1	2		
100	160	42	2	1	1	г/о Fe,обломки	
101	78	56	1	1	1		
102	113	49	1	1	1		
103	137	61	1	1	1	г/о Fe	
104	132	74	1	1	4		
105	62	45	1	1	1	г/о Fe	
106	225	22	2	1	2		
107	201	58	1	1	1	Рудная охра	
108	48	74	2	1	1		
109	265	70	1	1	1		
110	25	72	2	1	1		
111	338	47	2	1	2		
112	85	71	1	1	4	г/о Fe	
113	164	29	2	1	4		
114	257	54	2	1	1		
115	243	57	2	1	5		
116	355	78	2	1	1		
117	133	54	1	1	2		
118	177	67	1	1	5		
119	191	86	1	1	5		
120	137	89	2	1	5		
121	92	71	2	1	5		
122	157	68	2	1	1		
123	111	75	2	1	1		
124	166	55	1	1	5	Обломки	
125	214	74	1	1	5	Кварц	
126	79	74	2	1	3		
127	122	56	2	1	2		
128	295	76	1	1	1		
129	326	55	1	1	1		
130	335	66	1	1	1		
131	136	62	1	1	1		
132	115	51	1	1	1		
133	154	62	1	1	5		
134	355	60	1	1	1	Обломки	
135	310	15	1	1	1		
136	22	37	2	1	1		
137	120	36	1	1	2	Обломки	
138	123	42	1	1	5		
139	126	44	1	1	5		
140	98	35	1	1	1		
141	140	50	2	1	2	г/о Fe	
142	146	39	1	1	1	Рудная охра	
143	162	71	2	1	2	г/о Fe	
144	147	26	2	1	4	Кварц	
145	153	27	1	2	3	г/о Fe,рудная охра	
146	58	26	2	1	4	г/о Fe	
147	323	35	2	1	5	г/о Fe	
148	82	53	2	1	5	г/о Fe	
149	15	40	1	1	2		

150	112	60	2	1	5		
151	109	39	2	1	1		
152	126	62	1	1	5		
153	106	39	1	1	5	Кварц	
154	17	61	1	2	5	г/о Fe	
155	252	69	2	1	5		
156	139	56	2	2	4	Обломки	
157	116	42	1	1	2	Обломки	
158	38	43	1	2	5	г/о Fe	
159	34	9	1	1	5	г/о Fe	
160	124	76	1	1	2	Обломки	
161	346	29	2	1	5		
162	31	58	2	1	5	г/о Fe	
163	218	26	1	1	5	г/о Fe	
164	318	42	1	1	5	г/о Fe	
165	17	38	1	1	5	г/о Fe	
166	117	62	1	1	3	Обломки	
167	344	14	2	2	5		
168	122	66	1	2	2	г/о Fe,рудная охра	
169	351	53	1	1	5	г/о Fe	
170	36	49	1	1	5	Кварц	
171	124	47	2	2	5	г/о Fe	
172	122	49	1	1	1		
173	2	44	1	1	5	г/о Fe	
174	24	74	2	1	2	г/о Fe	
175	224	16	1	1	4	г/о Fe	
176	138	49	1	1	3	Обломки	
177	125	51	1	1	2	Обломки	
178	28	73	2	1	2	г/о Fe	
179	126	49	1	1	2	г/о Fe	
180	111	54	1	2	2	г/о Fe	
181	359	37	2	1	1	г/о Fe	
182	199	71	2	2	5	г/о Fe	
183	115	52	1	1	3	Кварц,рудная охра,г/оFe	
184	135	42	1	1	2	Кварц	
185	135	47	1	1	5	Кварц,г/оFe	
186	116	50	1	1	5	г/о Fe,кварц	
187	255	14	1	1	5		
188	293	47	2	1	5		
189	122	50	2	1	2	г/о Fe	
190	127	55	2	1	1	г/о Fe	
191	310	22	1	1	5		
192	218	75	1	1	5	г/о Fe.кварц	
193	143	51	2	1	1	г/о Fe	
194	134	61	2	1	2	г/о Fe.кварц	
195	176	2	1	1	5	г/о Fe	
196	225	76	1	1	5	г/о Fe	
197	122	50	2	1	2	г/о Fe	
198	231	58	2	1	5	г/о Fe	
199	57	52	1	1	5	г/о Fe	
200	283	46	1	1	2	Обломки	
201	56	48	1	1	5	г/о Fe	
202	62	82	1	1	4	г/о Fe	
203	316	57	1	1	4	г/о Fe	
204	219	78	1	1	5	г/о Fe	
205	140	56	2	2	2	г/о Fe	

206	142	53	2	1	1	г/о Fe	
207	136	51	2	1	1	г/о Fe	
208	42	49	1	1	5	г/о Fe	
209	125	54	1	1	2	г/о Fe,кварц	
210	117	53	2	1	2	г/о Fe	
211	126	51	1	1	3	г/о Fe	
212	141	59	2	1	2	г/о Fe	
213	330	29	2	1	2	Обломки	
214	204	61	1	1	5	г/о Fe	
215	253	81	1	1	3	г/о Fe	
216	130	61	1	1	2	г/о Fe	
217	120	62	2	1	1	г/о Fe	
218	116	64	2	1	2	г/о Fe	
219	5	36	1	2	3	г/о Fe	
220	128	57	1	2	2	г/о Fe	
221	133	55	1	2	2		
222	130	56	2	1	1	г/о Fe,	
223	124	54	1	2	3	г/о Fe	
224	115	57	1	2	2	г/о Fe	
225	333	39	1	2	5	г/о Fe	
226	337	32	1	1	5	г/о Fe	
227	31	86	2	1	1	Рудная охра	
228	314	39	1	1	5	г/о Fe	
229	324	38	1	1	5	г/о Fe,кварц	
230	134	54	1	1	1	г/о Fe	
231	251	44	1	1	5	г/о Fe	
232	119	77	1	1	4	Кварц	
233	173	73	1	1	4	Кварц	
234	128	66	1	2	4	Кварц	
235	2	27	2	2	5	г/о Fe	
236	163	55	1	2	1	г/о Fe	
237	345	31	2	2	5	г/о Fe	
238	128	51	1	1	1	Рудная охра	
239	127	50	1	1	1	г/о Fe	
240	124	49	1	2	1	г/о Fe	
241	128	55	1	1	2	г/о Fe,кварц	
242	136	53	1	1	1	г/о Fe,рудная охра	
243	6	35	1	1	5		
244	9	57	1	1	5	г/о Fe	
245	329	36	2	2	1	г/о Fe	
246	323	35	1	1	1	г/о Fe	
247	150	34	2	1	5	г/о Fe	
248	148	36	2	1	4	г/о Fe,кварц	
249	1	42	2	1	5	г/о Fe	
250	279	62	2	1	1		
251	108	52	1	1	4	Кварц	
252	346	39	2	1	5	г/о Fe	
253	124	56	1	2	4	Кварц,рудная охра	
254	125	63	1	2	2		
255	139	64	1	1	2	г/о Fe	
256	119	64	1	1	4	г/о Fe,кварц	
257	159	68	1	1	4	г/о Fe,кварц	
258	21	84	1	1	5	г/о Fe	
259	225	61	1	1	2	г/о Fe	
260	317	25	1	1	5		
261	15	51	1	1	5	г/о Fe,кварц	
262	129	57	2	2	2	г/о Fe	

263	146	49	2	1	3		
264	32	74	2	1	2	г/о Fe	
265	131	49	2	1	1	г/о Fe	
266	156	54	1	1	5	г/о Fe,кварц	
267	43	86	2	1	1	г/о Fe	
268	133	50	2	1	2	г/о Fe	
269	320	52	1	1	1	г/о Fe,кварц	
270	324	46	2	1	5	г/о Fe	
271	257	61	1	1	5	г/о Fe	
272	134	49	1	1	1	г/о Fe,рудная охра	
273	266	61	1	1	5	г/о Fe,рудная охра	
274	291	78	2	1	5	г/о Fe	
275	241	75	1	2	4	г/о Fe	
276	357	33	1	2	5		
277	151	48	2	1	2	г/о Fe	
278	143	47	2	1	3		
279	141	47	2	1	2	г/о Fe	
280	30	50	1	1	5		
281	343	33	1	1	5		
282	126	67	1	2	2	г/о Fe	
283	330	41	1	2	5		
284	131	52	2	2	4		
285	156	50	1	2	4	г/о Fe	
286	118	44	1	2	3	г/о Fe	
287	112	60	1	1	2	г/о Fe	
288	285	64	1	1	5	г/о Fe	
289	326	40	1	1	5		
290	129	49	2	1	1	г/о Fe	
291	46	85	2	1	3	г/о Fe	
292	310	32	1	1	5	г/о Fe	
293	50	78	1	1	5	г/о Fe	
294	5	43	1	1	5	г/о Fe	
295	343	37	1	2	5		
296	24	58	1	1	5		
297	77	85	1	1	5		
298	118	54	1	1	3	г/о Fe	
299	282	41	2	1	5		
300	138	46	2	2	2	г/о Fe,рудная охра	

Станция 3

Крупный коренной скальный выход, начинающийся у уреза воды и протягивающийся вверх по склону крутого берегового обрыва до его верхней границы.

Обнажение сложено очковыми амфиболитами с характерным идиоморфным плагиоклазом. В породах присутствует вкрапленность зерен граната, красного цвета, разного размера и густоты. Гранаты располагаются неравномерно, обогащая отдельные слои.

В породе присутствует также вкрапленность метаморфического пирита как свежего, так и выщелоченного , размер зерен 1-2 мм, форма кубическая деформированная до прямоугольно параллелепипедной.

Амфиболиты интенсивно рассланцованы, трещины рассланцевания значительно преобладают над другими количественно ,как и в соседних обнажениях Ханмейхойской свиты, они имеют юго-восточное падение Аз пад.160,угол пад.55.

Обнажение расположено а приконтинентальной зоне палео - океанического комплекса , в 400м от выхода протрузии серпентинитов, фиксирующих одну из ветвей надвига, ограничивающего палео континент. Ниже по берегу они сменяются тектоническими хлоритовыми сланцами, за которыми уже обнажены серпентиниты сложного строения в комплексе с габбро.

№№ ПП	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	245	39	1	1	5	
2	210	37	1	1	5	
3	247	5	2	2	5	
4	279	64	1	1	5	
5	230	55	1	1	5	
6	255	10	1	2	5	
7	249	40	1	1	1	
8	262	89	1	1	4	Обломки
9	180	43	2	1	5	Обломки
10	173	48	1	1	1	Обломки
11	152	46	1	1	1	
12	243	52	2	1	5	
13	272	89	2	1	1	
14	130	60	2	1	1	
15	270	0	2	1	1	
16	220	25	2	1	1	
17	270	26	2	1	1	
18	246	87	2	1	5	
19	140	15	1	1	1	
20	250	6	1	1	1	
21	290	40	1	2	5	
22	258	75	1	2	5	
23	320	46	2	1	1	
24	264	72	1	1	1	
25	292	32	1	1	1	
26	273	40	1	1	1	
27	145	64	1	1	1	
28	149	43	1	2	5	
29	162	70	1	1	5	
30	149	57	2	1	5	
31	275	30	1	2	5	
32	130	35	1	2	5	Обломки
33	226	82	1	2	5	Обломки
34	252	19	1	1	1	
35	164	72	1	1	3	Обломки
36	301	50	1	1	1	
37	324	35	1	1	1	Обломки,кварц.
38	304	46	2	1	1	
39	276	39	1	1	1	Обломки
40	247	63	1	1	1	
41	200	30	2	2	5	Обломки
42	195	12	1	1	1	
43	152	37	2	1	5	Обломки
44	145	0	1	1	1	
45	146	89	2	1	1	
46	151	74	2	1	1	
47	161	52	2	1	5	
48	145	48	1	1	1	
49	173	15	1	1	1	
50	185	89	1	1	1	
51	273	81	1	2	5	
52	172	64	1	1	1	
53	156	54	1	2	1	
54	192	54	2	1	5	
55	282	40	1	1	1	Обломки

56	322	25	2	1	5	Обломки
57	210	73	2	1	5	Обломки
58	220	76	1	1	5	Обломки
59	296	75	1	1	5	Обломки
60	182	53	1	1	5	
61	164	10	1	1	5	
62	276	3	2	1	1	
63	236	52	1	1	1	
64	260	15	1	1	1	
65	240	75	1	1	5	
66	345	5	1	1	1	
67	250	12	2	1	1	
68	255	87	2	1	2	
69	276	55	2	1	2	
70	248	56	2	1	2	
71	270	69	1	1	1	
72	254	16	1	1	1	
73	240	52	1	1	5	
74	223	48	1	1	1	
75	335	76	1	1	5	
76	327	12	1	1	1	
77	215	70	1	1	1	
78	176	87	1	1	1	
79	146	86	1	1	5	
80	141	87	1	1	5	
81	189	32	1	1	5	
82	132	76	1	1	1	
83	129	11	1	1	1	
84	271	77	1	1	5	
85	212	49	2	1	1	
86	172	47	1	2	5	
87	166	35	2	1	1	
88	145	54	2	1	5	
89	160	36	2	1	5	
90	167	28	2	1	1	
91	280	62	1	2	5	
92	319	54	1	1	5	
93	324	47	2	2	5	
94	321	56	1	2	5	
95	230	60	1	1	1	
96	301	57	2	1	1	
97	315	46	2	1	1	
98	287	59	1	2	5	
99	215	56	2	1	1	
100	126	46	2	1	5	
101	90	12	1	1	1	
102	92	10	1	1	1	
103	132	87	1	1	5	
104	122	43	1	1	5	
105	120	87	1	1	5	
106	164	37	1	1	5	
107	190	30	1	1	1	
108	184	89	2	1	1	
109	332	44	2	1	5	
110	289	42	2	1	1	
111	252	83	2	1	1	
112	273	71	2	1	1	

113	246	73	1	1	1	
114	182	64	1	1	1	
115	154	36	1	1	1	
116	152	60	1	2	5	Кварц
117	170	46	1	1	5	Кварц
118	163	76	1	1	5	
119	260	82	1	2	5	Обломки
120	248	76	2	1	5	
121	242	89	2	1	5	
122	237	67	1	1	5	Кварц
123	5	56	2	2	5	Обломки
124	173	29	2	1	1	
125	22	39	1	1	1	
126	0	55	1	2	2	
127	6	55	2	2	5	
128	30	50	1	2	5	
129	10	46	2	2	5	
130	16	57	2	1	5	
131	29	51	2	1	5	
132	173	60	2	1	5	Обломки
133	30	70	2	1	5	
134	27	50	2	2	5	Кварц
135	15	53	1	1	5	
136	20	35	2	1	5	Обломки
137	230	66	1	1	5	
138	26	47	1	1	5	
139	155	54	2	1	1	
140	29	49	2	1	5	
141	152	55	2	1	1	
142	67	30	2	1	5	
143	56	15	2	1	5	
144	191	5	2	1	5	Обломки
145	150	52	1	1	1	
146	43	59	2	1	5	
147	148	87	1	1	1	
148	320	76	2	1	1	
149	250	55	1	1	1	
150	135	45	1	1	5	
151	95	74	1	1	5	
152	192	6	1	2	5	
153	270	77	1	2	5	г/оFe
154	102	57	1	1	5	
155	151	44	1	1	4	Обломки
156	301	46	1	1	5	
157	130	59	1	1	2	Обломки
158	180	41	2	1	5	
159	77	87	1	1	5	
160	76	69	1	2	5	
161	181	52	1	1	2	Обломки
162	341	45	2	1	1	Обломки
163	143	59	1	1	5	
164	77	71	1	2	2	Обломки
165	139	54	1	1	5	
166	336	39	2	2	2	
167	235	72	1	1	5	
168	56	88	1	1	5	
169	151	53	2	1	1	Обломки

170	64	75	1	1	5	
171	164	44	1	2	2	Обломки
172	77	86	1	1	5	
173	156	48	1	2	1	
174	164	43	1	2	4	Обломки
175	343	61	1	1	1	
176	156	47	1	2	4	Обломки,кварц.
177	155	46	2	2	4	Кварц
178	337	49	1	1	2	г/оFe
179	40	79	1	1	5	г/оFe
180	335	32	1	1	3	
181	1	65	2	1	2	Обломки
182	146	46	2	1	1	
183	347	56	2	2	2	г/оFe
184	136	53	2	1	1	
185	340	53	1	1	5	
186	351	47	2	1	1	Обломки
187	253	69	1	1	2	
188	6	41	1	1	1	
189	144	54	1	1	1	
190	266	53	1	1	1	
191	338	59	2	1	3	Обломки
192	152	51	2	2	3	Обломки
193	341	52	2	1	3	г/оFe
194	166	52	1	1	1	
195	335	49	1	1	1	
196	0	73	2	1	1	г/оFe
197	22	84	2	1	1	
198	155	51	2	1	1	Эпидот
199	68	80	1	1	5	
200	338	39	2	1	2	Эпидот
201	157	51	2	1	1	Эпидот
202	80	79	1	1	5	
203	151	55	2	1	2	Кварц,обломки
204	66	87	1	1	5	
205	347	64	2	1	1	Эпидот
206	144	49	1	1	1	
207	236	88	1	1	5	
208	103	7	1	1	1	
209	86	61	1	1	5	
210	101	59	1	1	4	
211	68	30	1	1	5	Эпидот
212	71	80	1	1	5	Эпидот
213	9	82	1	2	2	
214	153	47	1	1	1	
215	342	39	2	2	2	Эпидот
216	154	60	1	1	1	
217	237	80	1	1	5	
218	341	37	2	2	2	г/оFe,обломки
219	156	45	2	1	5	
220	81	76	1	2	4	Обломки
221	2	77	1	2	2	
222	235	78	1	2	3	
223	151	48	1	1	1	
224	248	88	1	1	5	
225	146	49	2	2	2	
226	6	78	2	1	2	

227	145	51	1	2	4	Кварц
228	56	90	2	1	5	г/оFe
229	148	53	2	2	4	Обломки
230	244	83	1	1	5	
231	152	43	2	1	3	Обломки
232	12	58	2	1	1	
233	286	46	1	1	5	
234	58	66	2	1	1	Обломки
235	148	44	2	1	1	
236	144	48	2	1	2	
237	145	46	2	1	1	Обломки
238	156	77	2	1	3	Обломки
239	82	49	1	1	5	
240	16	39	1	1	5	
241	23	69	1	1	1	
242	8	86	1	2	5	
243	146	37	1	2	2	
244	4	86	1	1	3	
245	142	52	1	1	1	Обломки
246	170	46	1	1	5	
247	4	51	1	1	5	
248	0	83	2	1	5	
249	278	39	2	1	1	
250	253	57	1	2	2	Обломки
251	146	48	2	1	1	Обломки
252	237	80	1	1	5	
253	351	85	1	2	2	
254	74	81	1	1	5	
255	24	80	1	2	3	Обломки
256	327	90	1	1	2	
257	119	71	1	1	5	
258	5	62	2	2	5	Обломки
259	150	49	1	1	5	
260	305	80	1	1	4	
261	8	75	1	1	5	
262	10	66	1	1	1	
263	134	34	2	1	2	Обломки
264	0	60	1	1	5	
265	130	43	1	2	1	Обломки
266	250	76	1	1	5	
267	176	65	1	1	1	
268	130	39	1	1	2	Обломки
269	134	57	1	1	5	
270	127	78	1	1	1	
271	118	64	1	1	3	
272	27	31	1	1	5	
273	110	56	1	2	4	
274	124	52	1	2	4	
275	42	84	1	1	5	
276	130	61	1	2	4	Обломки
277	135	41	1	2	4	Обломки,кварц.
278	146	58	1	2	2	Обломки,кварц.
279	350	70	1	1	1	г/оFe
280	70	81	1	1	5	
281	221	76	1	1	5	
282	251	76	1	1	5	
283	167	43	1	1	2	Обломки

284	188	82	1	1	1	
285	252	59	1	1	1	
286	137	46	1	1	5	
287	176	37	1	2	3	Обломки
288	353	79	1	1	5	
289	84	86	1	1	5	
290	128	38	2	1	1	Обломки
291	343	35	1	1	2	
292	338	34	1	1	5	
293	225	64	1	1	5	
294	326	36	1	2	5	
295	144	36	1	2	1	
296	145	35	1	2	2	Обломки
297	345	74	1	1	5	
298	126	49	1	1	2	Обломки
299	10	47	2	1	5	
300	19	38	1	1	5	

Станция 4

300 м от т. н. 08-808 вниз по правому берегу р. М. Ханмей. Габбро крупнозернистое, слабо полосчатое, эпидотизированное.

Крупное обнажение, протягивающееся от уреза воды до верха крутого обрывистого берега.

В геологическом отношении габбро залегает в палеоокеаническом секторе и относится к конгорскому комплексу. Оно обнажается после гипербазитовой протрузии, фиксирующей контакт палеоконтинентального и палеоокеанического блоков. Непосредственно в контакте габбро картируется в составе протрузии, образуя прослои мощностью от нескольких метров до первых сантиметров (комплекс параллельных даек).

Станция расположена в 300 м от северного континента протрузии, где серпентинитов уже не отмечается.

В обнажении широко проявлена эпидотизация, развиваясь по трещинам и придавая породам характерный зеленый оттенок.

Породы интенсивно трещиноваты. Трещины большей частью короткие, с неровной поверхностью, четкого рассланцевания не прослеживается.

№№ пп	Аз. падения	Угол пад.	Форма	Длина	Мощность	Минерал. заполнение
1	217	16	1	1	5	
2	20	32	1	1	5	
3	197	27	1	1	5	
4	185	28	2	1	1	
5	197	34	2	1	5	
6	192	27	1	1	5	
7	120	82	2	1	5	
8	173	0	1	1	1	
9	130	84	2	1	1	
10	169	33	1	1	5	Обломки
11	300	25	1	1	5	Обломки
12	216	29	1	1	5	
13	216	42	1	1	5	
14	231	76	2	1	5	
15	227	26	1	1	1	
16	229	50	2	1	1	Обломки
17	102	84	1	1	1	Обломки

18	256	72	2	1	1	
19	243	84	2	1	5	
20	198	77	1	1	1	Обломки
21	227	74	1	1	1	
22	202	70	1	1	5	Обломки
23	186	64	1	1	1	
24	250	79	2	1	5	Обломки
25	212	66	1	1	5	Обломки
26	255	85	2	1	5	
27	214	86	2	1	1	
28	255	87	1	1	1	Обломки
29	259	74	2	1	5	Обломки
30	235	76	1	1	1	
31	223	62	2	1	1	
32	203	61	2	1	1	
33	194	64	2	1	5	
34	249	8	1	1	1	Обломки
35	194	87	2	1	1	
36	255	3	2	1	1	
37	250	2	1	1	1	
38	243	70	1	1	1	
39	303	14	1	1	2	Обломки
40	61	80	1	1	3	Обломки,г/оFe
41	55	71	1	1	5	
42	133	45	1	1	4	Обломки
43	51	64	1	1	5	
44	121	60	1	1	2	
45	210	78	1	1	5	Обломки
46	181	77	1	1	5	
47	295	35	2	2	1	Обломки,эпидот
48	52	40	1	1	5	
49	15	29	1	1	1	
50	208	84	1	1	2	Обломки
51	10	20	1	1	5	
52	200	82	1	1	1	Обломки
53	212	69	1	1	5	
54	341	82	1	1	2	Обломки
55	120	65	1	1	5	
56	341	72	1	1	5	Обломки
57	33	66	1	1	5	
58	130	63	2	2	2	Обломки
59	201	83	1	1	5	
60	148	73	1	1	1	
61	333	51	1	2	2	Обломки,г/оFe
62	172	84	1	1	5	
63	70	77	1	2	2	Обломки
64	137	32	1	1	5	
65	48	87	1	1	3	Обломки
66	61	21	1	1	1	

67	177	74	1	1	5	
68	335	63	2	1	5	
69	38	11	2	1	5	
70	145	58	2	2	1	Эпидот
71	84	27	2	1	1	Обломки
72	90	60	1	1	5	
73	181	50	1	1	5	Обломки
74	211	69	2	1	1	Обломки
75	220	85	2	1	2	
76	192	71	1	1	5	
77	250	65	1	1	1	
78	243	10	1	1	1	
79	143	69	1	1	1	
80	330	60	1	2	5	Обломки
81	258	57	1	1	5	Обломки
82	240	85	1	1	1	
83	230	78	2	1	1	
84	194	77	1	1	1	Обломки
85	239	74	1	1	5	
86	246	32	1	1	1	Обломки
87	194	72	2	1	1	
88	263	71	1	1	1	
89	233	88	1	1	5	
90	224	35	1	1	1	Обломки
91	231	24	1	1	1	
92	312	54	1	2	5	Обломки
93	232	23	1	1	1	Обломки
94	222	77	1	1	5	
95	248	4	2	1	1	
96	242	59	1	1	1	
97	184	86	1	1	1	
98	186	75	1	1	1	
99	230	4	2	1	1	
100	194	42	1	1	1	
101	225	87	1	1	5	Обломки
102	223	10	1	1	1	Обломки
103	194	72	2	1	5	
104	318	76	2	1	5	Обломки
105	252	74	2	1	1	
106	244	13	1	1	1	
107	226	78	1	1	5	
108	187	65	1	1	1	
109	196	10	1	1	3	Обломки
110	272	15	1	1	5	Обломки
111	220	16	1	1	1	
112	310	51	1	1	5	Обломки
113	280	62	2	1	5	
114	255	4	1	1	1	Обломки
115	176	78	2	1	1	

116	94	70	1	2	1	Обломки,г/оFe
117	27	66	1	1	5	г/оFe
118	89	70	1	1	3	Обломки,г/оFe
119	120	65	1	1	5	
120	28	55	1	1	5	
121	231	66	1	2	2	Обломки,г/оFe
122	151	58	1	1	5	
123	169	82	1	1	5	
124	261	78	1	1	1	
125	90	67	1	2	5	
126	318	43	1	1	1	Обломки
127	37	71	1	1	1	Обломки
128	105	62	1	2	3	
129	98	61	1	2	1	Обломки
130	18	29	2	1	5	
131	87	67	1	1	2	Обломки,г/оFe
132	25	36	1	2	5	
133	216	70	1	2	2	Обломки,г/оFe
134	81	62	1	2	2	Обломки,г/оFe
135	211	82	2	1	1	
136	44	74	2	1	1	
137	339	29	2	1	2	Обломки
138	175	77	1	1	5	
139	266	82	1	2	1	Обломки
140	222	72	1	1	1	
141	45	14	1	1	2	Обломки,г/оFe
142	81	55	1	1	5	
143	159	74	2	1	1	Обломки
144	66	64	1	1	5	
145	20	30	1	1	5	
146	80	78	1	1	3	Обломки
147	333	35	2	1	2	Обломки
148	58	83	1	1	2	г/оFe
149	356	84	1	1	1	Обломки,г/оFe
150	226	84	1	1	3	Обломки
151	170	65	1	1	1	Обломки
152	17	21	1	1	1	Обломки
153	29	72	1	1	4	г/оFe
154	18	73	1	1	1	
155	134	65	1	1	5	
156	35	81	1	1	3	г/оFe
157	63	13	1	1	5	г/оFe
158	264	84	2	1	1	
159	202	80	1	1	1	г/оFe
160	93	18	1	1	1	
161	42	85	1	1	1	
162	87	69	1	1	5	г/оFe
163	148	68	1	1	2	Обломки
164	111	71	1	1	1	г/оFe

165	24	84	1	1	2	г/оFe
166	32	59	1	1	5	Эпидот
167	38	54	1	1	1	
168	145	72	1	1	2	
169	33	61	1	1	1	
170	12	52	1	1	1	
171	156	82	1	1	2	Обломки
172	352	33	1	1	1	
173	52	73	1	1	2	Обломки
174	19	49	1	1	5	
175	16	56	1	1	1	Эпидот
176	18	56	1	1	1	Эпидот
177	14	57	1	1	5	Эпидот
178	15	70	1	2	1	Эпидот
179	23	4	1	1	5	
180	357	82	1	1	3	Обломки
181	255	69	1	1	1	г/оFe
182	116	69	1	1	1	г/оFe
183	128	6	1	1	1	г/оFe
184	141	4	1	1	1	г/оFe
185	99	66	1	1	1	г/оFe
186	20	52	1	1	1	г/оFe
187	95	69	1	1	2	г/оFe
188	116	52	1	1	1	г/оFe
189	205	52	1	1	2	Эпидот
190	184	56	1	1	1	Эпидот
191	14	53	1	1	5	Эпидот
192	110	48	1	1	2	г/оFe
193	168	75	1	1	2	Эпидот
194	6	64	2	1	1	Эпидот
195	19	71	2	1	1	г/оFe
196	12	67	1	1	5	г/оFe
197	118	54	1	2	1	г/оFe
198	59	57	1	1	1	
199	21	86	1	1	2	г/оFe
200	111	48	1	1	2	г/оFe
201	14	51	1	1	2	г/оFe
202	165	34	1	1	2	г/оFe
203	154	52	1	1	2	г/оFe
204	136	68	1	1	1	Эпидот
205	114	54	2	1	5	Эпидот
206	101	56	1	1	3	г/оFe
207	3	63	2	1	1	
208	13	64	2	1	1	
209	209	76	1	1	1	
210	49	4	1	1	1	
211	209	52	1	1	2	
212	215	80	1	1	2	Эпидот
213	211	66	1	1	1	Эпидот

214	345	83	1	1	1	Эпидот
215	226	81	1	1	2	Обломки
216	161	88	1	1	1	г/оFe
217	214	62	1	1	1	
218	54	47	1	1	1	
219	67	34	1	1	1	г/оFe
220	123	59	1	1	2	Обломки
221	37	42	2	1	2	Обломки
222	28	66	1	1	4	г/оFe
223	221	44	1	1	1	г/оFe
224	228	39	1	1	3	Обломки
225	47	72	1	1	5	Эпидот
226	9	66	1	1	4	Обломки
227	216	85	2	1	4	Эпидот
228	292	61	1	1	1	Обломки
229	104	23	1	1	3	г/оFe
230	131	59	2	1	1	
231	220	51	1	1	1	г/оFe
232	31	61	1	1	1	г/оFe
233	158	59	1	1	3	Обломки
234	104	83	1	1	5	г/оFe
235	0	39	1	1	1	г/оFe,эпидот
236	353	38	1	1	3	г/оFe,эпидот
237	56	72	1	1	1	г/оFe
238	348	8	1	1	1	г/оFe
239	10	52	2	1	1	г/оFe
240	18	43	2	1	1	
241	19	47	2	1	1	г/оFe
242	21	18	1	1	1	г/оFe
243	4	53	1	1	1	г/оFe
244	30	62	1	1	1	г/оFe
245	18	84	2	1	2	Обломки
246	309	45	1	1	5	г/оFe
247	234	38	1	1	2	Обломки
248	126	52	2	1	4	Обломки
249	86	19	2	1	5	г/оFe
250	183	65	1	2	1	
251	14	52	2	1	1	Эпидот
252	204	64	2	1	5	
253	37	68	1	1	1	г/оFe
254	188	60	1	1	1	
255	140	62	1	1	1	Обломки
256	26	57	1	1	2	Обломки
257	95	50	1	1	1	
258	108	59	1	1	1	
259	56	77	1	1	1	
260	59	87	2	1	2	Обломки
261	127	48	1	1	1	
262	48	87	2	1	1	

263	355	39	2	1	1	
264	7	74	1	1	3	Обломки
265	52	61	1	1	1	
266	359	84	2	1	1	
267	127	65	2	1	1	
268	121	64	2	1	2	Обломки
269	118	61	2	1	1	
270	109	54	1	1	1	Эпидот
271	14	66	2	1	1	
272	264	85	1	1	1	Эпидот
273	21	64	1	1	2	Обломки
274	29	53	1	1	5	Эпидот
275	174	74	1	1	1	Эпидот
276	9	41	2	1	1	
277	61	86	1	1	2	г/оFe
278	121	71	1	1	1	
279	107	62	1	1	1	
280	62	78	2	1	1	
281	54	49	1	1	5	г/оFe
282	104	62	1	1	2	г/оFe
283	127	38	1	1	1	г/оFe
284	122	58	1	2	2	г/оFe
285	238	67	1	2	2	Обломки
286	112	50	1	1	5	г/оFe
287	113	69	1	1	2	Обломки
288	116	69	1	1	2	Обломки
289	59	77	1	1	2	г/оFe
290	123	62	1	1	3	Обломки
291	122	64	1	1	1	Эпидот
292	66	76	1	1	2	Обломки
293	245	76	1	1	2	
294	117	61	1	1	2	Обломки
295	127	64	1	1	1	
296	337	23	1	1	1	г/оFe
297	56	86	2	1	1	
298	98	5	1	1	2	г/оFe
299	122	71	1	1	1	
300	26	39	2	1	1	Эпидот

Станция 5

Зона контакта палеоокеанического и палеоконтинентального секторов. Метаморфиты ханмейшорской свиты, представленные в приконтактовой зоне очковыми амфиболитами с характерными идиоморфными зернами плагиоклаза.с вкрапленностью гранатов и пирита. В зоне контакта породы превращены в тектонические хлоритовые сланцы, за которыми обнажается протрузия серпентинитов сложного строения, включающая тела габбро разной мощности – от первых сантиметров до нескольких метров.

В рельефе правого берега р. М. Ханмей обнажение образует глубоко врезанный в берег выступ.

Замеры тращиноватости сделаны в средней части левого борта выступа.

Среди серпентинитов и габбро развиты зоны сульфидной минерализации, представленной пиритом. Местами она приобретает вид массивных скрытокристаллических и тонкозернистых руд колчеданного облика.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	298	73	1	1	1	Обломки
2	338	73	2	1	5	
3	286	56	2	1	1	
4	135	60	2	1	1	
5	174	49	1	1	5	
6	354	57	2	1	5	
7	9	59	2	1	1	Обломки
8	153	42	1	1	1	
9	295	16	1	1	1	Обломки
10	332	38	1	1	1	Обломки
11	354	26	1	1	1	Обломки
12	27	328	1	1	1	Обломки
13	3	42	1	1	1	
14	303	82	1	1	1	
15	345	56	1	1	2	Обломки
16	314	62	1	1	1	
17	4	67	2	1	1	
18	303	79	1	1	1	
19	308	86	1	1	2	
20	328	86	1	1	2	
21	10	58	1	1	2	г/оFe
22	114	85	1	1	5	г/оFe
23	155	40	1	1	5	г/оFe
24	19	80	1	1	2	г/оFe
25	156	68	1	1	2	г/оFe
26	148	23	1	1	1	г/оFe
27	213	88	1	2	2	г/оFe
28	151	32	1	1	5	
29	121	84	1	1	5	Обломки
30	48	52	1	1	2	
31	121	52	2	2	3	г/оFe,обломки
32	17	74	2	1	2	г/оFe
33	145	47	1	1	5	г/оFe
34	161	38	1	1	5	г/оFe
35	118	86	1	1	5	г/оFe
36	194	71	1	1	5	г/оFe
37	59	70	1	1	1	г/оFe
38	181	78	1	1	1	г/оFe
39	194	37	1	1	5	
40	191	84	1	1	2	
41	344	63	1	1	4	
42	168	40	2	1	1	
43	191	67	1	1	1	
44	195	74	1	1	1	
45	171	36	1	1	5	
46	100	69	1	1	1	
47	15	26	1	2	5	
48	23	27	1	1	2	
49	344	58	2	1	5	
50	256	51	1	1	5	
51	298	39	1	1	1	

52	344	47	1	1	1	Обломки
53	29	57	2	1	1	Обломки
54	20	74	2	1	1	Обломки,г/оFe
55	24	53	1	1	1	Обломки
56	273	77	1	1	1	
57	271	72	2	1	1	Обломки
58	0	69	2	1	1	
59	274	68	2	1	1	
60	350	75	2	1	5	Обломки
61	8	76	1	1	1	
62	44	54	1	1	5	Обломки
63	6	74	1	1	1	
64	340	79	2	1	1	
65	30	49	2	1	5	Обломки
66	287	83	1	1	1	
67	68	42	1	1	1	
68	3	85	2	1	5	Обломки
69	307	82	2	1	5	
70	328	89	1	1	1	
71	340	52	1	1	1	
72	279	77	1	1	1	Обломки
73	319	45	1	1	5	Обломки
74	12	43	1	1	5	Обломки
75	8	47	1	1	1	
76	10	52	1	1	5	
77	301	66	1	2	2	
78	41	86	1	1	2	г/оFe
79	180	81	1	1	5	г/оFe
80	244	14	1	1	5	г/оFe
81	4	66	2	1	5	г/оFe
82	214	59	1	1	1	г/оFe
83	176	75	1	1	5	
84	218	22	2	1	2	
85	119	50	1	1	5	
86	205	71	1	1	1	
87	128	36	1	1	5	
88	105	56	1	1	1	
89	118	90	2	1	5	
90	90	42	1	1	2	
91	136	22	1	1	1	
92	32	77	1	2	2	
93	300	60	2	1	5	
94	312	67	2	1	1	
95	249	54	1	1	1	
96	165	50	1	1	1	
97	299	56	1	1	1	
98	270	76	1	1	1	
99	237	75	1	1	1	г/оFe
100	326	87	1	1	1	Обломки
101	279	54	1	1	1	г/оFe
102	245	69	1	1	1	г/оFe
103	253	67	1	1	1	г/оFe
104	256	45	1	1	1	Обломки
105	256	67	2	1	1	Обломки,г/оFe
106	305	55	1	1	1	г/оFe,обломки
107	260	45	1	1	1	Обломки
108	264	70	1	1	1	

109	286	82	1	2	1	г/оFe,обломки
110	307	66	1	1	5	Обломки
111	296	80	1	1	5	Обломки
112	347	72	2	1	5	Обломки
113	5	67	1	2	5	г/оFe,обломки
114	297	75	2	2	5	Обломки
115	155	56	1	2	5	г/оFe
116	33	84	1	2	5	г/оFe
117	20	78	1	1	2	
118	164	42	1	2	5	г/оFe
119	263	62	2	1	5	
120	128	57	2	1	2	
121	30	70	1	2	1	
122	106	59	1	2	5	
123	34	80	1	2	1	
124	173	58	1	1	5	
125	126	34	1	1	5	
126	20	76	1	1	1	Обломки
127	223	50	1	1	1	
128	189	62	1	2	2	
129	165	63	1	1	1	г/оFe
130	304	79	1	1	5	
131	191	57	2	1	5	
132	181	58	1	1	1	
133	145	74	1	1	5	г/оFe
134	137	60	2	1	5	г/оFe
135	151	42	2	1	5	
136	53	69	2	1	2	Обломки
137	92	63	1	1	2	
138	79	85	2	1	1	г/оFe
139	55	71	2	1	5	Обломки
140	322	61	2	1	5	Обломки
141	303	57	1	1	1	
142	279	60	2	1	1	Обломки
143	249	53	1	1	5	Обломки
144	268	61	2	1	5	Обломки
145	327	49	1	1	1	Обломки
146	235	57	1	2	1	
147	336	74	1	1	1	г/оFe
148	106	77	2	1	1	г/оFe,обломки
149	270	53	1	1	1	Обломки
150	253	80	1	1	5	г/оFe,обломки
151	333	82	2	1	1	
152	297	89	2	1	1	г/оFe
153	71	69	1	1	5	
154	174	60	1	1	5	
155	86	88	2	2	1	
156	222	28	1	1	1	
157	160	31	1	1	5	
158	358	78	1	1	2	Обломки
159	322	72	1	1	3	Обломки
160	224	88	1	1	2	Обломки
161	178	59	1	1	2	Обломки
162	175	70	1	1	2	Обломки
163	289	31	1	1	2	Обломки
164	242	64	2	1	2	Обломки
165	172	84	1	1	2	Обломки

166	182	79	1	1	4	Обломки
167	111	59	1	1	1	г/оFe
168	273	57	1	1	1	
169	3	79	1	1	2	Обломки
170	339	70	1	1	2	
171	285	82	1	1	3	Обломки
172	177	64	1	1	3	Обломки
173	354	69	1	1	2	
174	17	63	1	1	2	Обломки
175	208	51	1	1	3	Обломки
176	145	25	1	1	2	г/оFe
177	281	81	1	2	2	Обломки
178	136	24	1	1	3	Обломки
179	350	82	1	1	2	Обломки
180	354	84	1	1	2	Обломки
181	138	36	1	1	2	Обломки
182	146	77	1	1	2	Обломки
183	68	89	1	1	3	г/оFe,эпидот
184	337	73	1	1	1	
185	146	60	1	1	2	Обломки
186	319	47	1	1	2	Обломки
187	166	37	1	1	1	
188	267	75	1	1	1	
189	283	74	1	1	1	
190	305	76	1	1	1	
191	283	74	1	1	1	
192	285	64	1	1	1	
193	264	85	2	1	1	
194	45	60	1	1	5	
195	280	81	1	1	1	г/оFe
196	346	70	1	1	1	г/оFe
197	139	43	1	1	1	г/оFe
198	260	77	1	1	1	г/оFe
199	290	80	1	1	1	г/оFe
200	15	59	2	1	2	г/оFe
201	299	54	1	2	3	г/оFe,обломки
202	291	73	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
203	295	63	1	1	1	г/оFe
204	210	48	1	1	2	г/оFe
205	348	59	1	1	2	г/оFe
206	296	62	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
207	190	75	2	1	2	г/оFe,обломки
208	284	51	1	1	1	г/оFe,Роговая обманка
209	110	40	1	1	5	г/оFe,роговая обманка
210	319	50	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
211	327	71	1	1	1	
212	340	70	2	1	2	
213	335	75	1	2	3	Обломки
214	338	71	2	1	3	Обломки
215	343	70	1	1	2	
216	197	64	1	1	2	Обломки,г/оFe,Роговая обманка
217	178	66	1	1	2	г/оFe,роговая обманка
218	152	88	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
219	128	46	1	1	1	г/оFe
220	231	61	2	1	2	г/оFe
221	261	62	1	1	2	г/оFe,обломки

222	357	81	1	1	2	г/оFe
223	82	67	1	1	1	г/оFe,обломки
224	166	51	1	1	1	г/оFe
225	168	36	1	1	2	г/оFe
226	148	66	1	1	1	г/оFe,обломки
227	173	73	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
228	74	53	1	1	2	г/оFe,
229	127	53	1	1	5	Эпидот
230	284	36	1	1	2	Обломки
231	29	44	1	1	2	г/оFe,Роговая обманка
232	231	77	1	2	2	г/оFe,роговая обманка
233	300	78	1	1	1	г/оFe
234	279	74	1	1	1	
235	174	38	1	1	1	г/оFe
236	182	53	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
237	244	74	1	1	2	г/оFe
238	92	31	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
239	246	73	1	1	2	
240	168	72	1	1	2	г/оFe,роговая обманка
241	174	47	1	1	2	Роговая обманка
242	269	69	1	1	2	Роговая обманка
243	174	69	1	1	3	г/оFe,роговая обманка
244	251	58	1	1	2	Обломки
245	81	60	1	1	5	
246	182	42	1	1	1	
247	243	75	1	1	1	
248	290	84	1	2	1	
249	129	81	1	2	2	
250	350	52	1	1	1	г/оFe
251	278	65	1	1	1	Роговая обманка
252	109	55	1	1	1	г/оFe
253	297	76	1	1	2	Роговая обманка
254	295	68	1	1	1	г/оFe
255	106	85	2	1	5	г/оFe
256	158	37	1	1	2	г/оFe
257	39	79	2	1	2	Роговая обманка
258	54	74	1	1	2	Роговая обманка
259	309	70	1	1	3	Роговая обманка
260	151	42	1	1	2	г/оFe
261	258	44	1	1	2	Роговая обманка
262	45	69	1	1	1	г/оFe
263	276	59	1	1	1	г/оFe
264	67	81	1	1	1	Роговая обманка
265	76	71	1	1	1	г/оFe
266	80	69	1	1	1	Роговая обманка
267	79	80	1	1	1	г/оFe
268	284	68	1	1	1	
269	256	79	1	1	2	г/оFe
270	239	71	2	1	1	Роговая обманка
271	100	74	1	1	1	
272	295	76	1	1	2	г/оFe
273	129	76	1	1	1	г/оFe
274	41	67	1	1	1	
275	180	39	1	1	5	г/оFe
276	200	46	1	1	1	г/оFe
277	260	50	1	1	1	г/оFe
278	251	49	2	1	1	г/оFe

279	319	52	2	1	2	г/оFe
280	327	46	1	1	1	Обломки
281	336	17	1	1	1	г/оFe
282	328	89	2	1	1	г/оFe,обломки
283	48	70	1	1	1	г/оFe
284	346	47	1	1	1	г/оFe
285	269	80	1	1	1	Обломки
286	297	86	1	1	1	г/оFe
287	301	42	2	1	5	Обломки
288	247	41	1	1	1	Обломки
289	12	63	2	1	5	Обломки
290	284	23	2	1	1	Обломки
291	280	47	2	1	5	Обломки
292	276	62	2	1	5	
293	303	51	1	1	5	Обломки
294	276	80	1	1	5	Обломки
295	313	55	1	1	5	Обломки
296	240	74	2	1	1	г/оFe
297	229	87	2	1	1	
298	310	85	2	1	5	Обломки
299	311	84	2	1	5	
300	345	40	1	1	1	

Станция 6

В приконтактовой зоне палеоокеанического сектора субмеридиональный разлом, по которому протекает р. М. Ханмей, разделяет габбро конгорского комплекса с амфиболитами ханмейхойской свиты.

Породы интенсивно рассланцованы, элементы залегания сланцеватости аз. падения 100, угол 67.

Амфиболиты залегают в переслаивании с кварцитогнейсами, мощность которых от первых сантиметров до десятков сантиметров.

Согласно рассланцеванию располагается кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы мощностью до 10-15 см, как правило, невыдержанной мощности, разбудинированные.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	104	66	1	1	4	Обломки
2	86	37	1	1	5	г/оFe
3	107	67	2	2	3	г/оFe
4	181	29	1	1	5	
5	125	41	1	1	2	
6	176	31	1	1	5	г/оFe
7	100	59	1	2	4	г/оFe,кварц
8	66	14	1	1	5	г/оFe
9	162	34	1	1	5	г/оFe
10	94	62	1	1	1	г/оFe
11	193	1	1	1	5	г/оFe
12	0	41	2	1	1	г/оFe
13	5	47	2	1	5	
14	114	67	2	1	2	Обломки,г/оFe
15	354	41	1	1	5	г/оFe
16	350	49	2	1	5	

17	349	24	2	1	5	
18	4	51	2	1	2	Обломки
19	114	69	2	1	5	г/оFe
20	125	42	2	1	1	Обломки,г/оFe
21	273	24	1	1	1	г/оFe
22	110	69	2	1	5	
23	49	14	1	2	5	г/оFe
24	200	16	1	1	1	г/оFe
25	3	46	2	2	3	Обломки,г/оFe
26	141	69	1	2	2	Обломки
27	113	69	2	2	5	Обломки,г/оFe
28	5	24	2	1	2	г/оFe
29	125	41	1	1	2	Обломки,г/оFe
30	0	54	2	1	5	г/оFe
31	105	71	2	2	1	Обломки,г/оFe
32	136	47	1	1	2	Обломки
33	176	47	1	2	4	Обломки
34	213	60	1	1	4	Обломки
35	354	26	2	2	5	
36	106	70	2	2	4	Обломки
37	285	28	1	1	5	Обломки,г/оFe
38	98	56	1	2	3	Обломки
39	104	64	1	2	1	г/оFe
40	285	84	1	2	1	г/оFe
41	282	89	1	1	4	Обломки,г/оFe
42	106	69	1	2	4	Обломки,г/оFe
43	226	64	1	1	5	г/оFe
44	93	77	1	1	1	г/оFe
45	109	68	1	2	1	г/оFe
46	4	32	1	1	5	г/оFe
47	319	3	1	1	5	г/оFe
48	96	63	1	1	3	Кварц,г/оFe
49	24	84	1	1	2	Обломки
50	109	62	1	1	4	Обломки
51	117	62	1	1	1	
52	113	67	2	2	2	Обломки
53	356	49	1	1	1	
54	358	24	1	2	1	г/оFe,кварц
55	299	66	1	1	1	
56	12	24	1	1	1	
57	0	23	2	1	1	
58	34	74	1	1	5	
59	101	73	1	2	4	Кварц
60	18	78	1	1	5	г/оFe
61	200	22	1	1	3	Обломки,г/оFe
62	337	38	1	1	5	г/оFe
63	216	66	1	1	1	г/оFe
64	185	36	1	1	1	
65	96	74	1	1	5	
66	112	62	1	1	2	г/оFe
67	141	64	1	1	4	Обломки
68	108	66	1	1	1	г/оFe
69	114	64	2	1	3	Кварц,г/оFe
70	4	37	2	2	2	Обломки
71	271	84	1	1	2	Кварц,г/оFe
72	107	66	1	1	1	Кварц,г/оFe
73	116	64	2	1	3	г/оFe

74	121	65	1	1	4	Кварц,г/оFe
75	1	14	1	2	5	г/оFe
76	126	55	1	2	4	г/оFe,Обломки
77	359	54	2	1	1	Обломки
78	352	64	1	1	2	Обломки
79	257	53	1	1	5	
80	336	66	1	1	5	Обломки
81	349	68	1	1	5	г/оFe
82	258	67	1	1	5	г/оFe,
83	241	34	1	1	5	
84	111	67	1	2	2	г/оFe,Обломки
85	5	66	2	1	2	г/оFe,Обломки
86	241	62	1	1	5	
87	113	66	2	1	1	
88	356	50	1	1	5	г/оFe
89	3	35	1	1	5	
90	143	68	1	1	1	
91	204	70	2	1	5	г/оFe
92	107	68	2	1	1	г/оFe
93	352	36	1	1	1	г/оFe
94	100	69	1	2	1	
95	329	43	2	1	1	г/оFe,Обломки
96	0	67	1	1	5	г/оFe
97	1	31	1	1	5	
98	237	35	2	1	1	
99	113	66	1	2	2	Обломки
100	296	54	1	1	3	г/оFe
101	1	74	1	1	5	г/оFe
102	281	18	1	1	5	г/оFe
103	117	75	1	1	2	г/оFe,Обломки
104	345	62	1	1	5	г/оFe
105	357	24	1	1	5	
106	191	70	1	1	1	Обломки
107	333	69	1	1	5	г/оFe
108	106	69	1	2	1	г/оFe
109	105	65	1	1	5	г/оFe
110	356	69	2	1	2	Обломки
111	113	61	1	2	2	г/оFe
112	105	74	1	2	2	Обломки
113	102	73	1	1	1	Обломки
114	14	85	1	2	3	г/оFe
115	15	86	1	1	2	Обломки,г/оFe
116	195	81	1	2	4	Обломки
117	201	32	1	1	5	
118	113	68	1	2	3	Кварц
119	109	66	1	1	2	
120	125	27	1	1	5	
121	182	71	1	1	5	г/оFe
122	216	46	1	1	2	г/оFe
123	119	68	1	1	2	г/оFe
124	261	41	1	1	2	Обломки
125	117	59	2	2	2	Обломки
126	114	58	1	1	3	Обломки
127	108	71	1	1	4	Кварц
128	23	64	1	1	5	
129	2	59	1	1	2	Обломки
130	108	66	1	2	2	Обломки,г/оFe

131	110	67	1	1	1	г/оFe
132	117	63	2	2	3	Обломки
133	103	75	2	1	2	Обломки
134	213	67	2	1	1	
135	207	86	2	1	2	г/оFe
136	169	72	1	1	3	г/оFe
137	356	35	1	1	5	г/оFe
138	164	61	1	1	1	г/оFe
139	45	77	1	1	2	Обломки
140	2	26	1	1	2	
141	19	68	1	1	2	Обломки,г/оFe
142	118	53	1	2	2	Кварц
143	110	64	1	2	3	Обломки
144	112	57	1	1	1	
145	207	58	1	1	1	г/оFe
146	137	51	1	1	2	г/оFe
147	103	52	1	2	2	Обломки
148	96	48	1	2	4	г/оFe,кварц
149	111	62	1	1	5	г/оFe
150	5	18	1	1	5	г/оFe
151	319	74	1	1	1	г/оFe
152	3	64	1	1	5	
153	231	65	1	1	1	г/оFe
154	282	76	1	1	1	г/оFe
155	3	59	1	1	1	Обломки
156	268	19	1	1	1	г/оFe
157	3	63	2	1	1	
158	121	22	1	1	5	
159	220	64	1	1	5	г/оFe
160	126	53	1	2	3	
161	121	63	1	2	1	г/оFe,Обломки
162	8	66	1	1	1	г/оFe,Обломки
163	41	41	1	1	5	г/оFe
164	116	60	1	2	1	г/оFe,Обломки
165	6	67	1	1	2	г/оFe,Обломки
166	214	74	1	1	2	Обломки
167	118	60	2	2	1	Обломки
168	297	52	1	1	5	г/оFe
169	45	83	1	1	5	
170	116	59	2	1	2	г/оFe,Обломки
171	171	28	1	1	5	г/оFe
172	281	11	1	1	5	г/оFe
173	114	80	1	1	1	г/оFe
174	0	72	1	1	5	
175	245	23	1	1	1	г/оFe
176	41	80	1	2	3	г/оFe,Обломки
177	114	47	1	2	4	Обломки,кварц
178	5	49	1	2	5	
179	110	66	1	2	2	г/оFe
180	348	87	1	2	2	Обломки
181	110	61	1	1	1	
182	344	79	2	1	1	г/оFe
183	8	61	1	1	5	г/оFe
184	347	74	2	1	5	г/оFe
185	112	60	1	2	1	г/оFe
186	151	58	1	1	2	Обломки
187	112	59	1	2	3	г/оFe,кварц

188	104	71	1	2	2	Обломки
189	171	56	1	1	2	г/оFe
190	117	74	1	1	2	Обломки,г/оFe
191	144	62	1	1	2	Обломки
192	8	81	1	1	2	Обломки
193	184	65	1	1	1	г/оFe
194	102	72	1	1	2	Обломки
195	238	25	1	1	1	г/оFe
196	119	64	1	2	2	Обломки
197	122	61	1	2	4	
198	210	26	1	1	1	
199	202	69	1	1	2	Обломки
200	10	66	1	1	3	Обломки
201	4	72	1	1	1	Обломки
202	104	67	1	2	2	Обломки
203	121	48	1	1	4	Кварц,г/оFe,кпш
204	12	46	2	1	1	
205	203	81	2	1	1	г/оFe
206	197	42	1	1	2	Обломки
207	204	83	2	1	2	
208	199	82	1	1	2	Обломки
209	14	76	1	1	2	Обломки
210	291	48	1	1	1	г/оFe
211	294	59	1	1	2	Обломки
212	9	53	1	1	2	Обломки
213	201	84	1	1	2	Обломки,г/оFe
214	116	69	1	1	1	Обломки
215	153	74	1	1	2	Обломки
216	164	41	1	2	2	Обломки
217	203	74	1	1	5	г/оFe
218	124	75	1	1	4	Кварц,кпш
219	143	33	1	1	2	Обломки
220	189	81	1	1	3	Обломки
221	147	16	1	2	3	Обломки
222	14	84	2	1	2	Обломки
223	15	24	1	2	2	г/оFe
224	199	63	1	1	2	г/оFe
225	110	59	2	1	2	Обломки
226	359	81	1	1	1	г/оFe,Обломки
227	110	59	1	1	2	Обломки
228	155	18	1	1	5	г/оFe
229	115	43	1	1	1	
230	22	76	1	1	5	г/оFe
231	197	6	1	1	2	
232	112	64	1	2	3	г/оFe,Обломки
233	19	11	1	1	5	г/оFe
234	326	29	1	1	5	г/оFe
235	8	23	1	1	5	
236	111	66	1	1	1	
237	17	86	1	1	3	г/оFe
238	12	18	1	1	5	
239	115	59	2	1	1	г/оFe,Обломки
240	11	81	1	1	1	г/оFe
241	201	72	1	1	1	
242	206	62	1	1	1	г/оFe
243	128	64	2	1	1	г/оFe
244	122	58	1	1	1	г/оFe

245	18	77	2	1	2	г/оFe
246	198	20	1	1	1	
247	176	12	1	1	5	г/оFe
248	113	61	1	1	2	г/оFe,Обломки
249	215	72	1	1	1	г/оFe
250	21	65	1	1	5	
251	225	38	1	1	2	Обломки
252	212	41	1	1	1	
253	109	65	2	1	1	г/оFe,Обломки
254	202	82	1	1	1	г/оFe,Обломки
255	24	67	1	2	1	Обломки
256	127	55	1	1	2	г/оFe,Обломки
257	216	82	1	1	5	
258	3	28	1	1	1	Обломки
259	23	75	2	1	1	г/оFe
260	289	80	1	2	4	Кварц
261	110	79	1	2	4	г/оFe,кварц
262	117	48	1	2	4	г/оFe,кварц
263	116	47	2	1	1	Кварц,кпш
264	206	60	1	1	2	
265	142	60	1	1	2	Обломки
266	201	69	1	1	2	Обломки
267	78	79	2	1	1	Обломки
268	215	68	1	2	5	
269	118	69	1	1	1	г/оFe
270	212	77	1	1	5	Обломки
271	73	22	1	1	1	г/оFe
272	224	51	1	1	5	
273	115	5	1	2	4	г/оFe
274	105	64	1	2	4	Кварц
275	96	71	1	1	3	Кварц
276	113	76	1	1	4	Кварц
277	38	79	1	1	2	
278	189	61	1	1	1	
279	116	57	1	2	4	Кварц
280	193	32	1	2	1	
281	349	20	2	2	4	Обломки
282	116	68	1	1	2	Обломки
283	348	41	2	2	2	Обломки
284	94	40	1	1	2	Обломки
285	106	46	1	2	4	Кварц
286	334	34	2	2	2	Обломки
287	16	84	1	1	1	
288	32	72	1	1	1	
289	113	71	2	2	2	Обломки
290	167	82	1	1	2	Обломки
291	14	79	1	1	2	Обломки
292	341	36	2	2	3	Обломки
293	202	44	1	1	2	Обломки
294	111	69	1	1	2	Обломки
295	322	34	2	2	1	Обломки
296	212	61	1	1	2	Обломки

Станция 7

Левобережье р. М. Ханмей, вершина с отметкой 334,0 м.

На вершине обнажается ряд разрозненных коренных выходов серпентинизированных гарцбургитов. Отдельные выходы имеют размеры до первых метров как в длину, так и в ширину и высоту, и располагаются в непосредственной близости друг от друга.

Породы интенсивно рассланцованы. Элементы залегания сланцеватости: азимут падения 140-150, угол падения 75-85.

Перидотиты слагают г. Няровеча и прилегающие к ней площади и относятся к конгорскому комплексу.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	173	12	1	1	3	
2	8	59	1	2	1	Обломки
3	231	73	1	1	3	
4	261	33	1	1	1	
5	286	76	1	2	1	Обломки
6	253	61	1	1	1	
7	238	8	1	1	2	
8	257	34	1	1	1	
9	47	71	1	1	1	
10	27	87	1	2	2	
11	128	49	1	1	2	
12	156	69	1	1	4	Обломки
13	6	78	1	1	1	
14	129	42	1	1	1	
15	293	79	1	2	4	Обломки
16	301	59	1	1	1	
17	104	58	1	1	1	
18	37	26	1	1	5	г/оFe
19	33	41	1	1	2	г/оFe
20	5	34	1	1	1	г/оFe
21	346	39	1	1	4	Обломки
22	332	51	1	1	1	г/оFe
23	313	61	1	1	5	
24	4	18	1	1	1	
25	317	34	1	1	1	
26	29	24	1	1	5	
27	18	26	1	1	2	Обломки
28	24	26	1	1	2	Обломки
29	312	59	1	1	2	Обломки
30	306	63	1	1	3	Обломки
31	20	14	1	1	5	Обломки
32	311	52	1	1	1	
33	31	13	1	2	1	
34	162	84	1	1	5	
35	33	23	1	2	2	
36	97	38	1	1	1	
37	114	9	1	1	1	
38	137	39	1	1	1	

39	54	17	1	2	1	
40	3	66	1	2	4	Обломки
41	39	86	1	1	1	Обломки
42	74	62	1	1	2	Обломки
43	111	48	1	1	1	
44	119	52	1	1	1	
45	157	59	1	2	3	Обломки
46	144	43	1	1	1	
47	99	61	1	1	1	
48	162	66	1	1	2	
49	158	53	1	2	2	Обломки
50	127	65	1	1	1	
51	123	42	1	1	2	
52	163	26	1	1	2	
53	203	19	1	2	4	Обломки
54	213	29	1	2	3	
55	187	53	1	1	1	
56	273	58	1	1	1	
57	103	48	1	1	1	
58	202	14	1	1	2	
59	243	72	1	1	3	Обломки
60	346	41	1	2	1	
61	276	29	1	1	1	
62	139	27	1	1	2	
63	126	41	1	1	1	
64	312	49	1	1	1	
65	347	66	1	1	2	
66	316	43	1	1	1	Обломки
67	182	64	1	1	1	
68	244	21	1	1	1	
69	315	63	1	1	1	
70	187	83	1	1	2	
71	301	49	1	1	1	
72	322	36	1	1	1	
73	293	32	1	1	1	
74	326	37	1	1	2	
75	301	54	1	1	2	Обломки
76	345	63	1	1	2	
77	73	53	1	1	5	
78	34	21	1	1	1	
79	240	34	1	1	2	Обломки
80	346	53	1	1	5	
81	4	41	1	1	3	Обломки
82	293	61	1	1	1	
83	342	52	1	1	5	
84	79	24	1	1	1	
85	319	64	1	1	1	
86	337	57	1	1	1	
87	144	85	1	1	4	Обломки
88	127	34	1	1	2	Обломки
89	152	74	1	1	1	
90	130	27	1	1	2	
91	128	59	1	1	1	
92	140	51	1	1	1	
93	343	49	1	1	4	Обломки
94	134	69	1	1	3	Обломки
95	343	58	1	1	1	

96	82	88	1	1	1	
97	209	75	1	1	5	
98	63	77	1	1	5	
99	7	73	1	1	1	
100	149	48	1	1	2	
101	140	57	1	1	1	
102	44	64	1	1	5	
103	147	36	1	1	1	
104	22	24	1	1	1	г/оFe
105	159	25	1	1	1	Обломки
106	153	63	1	1	2	
107	228	33	1	1	5	
108	138	43	1	1	2	г/оFe
109	145	46	1	1	5	
110	173	48	1	1	2	Обломки
111	160	74	1	1	1	
112	136	49	1	1	1	
113	88	73	1	1	1	
114	95	31	1	1	1	
115	123	56	1	1	1	Обломки
116	156	42	1	1	1	Обломки
117	163	67	1	1	1	Обломки
118	171	40	1	1	1	Обломки
119	175	52	1	1	1	
120	129	54	1	1	1	Обломки
121	161	51	1	1	1	
122	189	44	1	1	1	Обломки
123	176	33	1	1	1	Обломки
124	166	54	1	1	2	Обломки
125	166	71	1	1	1	
126	292	49	1	1	2	
127	223	77	1	1	2	
128	133	64	1	1	1	
129	149	47	1	1	1	
130	201	75	1	1	1	Обломки
131	112	54	1	1	1	Обломки
132	203	37	1	1	1	
133	292	69	1	1	1	
134	164	87	1	1	1	
135	334	74	1	1	1	
136	162	44	1	1	1	
137	325	27	1	1	2	Обломки
138	203	43	1	1	1	
139	149	47	1	1	1	
140	167	29	1	1	2	
141	115	10	1	1	1	
142	172	17	1	1	1	г/оFe
143	157	19	1	1	2	Обломки
144	164	45	1	1	5	
145	183	27	1	1	2	
146	29	43	1	1	2	
147	79	26	1	1	1	г/оFe
148	112	33	1	1	1	г/оFe
149	147	21	1	1	1	Обломки
150	99	36	1	1	1	
151	73	32	1	1	1	
152	49	22	1	1	1	

153	231	71	2	1	1	
154	225	64	1	1	1	
155	218	66	1	1	1	
156	254	78	1	1	1	
157	216	76	1	1	1	Обломки
158	218	71	1	1	1	
159	279	64	1	1	1	
160	260	64	1	1	5	
161	255	62	1	1	1	
162	296	44	1	1	5	
163	337	69	2	1	2	Обломки
164	216	74	1	2	1	
165	12	81	1	1	1	Обломки
166	19	79	1	1	1	
167	340	64	1	1	2	Обломки
168	299	48	1	1	2	
169	93	66	1	1	1	
170	214	53	1	1	5	
171	298	48	1	1	5	
172	93	58	1	1	1	
173	344	82	1	1	1	
174	326	72	1	1	1	
175	309	61	1	1	1	
176	315	65	1	1	1	
177	319	73	1	1	1	
178	2	40	1	1	1	Обломки
179	236	61	1	1	1	
180	274	74	1	1	2	Обломки
181	255	67	1	1	1	Обломки
182	345	81	1	1	1	
183	329	86	1	1	1	
184	246	51	1	1	1	
185	334	74	1	1	1	
186	323	52	1	1	2	Обломки
187	333	76	1	1	1	
188	48	26	1	2	4	
189	276	56	1	1	3	Обломки
190	116	56	1	1	3	Обломки
191	195	33	1	1	2	Обломки
192	89	51	1	1	1	
193	87	54	1	1	1	
194	161	22	1	1	1	Обломки
195	113	36	1	1	1	
196	128	53	1	1	1	
197	126	24	1	1	1	
198	176	64	1	1	1	
199	243	11	1	1	2	
200	146	84	1	1	5	
201	149	58	1	1	1	Обломки
202	164	48	1	1	1	
203	177	38	1	1	5	
204	156	35	1	1	1	
205	173	38	1	1	2	г/оFe
206	184	48	1	1	5	
207	192	43	1	1	2	
208	171	17	1	1	5	
209	93	54	1	1	1	

210	167	56	1	1	1	
211	196	49	1	1	5	
212	129	56	1	1	5	
213	182	47	1	1	1	
214	69	26	1	1	1	
215	73	36	1	1	1	
216	97	56	1	1	5	
217	113	7	1	1	5	
218	127	58	1	1	5	
219	146	38	1	1	1	
220	76	14	1	1	1	
221	147	54	1	1	5	
222	315	78	1	1	5	
223	164	13	1	1	1	
224	276	3	1	1	1	
225	218	432	1	1	5	
226	233	26	1	1	5	
227	296	3	1	1	3	г/оFe
228	192	12	1	1	1	
229	8	34	1	1	1	
230	39	31	1	1	1	
231	307	49	1	2	2	
232	267	36	1	1	5	
233	349	74	1	2	5	г/оFe
234	356	51	1	1	2	Обломки
235	267	66	1	1	1	
236	255	52	1	1	1	Обломки
237	51	38	1	2	3	Обломки
238	53	31	1	2	4	
239	47	34	1	1	1	
240	119	87	1	1	1	
241	131	59	1	1	1	
242	319	51	1	1	1	
243	14	33	1	1	1	г/оFe
244	24	37	1	2	1	Обломки
245	21	32	1	1	2	Обломки
246	353	51	1	1	1	
247	142	34	1	1	5	
248	100	3	1	1	1	
249	129	31	1	1	5	
250	355	56	1	2	4	Обломки
251	359	68	1	2	1	
252	342	86	1	2	3	Обломки
253	338	88	1	1	3	Обломки
254	109	3	1	1	1	
255	312	12	1	1	1	
256	5	16	1	1	1	г/оFe
257	354	70	1	2	2	Обломки
258	216	76	1	1	1	
259	74	14	1	1	1	
260	298	38	1	1	2	Обломки
261	2	44	1	1	1	г/оFe
262	23	25	1	1	4	Обломки
263	216	27	1	1	1	
264	318	46	1	2	1	
265	114	21	1	1	3	г/оFe
266	215	46	1	1	2	Обломки

267	276	52	1	1	5	
268	310	61	1	1	5	
269	79	27	1	1	1	
270	74	56	1	1	2	
271	112	67	1	1	5	
272	215	61	1	1	1	
273	194	82	1	1	1	
274	211	60	1	1	5	
275	262	67	1	1	5	
276	211	58	1	1	5	
277	303	44	1	1	1	
278	148	67	1	1	1	
279	262	72	1	1	1	
280	206	21	1	1	1	
281	224	12	1	1	1	
282	146	58	1	1	1	
283	103	62	1	1	1	
284	192	43	1	1	5	
285	189	10	1	1	1	
286	163	67	1	1	2	
287	142	42	1	1	1	г/оFe
288	121	36	1	1	1	
289	136	49	1	1	5	
290	141	51	1	1	1	
291	234	41	1	1	1	
292	311	32	1	1	2	
293	203	75	1	1	1	
294	136	43	1	1	1	
295	134	45	1	1	1	г/оFe
296	172	15	1	1	1	
297	172	8	1	1	1	
298	138	24	1	1	2	
299	96	13	1	1	2	
300	73	26	1	1	1	г/оFe

СТАНЦИЯ 8

160 м от слияния реки Малый Ханмей и ручья Евъюган вниз по левому берегу реки Малый Ханмей ,напротив Евъюганского проявления, расположенного нп противоположном берегу.

Крупный коренной скальный выход амфиболитов, в коренных выделяется несколько зон интенсивно ожелезненнйх пород мощности до 20 см, однако видимой рудной минерализации не установлено.

Элементы залегания сланцеватости: Азимут падения 153,угол падения 61.

№№ПП	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения

1	126	41	1	1	5	
2	133	44	1	1	2	
3	69	57	1	1	1	
4	106	8	1	1	1	
5	128	71	1	1	5	г/оFe
6	172	28	1	1	1	г/оFe
7	123	84	1	1	1	г/оFe
8	106	49	1	1	2	
9	117	44	1	1	1	г/оFe
10	76	5	1	1	2	Обломки
11	113	63	1	1	1	
12	145	54	1	1	5	
13	94	22	1	1	2	Обломки
14	315	36	1	1	5	
15	213	17	1	1	1	
16	72	36	1	1	1	Обломки
17	129	74	1	1	1	Обломки
18	24	38	1	1	5	г/оFe
19	96	64	1	1	1	
20	82	31	1	1	2	Обломки
21	63	44	1	1	2	г/оFe
22	58	39	1	1	3	г/оFe
23	96	66	1	1	1	
24	91	57	1	1	1	
25	57	41	1	1	3	г/оFe
26	112	67	1	1	2	
27	73	4	1	1	2	
28	69	8	1	1	1	г/оFe
29	132	77	1	1	5	
30	78	53	1	1	1	г/оFe
31	87	44	1	1	5	
32	73	47	1	1	1	г/оFe
33	76	72	1	1	2	г/оFe
34	59	47	1	1	2	
35	64	58	1	1	3	г/оFe
36	52	47	1	1	1	
37	112	3	1	1	3	г/оFe
38	224	69	1	1	2	Обломки
39	108	45	1	1	2	Обломки
40	114	54	2	2	2	Обломки
41	120	34	2	2	2	Обломки
42	144	58	2	2	1	
43	335	81	1	1	2	г/оFe
44	121	66	1	1	2	г/оFe
45	18	66	1	1	2	Обломки
46	254	69	1	1	1	
47	247	69	2	1	1	
48	4	76	1	1	2	
49	134	37	1	1	2	Обломки

50	348	74	2	1	2	Обломки
51	155	76	1	1	2	Обломки
52	75	34	1	1	4	Обломки,Кварц
53	87	47	1	1	4	Обломки,Кварц
54	323	69	1	1	2	Обломки,Кварц
55	338	74	1	1	2	Обломки
56	279	26	1	1	1	
57	198	69	2	1	3	Обломки
58	297	37	1	1	1	
59	154	59	2	2	2	Обломки
60	323	58	1	1	3	г/оFe,Обломки
61	28	34	2	1	1	
62	126	61	1	1	1	
63	173	54	1	1	3	Обломки
64	154	49	1	1	1	
65	282	66	1	1	2	
66	69	26	1	1	2	Обломки
67	313	28	1	1	2	Обломки
68	233	66	1	1	2	Обломки
69	152	39	1	1	1	Обломки
70	306	61	1	1	3	Обломки
71	182	64	1	1	2	г/оFe
72	317	68	1	1	4	кварц
73	29	56	1	1	2	Обломки
74	132	56	1	1	2	Обломки
75	172	31	1	1	5	
76	136	19	1	2	2	г/оFe
77	131	57	1	1	1	
78	104	51	1	2	1	
79	128	43	1	1	3	Обломки
80	68	82	1	1	2	г/оFe
81	72	84	1	1	2	
82	215	56	1	1	5	
83	242	23	1	1	2	
84	115	24	1	1	2	г/оFe
85	74	58	1	2	2	
86	119	16	1	1	5	
87	83	69	1	1	3	г/оFe
88	116	56	1	1	5	г/оFe
89	187	62	1	1	2	г/оFe
90	118	33	1	2	5	
91	108	14	1	1	1	
92	129	28	1	1	1	
93	86	72	1	1	5	г/оFe
94	74	86	1	1	5	
95	133	74	1	1	5	
96	137	6	1	2	1	г/оFe
97	146	74	1	2	5	г/оFe
98	137	42	1	1	2	г/оFe

99	62	54	1	2	5	г/оFe
100	98	6	1	1	3	г/оFe
101	79	86	1	1	3	г/оFe
102	206	87	1	2	1	г/оFe
103	105	13	1	1	2	г/оFe
104	137	42	1	1	2	Обломки
105	143	9	1	1	1	г/оFe
106	223	12	1	1	2	г/оFe
107	82	43	1	1	2	г/оFe
108	46	81	1	2	5	
109	146	19	1	1	2	Обломки
110	206	4	1	1	3	
111	193	64	1	1	5	г/оFe
112	219	67	1	1	2	Обломки
113	236	74	1	1	2	Обломки
114	113	57	1	1	1	
115	38	33	1	1	1	
116	47	64	1	1	2	Обломки
117	105	56	1	1	1	
118	103	46	1	1	1	
119	49	44	1	1	1	г/оFe
120	113	74	1	1	2	Обломки
121	235	48	1	1	1	
122	127	48	1	1	1	
123	261	65	1	1	2	Обломки
124	112	76	1	1	1	
125	91	64	1	1	1	
126	114	72	1	1	2	Обломки
127	241	63	1	1	1	
128	117	51	1	1	2	Обломки
129	23	40	1	1	2	г/оFe,Обломки
130	157	50	1	1	2	Обломки
131	108	61	1	1	1	Обломки
132	87	61	1	1	2	Обломки
133	74	22	1	1	2	Обломки
134	48	46	1	1	2	Обломки
135	187	44	1	1	1	
136	22	8	1	1	2	Обломки
137	219	78	1	1	1	
138	282	46	1	1	2	Обломки
139	58	79	1	1	1	
140	224	81	1	1	1	
141	330	70	1	2	2	Обломки
142	86	76	1	1	2	Обломки
143	242	43	1	1	2	Обломки
144	214	59	1	1	2	Обломки
145	194	71	1	2	4	Обломки
146	161	53	1	2	2	Обломки
147	25	29	1	2	4	Обломки

148	44	50	1	1	3	Обломки
149	56	73	1	2	1	кварц
150	183	46	1	1	5	кварц
151	148	33	1	1	1	
152	214	31	1	1	5	г/оFe,Кварц
153	257	10	1	1	2	
154	178	68	1	1	1	
155	98	52	1	1	5	
156	244	83	1	1	1	
157	237	4	1	1	1	кварц
158	159	68	1	1	1	
159	249	43	1	2	5	кварц
160	184	49	1	1	1	
161	274	47	1	2	1	
162	208	83	1	2	1	
163	232	15	1	1	2	
164	237	38	1	2	1	
165	183	46	1	1	2	
166	173	59	1	2	2	кварц
167	283	4	1	1	2	Обломки
168	259	16	1	1	3	
169	246	23	1	1	5	
170	192	73	1	2	2	г/оFe,Кварц
171	183	51	1	1	2	
172	125	47	1	1	5	
173	213	84	1	2	5	
174	153	37	1	1	1	г/оFe
175	122	5	1	1	1	
176	202	32	1	1	5	
177	188	62	1	1	2	Обломки
178	113	71	1	1	2	г/оFe,Обломки
179	196	14	1	1	5	
180	204	76	1	1	1	
181	216	78	1	1	1	г/оFe,Кварц
182	214	4	1	1	2	кварц
183	223	26	1	1	2	
184	148	64	1	1	2	кварц
185	243	76	1	1	2	Обломки,Кварц
186	210	81	1	2	3	Обломки
187	128	57	1	1	1	
188	312	38	1	2	1	
189	32	41	1	1	1	
190	304	38	1	2	3	Обломки
191	298	46	1	1	1	
192	299	51	1	1	1	
193	45	61	1	1	4	Обломки
194	300	49	1	1	1	
195	219	72	1	2	1	
196	52	8	1	1	1	

197	193	33	1	1	1	
198	218	81	1	2	4	Обломки,кпш
199	204	72	1	1	2	Обломки,кпш,г/oFe
200	28	47	1	1	3	Обломки
201	62	77	1	1	1	
202	155	56	1	1	3	Обломки
203	308	28	1	1	3	кпш,Кварц
204	33	7	1	1	2	Обломки
205	228	76	1	1	2	Обломки
206	217	74	1	1	2	Обломки
207	63	77	1	1	1	
208	216	43	1	1	2	Обломки
209	196	42	1	1	2	Обломки
210	246	51	1	1	1	
211	232	67	1	1	2	Обломки
212	234	54	1	1	2	Обломки
213	139	17	1	1	4	Обломки
214	230	72	1	1	4	Обломки
215	231	82	1	1	2	Обломки
216	222	59	1	1	4	Обломки
217	221	47	1	1	3	Обломки
218	211	48	1	1	1	
219	264	72	1	1	1	
220	272	67	1	1	2	Обломки
221	251	29	1	1	1	
222	242	68	1	1	2	Обломки
223	216	41	1	1	1	
224	191	54	1	1	2	Обломки
225	79	12	1	2	5	
226	143	56	1	1	2	Обломки
227	76	82	1	1	1	
228	138	17	1	1	3	Обломки
229	118	81	1	1	2	г/oFe,Обломки
230	86	35	1	1	3	г/oFe,Обломки
231	132	44	1	1	1	
232	154	83	1	1	1	
233	132	66	1	1	2	Обломки
234	203	62	1	1	1	
235	152	31	1	1	2	Обломки
236	87	86	1	2	2	кварц
237	156	11	1	1	1	
238	214	63	1	1	2	Обломки
239	87	66	1	1	3	Обломки
240	94	78	1	1	1	
241	98	77	1	1	1	
242	152	22	1	1	1	
243	107	82	1	1	5	
244	87	66	1	1	2	г/oFe,Обломки
245	179	76	1	1	2	Обломки

246	134	87	1	1	1	
247	106	54	1	1	2	Обломки
248	78	57	1	1	1	
249	142	39	1	1	2	Обломки
250	186	76	1	1	1	
251	187	49	1	1	2	г/оFe,Обломки
252	69	32	1	1	1	
253	72	26	1	1	2	Обломки
254	86	33	1	1	1	
255	52	14	1	1	1	
256	97	9	1	1	2	Обломки
257	73	26	1	1	1	
258	56	7	1	1	1	
259	32	3	1	1	2	Обломки
260	24	29	1	1	5	
261	297	62	1	1	1	г/оFe
262	292	59	1	1	1	г/оFe
263	351	76	2	1	2	г/оFe
264	304	79	1	1	1	
265	279	84	1	1	2	Обломки
266	353	31	1	1	1	г/оFe
267	10	20	1	1	1	
268	323	7	1	1	1	
269	244	67	1	1	2	Обломки
270	243	60	1	1	2	Обломки
271	64	27	1	1	1	
272	163	84	1	1	2	Обломки
273	225	30	1	1	5	
274	123	53	1	1	2	Обломки
275	141	46	1	1	3	Обломки
276	139	46	1	1	3	Обломки
277	3	28	1	1	5	кварц
278	294	76	1	1	1	
279	4	29	1	1	1	г/оFe
280	288	61	1	1	2	Обломки
281	12	86	1	1	2	Обломки
282	355	84	1	1	1	
283	284	60	1	1	2	Обломки
284	357	32	1	1	1	
285	334	83	1	1	1	
286	301	48	1	1	1	
287	217	62	1	1	2	Обломки
288	176	27	1	1	1	
289	290	44	1	1	1	
290	308	49	1	2	1	г/оFe,Кварц
291	297	45	1	1	1	г/оFe
292	5	37	1	1	2	г/оFe,Обломки
293	198	54	1	1	2	г/оFe
294	242	57	1	1	2	Обломки

295	207	59	1	1	2	Обломки
296	302	61	1	1	1	

Станция 9

Согласно геологической карте, породы относятся к габбро конгорского комплекса. Однако от габбро, залегающих ближе к контакту с палеоконтинентальными образованиями ханмейхойской свиты, они отличаются визуально более светлой окраской и единичными крупными (до 2-3 мм) зернами кварца.

Станция находится на левом берегу р. М. Ханмей в начале крупного изгиба ее русла на расстоянии 2,2 км от слияния с р. Евъюган вниз по р. М. Ханмей.

Данные породы сменяют серпентиниты и габбро в направлении от контакта с ханмейхойской свитой и обнажаются в 600 м от протрузии серпентинитов в обоих берегах р. М. Ханмей.

№№ пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	64	56	1	1	5	
2	49	41	1	1	1	
3	135	59	1	1	5	
4	327	84	1	1	2	Обломки
5	44	63	1	2	1	
6	351	72	1	2	1	
7	17	84	1	1	1	
8	27	88	1	1	2	Обломки
9	49	74	1	2	3	Обломки
10	42	89	1	2	2	Обломки
11	47	36	1	1	5	
12	54	34	1	1	1	
13	356	66	1	2	2	Обломки
14	86	57	1	1	1	
15	24	64	1	1	1	
16	326	47	1	2	3	Обломки
17	205	48	1	1	5	
18	177	71	1	2	5	
19	262	68	1	1	5	
20	29	26	1	2	2	Обломки
21	337	84	1	2	1	
22	34	86	1	2	3	Обломки
23	49	53	1	1	5	
24	67	56	1	1	3	Обломки
25	117	34	1	1	5	
26	112	73	1	1	1	
27	8	82	1	1	5	
28	43	28	1	1	2	Обломки
29	62	87	1	1	1	
30	54	3	1	2	2	Обломки
31	3	84	1	1	1	
32	36	71	1	1	1	Обломки
33	64	39	1	1	3	
34	43	84	1	1	5	
35	12	54	1	1	1	
36	117	61	1	1	1	

37	78	81	1	1	1	
38	97	34	1	1	1	
39	124	24	1	1	2	Обломки
40	178	73	1	1	2	Обломки
41	173	19	1	1	2	Обломки
42	126	26	2	1	2	Обломки
43	263	61	1	1	1	
44	272	47	1	1	2	Обломки
45	159	62	1	1	2	Обломки
46	346	84	1	1	4	Обломки
47	45	24	1	1	1	Обломки
48	68	14	1	1	2	Обломки
49	257	18	1	1	2	Обломки
50	121	48	1	1	1	
51	185	76	1	1	1	
52	110	38	1	1	2	Обломки
53	136	50	1	1	1	
54	1	63	1	1	2	Обломки
55	236	51	1	1	1	
56	152	72	1	2	3	
57	74	85	1	2	5	
58	118	48	1	1	1	
59	129	34	1	2	3	Обломки
60	356	72	1	1	1	
61	238	76	1	1	1	
62	98	28	2	2	2	Обломки,Эпидот
63	151	81	1	1	2	Обломки
64	254	28	1	1	3	Обломки
65	278	17	1	1	1	
66	138	44	1	1	2	Обломки
67	122	4	1	1	2	Обломки
68	164	49	1	1	2	Обломки
69	261	76	1	1	1	
70	316	73	1	1	2	
71	327	74	1	2	1	
72	152	81	1	1	1	
73	184	74	1	2	4	
74	46	57	1	2	2	Обломки
75	124	29	1	1	2	Обломки
76	244	86	1	1	1	
77	92	64	1	1	1	
78	133	67	1	1	5	
79	142	29	1	1	5	
80	116	74	1	1	5	
81	59	45	1	1	2	Обломки
82	23	47	1	1	1	
83	52	83	1	1	1	
84	187	83	1	1	2	Обломки
85	93	71	1	1	5	
86	23	47	1	1	3	Обломки
87	86	29	1	1	2	Обломки
88	113	73	1	1	2	Обломки
89	138	64	1	1	2	Обломки
90	156	24	1	1	3	Обломки
91	87	33	1	2	2	Обломки
92	64	67	1	2	1	
93	73	58	1	1	2	

94	136	31	1	2	3	
95	122	76	1	1	2	
96	104	22	1	1	1	
97	118	62	1	1	5	
98	103	12	1	2	2	Обломки
99	78	37	1	1	2	Обломки
100	93	27	1	2	3	Обломки
101	134	46	1	1	1	
102	116	42	1	1	1	
103	102	43	1	1	2	Обломки
104	136	17	1	1	2	Обломки
105	97	27	1	1	2	Обломки
106	22	76	2	1	5	
107	15	42	1	1	1	
108	153	82	1	1	5	
109	316	67	1	1	2	Обломки
110	22	64	1	1	2	Обломки
111	127	71	1	1	1	
112	107	28	2	1	1	
113	86	24	1	2	1	
114	123	31	1	1	2	
115	157	52	1	1	2	
116	279	54	1	1	1	
117	28	64	1	1	1	
118	49	67	1	1	4	
119	111	39	1	1	2	
120	44	53	1	1	1	
121	41	59	1	1	2	
122	138	32	1	1	5	
123	140	39	1	1	1	
124	47	83	1	1	1	
125	351	47	1	1	2	Обломки
126	285	49	1	1	1	
127	301	43	2	1	1	
128	153	31	2	1	2	
129	24	51	2	1	1	
130	296	45	1	1	1	
131	46	37	1	2	3	Обломки
132	33	37	1	1	1	
133	54	64	1	1	2	Обломки
134	316	23	1	1	2	
135	118	38	1	1	2	
136	128	32	1	1	2	Обломки
137	152	81	1	2	2	Обломки
138	58	71	1	2	4	Обломки
139	134	29	2	1	2	Обломки
140	127	61	2	1	2	Обломки
141	287	31	1	1	5	
142	178	69	1	2	1	
143	66	67	2	1	2	Обломки
144	58	57	2	1	1	
145	124	74	1	1	1	
146	51	55	2	1	2	Обломки
147	243	69	2	1	5	
148	238	61	2	1	1	
149	231	64	2	1	1	
150	129	46	2	1	1	

151	289	34	2	1	1	
152	156	27	1	1	1	
153	122	21	1	1	2	Обломки
154	133	46	1	1	1	
155	97	53	1	1	2	Обломки
156	16	4	1	1	2	Обломки
157	73	28	1	1	1	
158	207	52	1	2	1	
159	237	38	1	2	5	
160	178	9	1	1	1	
161	63	14	1	1	2	Обломки
162	182	46	1	1	1	
163	27	48	2	1	5	
164	146	43	1	2	2	Обломки
165	138	46	1	2	1	
166	97	12	1	1	2	Обломки
167	62	56	1	2	2	Обломки
168	34	68	1	1	1	
169	47	64	1	1	2	Обломки
170	78	63	1	1	1	
171	47	61	1	2	1	
172	57	29	1	2	2	Обломки
173	23	46	1	2	2	Обломки
174	73	42	1	1	1	
175	123	49	1	2	5	
176	103	51	1	1	2	Обломки
177	97	23	1	1	1	
178	137	49	1	1	2	
179	101	7	1	1	1	
180	72	50	1	1	2	Обломки,Эпидот
181	43	27	1	1	3	Обломки
182	178	1	1	1	1	
183	183	34	1	1	1	
184	94	71	1	2	2	Обломки
185	105	68	1	1	2	Обломки
186	64	81	1	1	1	
187	147	68	1	1	2	
188	92	47	2	1	1	
189	89	6	2	2	1	
190	82	41	1	1	5	
191	71	31	1	2	3	Обломки
192	168	72	1	1	1	
193	152	74	1	1	1	
194	225	53	1	1	1	
195	253	44	1	1	5	
196	234	56	2	1	5	
197	232	64	2	1	1	
198	235	59	2	1	1	
199	236	62	2	1	1	
200	292	36	1	1	1	Эпидот
201	117	37	2	1	1	
202	212	64	2	1	1	
203	300	47	2	1	2	кпш
204	326	84	1	1	2	Обломки
205	47	48	1	1	2	Обломки
206	81	32	1	1	2	Обломки
207	91	23	2	1	2	Обломки

208	156	74	2	1	2	Обломки
209	166	76	2	1	1	
210	37	65	1	1	2	Обломки
211	67	74	1	2	3	
212	159	76	1	2	2	Обломки
213	44	65	1	1	4	Обломки
214	154	81	2	1	1	
215	159	71	2	2	2	Обломки
216	221	80	2	1	1	
217	129	73	1	2	2	Обломки
218	124	76	2	1	2	Обломки
219	156	59	1	1	1	
220	68	40	1	2	1	
221	148	62	1	1	2	Обломки
222	168	58	1	1	3	Обломки
223	136	34	1	1	2	Обломки
224	163	57	1	1	1	
225	319	56	1	1	2	Обломки
226	91	3	1	1	2	Обломки
227	310	56	2	1	1	
228	238	66	1	1	1	
229	176	43	2	1	5	
230	143	62	1	1	2	Обломки
231	103	72	1	1	2	Обломки
232	94	7	1	1	1	
233	87	86	2	1	2	Обломки
234	116	61	1	1	2	Обломки
235	107	64	1	1	1	
236	157	16	1	1	3	Обломки
237	79	64	1	2	5	
238	157	66	1	1	1	
239	101	84	1	1	2	Обломки
240	182	69	1	1	2	Обломки
241	76	54	1	1	3	Обломки
242	82	34	1	1	1	
243	83	56	1	1	1	
244	179	26	1	1	1	
245	182	74	1	1	5	
246	113	36	1	1	2	Обломки
247	94	88	1	1	5	
248	67	53	2	1	5	
249	126	48	1	1	2	Обломки
250	113	62	1	1	5	
251	156	3	1	1	2	Обломки
252	96	87	1	1	1	
253	133	8	1	1	1	
254	97	71	1	1	1	
255	74	53	1	1	2	Обломки
256	156	53	1	1	1	
257	133	7	1	1	1	
258	126	31	1	1	2	Обломки
259	147	81	1	1	2	Обломки
260	86	68	1	1	1	
261	196	2	1	1	2	Обломки
262	93	11	1	1	1	
263	133	27	1	1	5	
264	83	82	1	1	1	

265	157	49	1	1	2	Обломки
266	63	78	1	1	5	
267	192	74	1	1	2	Обломки
268	176	46	1	1	1	
269	183	54	2	1	2	Обломки
270	72	36	1	1	1	
271	329	49	1	1	1	
272	49	54	2	1	1	
273	24	39	2	1	2	Обломки
274	23	53	1	1	1	
275	141	42	1	1	1	
276	99	63	1	1	2	Обломки
277	314	60	2	1	1	
278	241	69	2	1	2	Эпидот
279	233	78	2	1	2	Эпидот
280	66	63	1	1	1	
281	310	69	2	1	2	
282	313	66	2	1	1	
283	324	64	2	1	2	
284	311	58	1	1	1	
285	69	48	1	1	3	Обломки
286	302	71	1	1	1	
287	66	24	1	1	2	Обломки,Эпидот
288	64	61	1	1	2	Обломки
289	227	80	1	1	2	Кварц
290	49	44	1	1	2	Обломки
291	57	32	1	1	2	
292	157	46	1	1	1	
293	216	61	1	1	2	Обломки
294	33	24	1	1	1	Эпидот
295	246	46	1	1	2	Обломки
296	28	26	1	1	2	Кварц
297	358	79	2	1	2	Кварц
298	198	65	1	1	2	Кварц
299	200	50	1	2	2	Обломки
300	166	44	1	2	3	Обломки

Станция 10

В правобережье руч. Ханмейшор между вершинами с отметкой 204,4 и 237,4 м, находится вершина с рядом коренных скальных выходов, показанных на карте как габбро конгорского комплекса.

Породы светло-зеленого цвета, сложены плагиоклазом и хлоритом, среднезернистые, рассланцованные и смятые в складки.

Среди них находятся дайки базальтов порфировой структуры, миндалекаменной текстуры. Порфировые вкрапленники представлены плагиоклазом и пироксеном, в миндалинах предположительно плагиоклаз. Контакты базальтов горячие, форма тел, по-видимому, дайковая.

Замеры трещин выполнены в светло-зеленых «габбро», возможно, метасоматитах, в западном крыле относительно крупной антиклинальной складки.

№№пп	Аз. падения	Угол пад.	Форма	Длина	Мощность	Минер. заполнение
1	79	81	1	2	3	Обломки
2	98	77	1	2	3	Обломки
3	68	74	1	2	3	Обломки
4	332	52	1	1	4	Обломки
5	343	84	1	1	2	Обломки
6	358	79	2	1	2	Обломки
7	338	72	1	1	2	Обломки
8	153	66	1	2	2	Обломки
9	73	63	1	1	2	Обломки
10	354	64	1	2	2	Обломки
11	97	76	1	2	4	Обломки
12	342	88	1	1	2	Обломки
13	192	84	1	1	2	Обломки
14	166	57	1	1	2	Обломки
15	66	74	1	1	2	Обломки
16	71	76	1	1	1	
17	324	84	1	1	2	Обломки
18	74	83	1	1	2	Обломки
19	56	80	1	1	2	Обломки
20	294	46	1	1	2	Обломки
21	222	54	1	1	2	Обломки
22	188	56	1	1	2	Обломки
23	136	55	1	1	2	Обломки
24	86	73	1	2	2	Обломки
25	91	76	1	1	1	
26	86	73	1	2	3	Обломки
27	106	38	1	1	2	Обломки
28	117	84	2	1	1	
29	170	12	1	1	2	Обломки
30	86	77	1	1	1	
31	210	74	1	2	2	Обломки
32	43	84	1	1	2	Обломки
33	71	62	1	1	2	Обломки
34	348	52	2	1	5	
35	342	69	1	2	2	Обломки
36	149	17	1	1	2	Обломки
37	162	24	1	1	2	Обломки
38	68	70	1	1	2	Обломки
39	284	15	1	1	2	Обломки
40	292	54	1	1	5	
41	168	59	1	1	5	
42	198	62	1	1	2	Обломки
43	124	51	1	1	2	Обломки

44	112	61	1	1	12	
45	59	66	1	1	2	Обломки
46	117	64	1	2	3	Обломки
47	212	47	1	1	2	Обломки
48	202	21	1	1	5	
49	119	62	1	1	1	
50	124	2	1	1	2	Обломки
51	231	49	1	2	1	
52	105	69	1	1	1	
53	137	62	1	1	5	
54	152	57	1	1	1	
55	137	32	1	1	2	
56	174	73	1	1	2	Обломки
57	126	12	1	1	1	Обломки
58	97	17	1	1	2	Обломки
59	162	68	1	1	2	Обломки
60	64	1	1	1	2	Обломки
61	128	60	1	1	2	Обломки
62	138	63	1	1	2	Обломки
63	184	19	1	1	5	
64	138	76	1	1	5	
65	122	71	1	1	5	
66	65	63	1	1	5	
67	96	82	1	1	2	Обломки
68	108	84	1	1	2	Обломки
69	173	24	1	1	2	Обломки
70	138	73	1	1	2	Обломки
71	142	26	1	1	3	Обломки
72	149	34	1	1	2	Обломки
73	142	67	1	1	1	
74	64	27	1	1	2	Обломки
75	72	36	1	1	1	
76	87	46	1	1	2	Обломки
77	88	56	1	1	2	Обломки
78	92	74	1	1	2	Обломки
79	113	77	1	1	3	Обломки
80	137	66	1	1	2	Обломки
81	292	59	1	1	2	Обломки
82	121	74	1	1	2	Обломки
83	112	72	1	1	2	Обломки
84	117	62	1	2	2	Обломки
85	118	61	1	1	2	Обломки
86	113	38	1	1	2	Обломки
87	115	72	1	1	1	Обломки
88	131	61	1	1	2	Обломки
89	118	54	1	2	2	Обломки

90	15	64	1	1	1	
91	114	71	1	1	2	Обломки
92	116	64	1	1	2	Обломки
93	121	69	1	1	2	Обломки
94	103	78	2	1	2	Обломки
95	115	62	2	1	2	Обломки
96	128	57	2	1	2	Обломки
97	52	31	1	1	1	
98	121	63	1	1	4	Обломки
99	102	87	1	1	4	Обломки
100	332	72	2	1	2	Обломки
101	335	81	1	1	2	Обломки
102	96	51	1	1	2	Обломки
103	143	49	1	1	2	Обломки
104	157	60	2	1	5	
105	107	61	1	2	2	Обломки
106	194	25	1	1	2	Обломки
107	99	79	1	1	2	Обломки
108	159	77	2	1	2	Обломки
109	10	62	1	1	1	
110	105	54	1	1	2	Обломки
111	152	76	2	1	2	Обломки
112	157	61	2	1	1	
113	143	58	2	1	1	
114	161	72	2	1	1	
115	110	70	1	1	5	
116	110	80	1	1	5	
117	110	76	1	1	1	
118	170	66	1	1	5	
119	338	72	1	1	2	
120	212	64	1	1	2	Обломки
121	248	72	1	1	2	Обломки
122	202	16	1	1	3	
123	214	21	1	2	5	
124	232	76	1	1	2	Обломки
125	196	52	1	1	2	Обломки
126	156	58	1	1	2	Обломки
127	178	36	1	1	2	Обломки
128	207	55	1	1	5	
129	224	46	1	1	5	
130	342	79	1	1	5	
131	222	43	1	2	2	Обломки
132	197	48	1	1	1	
133	203	42	1	1	2	
134	273	62	1	1	1	
135	282	63	1	1	1	

136	216	33	1	1	5	
137	273	71	1	1	2	Обломки
138	246	58	1	1	1	
139	212	57	1	1	5	
140	187	28	1	1	5	
141	262	78	1	1	5	
142	203	76	1	1	5	Обломки
143	134	82	1	1	2	Обломки
144	197	67	1	1	2	
145	139	68	1	1	5	
146	172	37	1	2	5	
147	146	55	1	1	5	
148	122	37	1	1	1	
149	82	66	1	1	1	
150	177	63	1	2	5	
151	136	64	1	1	2	Обломки
152	227	61	1	1	5	
153	86	2	1	1	2	Обломки
154	47	52	1	1	1	
155	117	64	1	1	2	Обломки
156	138	62	1	1	2	Обломки
157	173	42	1	1	5	
158	183	76	1	1	1	
159	164	19	1	1	2	Обломки
160	162	65	1	1	5	
161	156	72	1	1	2	Обломки
162	138	57	1	1	5	
163	322	84	1	1	5	
164	108	62	1	1	2	Обломки
165	137	59	1	1	2	Обломки
166	135	12	1	1	2	Обломки
167	174	58	1	1	5	
168	192	53	2	1	2	
169	252	47	2	1	1	
170	152	27	1	1	1	
171	178	63	1	1	2	Обломки
172	125	73	1	1	1	
173	273	87	1	1	2	Обломки
174	172	86	2	1	5	
175	100	82	2	1	5	
176	104	15	1	1	1	
177	10	29	1	1	5	
178	338	34	1	1	5	
179	158	12	1	1	2	Обломки
180	142	63	1	1	5	
181	92	33	2	1	2	Обломки

182	76	52	2	1	2	Обломки
183	153	72	1	1	1	
184	29	46	1	1	2	Обломки
185	148	47	1	1	2	Обломки
186	44	62	1	1	2	Обломки
187	53	54	2	1	1	Обломки
188	103	82	1	1	5	
189	356	58	1	1	2	Обломки
190	64	52	1	1	1	
191	189	80	1	1	1	
192	96	5	1	1	1	
193	335	32	1	1	2	Обломки
194	62	8	1	1	3	Обломки
195	56	68	1	1	1	
196	169	56	2	1	5	
197	139	48	2	1	5	
198	76	78	1	1	2	Обломки
199	286	29	1	1	1	
200	283	72	1	1	1	
201	267	50	1	1	5	
202	122	14	1	1	2	Обломки
203	17	73	1	1	5	
204	132	6	1	1	2	Обломки
205	64	23	1	1	2	Обломки
206	97	82	1	1	1	
207	146	11	1	1	1	
208	93	61	1	1	3	Обломки
209	103	16	1	1	5	
210	126	64	1	1	2	Обломки
211	33	13	1	1	2	Обломки
212	27	8	1	1	2	Обломки
213	78	29	1	1	1	
214	86	17	2	1	1	Обломки
215	77	13	2	1	1	
216	92	67	1	1	2	Обломки
217	56	23	1	2	2	Обломки
218	186	18	1	2	2	Обломки
219	97	18	1	1	5	Обломки
220	97	3	1	1	2	Обломки
221	73	12	1	1	2	Обломки
222	92	26	1	1	2	Обломки
223	58	51	1	1	5	
224	48	22	1	1	1	
225	272	48	2	1	5	
226	261	25	2	1	5	
227	112	36	1	1	2	Обломки

228	118	6	1	1	2	Обломки
229	108	73	1	2	2	Обломки
230	294	64	1	1	1	
231	146	24	1	1	2	Обломки
232	20	58	1	1	2	Обломки
233	147	83	1	2	2	Обломки
234	358	67	1	1	2	Обломки
235	256	68	1	1	2	Обломки
236	68	77	2	2	4	Обломки
237	192	87	2	1	3	Обломки
238	67	79	1	1	2	Обломки
239	28	52	1	2	4	Обломки
240	148	31	1	1	1	
241	8	48	1	1	2	Обломки
242	358	73	1	1	1	
243	228	43	2	1	2	Обломки
244	67	76	1	2	4	Обломки
245	164	46	1	1	2	
246	212	24	2	1	1	
247	351	77	1	1	1	
248	308	14	1	1	1	
249	177	83	1	1	2	
250	156	49	2	1	2	
251	181	61	2	1	1	
252	98	86	1	2	4	Обломки
253	292	30	1	1	1	
254	10	9	1	1	1	
255	1	68	1	2	2	Обломки
256	144	61	2	1	2	Обломки
257	236	47	2	1	1	
258	8	66	2	1	2	Обломки
259	89	68	1	1	2	Обломки
260	162	86	1	1	2	Обломки
261	171	87	1	1	2	Обломки
262	167	64	1	1	2	Обломки
263	171	79	1	1	3	Обломки
264	170	79	1	1	4	
265	180	39	1	1	3	Обломки
266	138	74	1	2	2	Обломки
267	163	21	2	1	1	
268	298	20	2	1	1	
269	185	61	2	1	1	
270	50	52	1	1	1	
271	186	58	2	1	1	
272	138	73	2	1	2	Обломки
273	94	33	1	1	2	Обломки

274	75	84	1	1	3	Обломки
275	258	84	1	1	3	Обломки
276	3	13	1	1	1	
277	88	81	1	1	1	
278	246	47	1	1	2	Обломки
279	274	75	2	2	3	Обломки
280	355	48	1	1	1	
281	10	45	1	1	2	Обломки
282	267	38	2	1	2	Обломки
283	217	40	2	1	2	Обломки
284	92	83	2	1	2	Обломки
285	118	42	2	1	1	
286	273	71	1	2	2	Обломки
287	87	72	1	1	1	
288	86	79	1	1	1	
289	90	76	1	2	3	Обломки
290	46	62	2	1	2	Обломки
291	106	51	1	1	2	Обломки
292	105	81	2	1	2	КПШ
293	132	83	1	1	2	
294	348	81	1	1	3	Обломки,КПШ
295	346	78	2	1	1	
296	240	69	2	1	1	КПШ
297	101	72	1	2	2	Обломки
298	358	63	1	1	3	Обломки
299	110	68	1	1	2	Обломки
300	118	72	1	2	2	Обломки

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Тема	Название
	Введение
1	Обоснование и геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов
2	Геологическое картирование в пределах рудных полей как основа прогноза и поисков
3	Структурные элементы рудных полей и месторождений
4	Методы прогнозно-поисковых исследований рудных полей
	Заключение
	Библиографический список

Введение

Прогнозно-поисковые работы в пределах рудных полей, в отличие от региональных исследований, имеют следующие особенности: 1) локальный масштаб объектов прогнозирования и поисков, 2) значительно большая плотность сети наблюдений, 3) специфические методы прогнозных построений.

На первой стадии ГРР при региональном геологическом изучении недр и прогнозировании полезных ископаемых объектами прогноза являются рудные районы, узлы, зоны, на второй стадии при поисках – рудные поля и рудные тела. Разведка проводится в пределах отдельных частей рудных тел, предназначенных для первоочередной разработки. При эксплуатационной разведке прогнозируется распределение в пространстве *качественно разнородных участков рудных тел* – наиболее богатых (рудных столбов, лент и пр.) и, наоборот, обедненных.

Плотность наблюдений отличается *максимальной частотой* по сравнению с другими стадиями. Так эксплуатационной разведке, как правило, соответствует расстояние между разведочными выработками первые десятки метров.

Методика локального прогнозирования достаточно специфична и ориентируется на генетический тип изучаемой минерализации. Однако информационной базой для прогноза во всех случаях является *локальное геологическое картирование* во всех его видах – структурное, минералогическое, геохимическое, метасоматическое, технологическое и др. Соответственно, разработано большое количество как универсальных, так и достаточно специфических методов.

Прогнозно-поисковые работы приобретают особое значение при проведении эксплуатационной разведки месторождений. Задачи, решаемые геологической службой предприятия в процессе эксплуатационной разведки можно объединить в две основные группы: 1 – выявление и оценка новых запасов полезных ископаемых в пределах горного отвода, 2 – уточнение данных о разведанных запасах по мере их вскрытия, подготовки и эксплуатации. В основе решения перечисленных задач лежат детальные и локальные прогнозные построения.

Первая группа включает поиски и разведку новых рудных тел в пределах горного отвода, а также на флангах и глубоких горизонтах эксплуатируемых участков. До 1998 г. эти работы позиционировались как самостоятельная стадия ГРР – доразведка. В числе основных направлений собственно эксплуатационной разведки выделяется прогноз и планирование количества и качества полезного ископаемого. Эти работы служат основой для решения важнейшей задачи рудничной геологической службы – управления качеством продукции.

В теоретическом аспекте детальные прогнозно-поисковые исследования базируются на положениях учения о структурах рудных полей и месторождений. Учение о структурах рудных полей выделилось в самостоятельную научную дисциплину в 1935 году, когда его начал читать на геологоразведочном факультете Ташкентского университета А. В. Королев. До введения нового образовательного стандарта в 2013 году этот курс преподавался во всех геологических вузах страны. В нашем вузе его основоположником является П. А. Шехтман, ученик, последователь и соавтор А. В. Королева, заведовавший кафедрой Геологии МПИ в 1968-1977 гг. Содержание данного раздела основано на материалах П. А. Шехтмана [3, 5].

Тема 1. Обоснование и геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов

КАТЕГОРИИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ И МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ

Прогнозные ресурсы по степени обоснованности подразделяются на три категории: P_3, P_2 и P_1.

Ресурсы категории P_3 оцениваются по результатам региональных работ масштаба 1:200000, 1:500000 и 1:1000000. При более крупном масштабе исследований, и в частности при прогнозных и поисковых работах в пределах рудных полей, рассматриваются прогнозные ресурсы категорий P_2 и P_1.

Обоснование ресурсов категории P_2

Прогнозные ресурсы категории P_2 учитывают возможность обнаружения новых месторождений в пределах рудного поля или рудного узла как результата положительной оценки известных проявлений полезного ископаемого, а также геофизических и геохимических аномалий. Обязательным условием при этом является наличие единичных рудных подсечений буровыми скважинами или горными выработками.

Выделение ресурсов категории P_2 предполагает формирование геолого-структурной модели прогнозируемого объекта, включающей рудоконтролирующие структуры, вмещающие продуктивные толщи, представления о форме, размерах, условиях залегания, сложности геологического строения и качественных показателях оруденения. Оконтуривание ресурсов производится по естественным геологическим границам, установленным геологическим картированием, по данным опробования коренных обнажений, горных выработок и буровых скважин, контурам геофизических и геохимических аномалий с применением методов экстраполяции.

Для количественной оценки прогнозных ресурсов категории P_2 инструктивными материалами МПР РФ [8] предусматривается следующая последовательность действий:

- обосновать геолого-промышленный тип возможного месторождения;
- оконтурить по результатам геологических, геофизических, геохимических и других исследований перспективную площадь, которая отвечает потенциальному рудному полю;
- вскрыть в двух-трех профилях горными работами (канавы, траншеи, шурфы, расчистки) и (или) скважинами наиболее перспективные участки (аномалии) в их эпицентрах;
- заверить участки, перекрытые чехлом рыхлых отложений повышенной мощности, бурением в одном профиле в их эпицентре;
- определить количество полезного ископаемого по результатам опробования в естественных обнажениях, горных выработках, скважинах и лабораторных исследований;
- обосновать предполагаемые размеры, форму, мощность, условия и глубину залегания тел полезного ископаемого, приуроченность к определенным геологическим структурам.

Величина прогнозных ресурсов, как правило, подсчитывается прямыми методами с учетом способа и допустимой глубины его отработки. При этом широко применяется коэффициент рудоносности по мощности, протяженности и объему.

Допускается оценка прогнозных ресурсов категории P_2 на основании величины ресурсов категории P_3, выявленных для данного рудного узла или района – через долю в нем площади оцениваемого рудного поля с уменьшением ее в 2 раза. Оценка прогнозных ресурсов может быть проведена также по аналогии с объектами-эталонами путем расчета продуктивности (с использованием коэффициента подобия). Кроме того, ресурсы категории P_2 могут оцениваться по отдельным проявлениям и наиболее перспективным участкам.

Обоснование ресурсов категории P_1

Прогнозные ресурсы категории P_1 подвешиваются к запасам категории C_2 на флангах и на глубину, а также соответствуют потенциальным новым рудным телам рудопроявлений и месторождений.

Прогнозные построения выполняются на основе прогнозно-поисковых и морфометрических моделей рудных тел по результатам геологических, геофизических и геохимических исследований, имеющихся буровых скважин и горных выработок, а в пределах месторождений также путем экстраполяции данных, установленных на более изученной части объекта.

На новых объектах прогнозные ресурсы категории P_1 оцениваются согласно расчетным ожидаемым технико-экономическим параметрам или по утвержденным разведочным кондициям месторождения-аналога. При необходимости допускается корректировка кондиционных показателей с учетом географо-экономического положения и индивидуальных геологических особенностей проявления, динамики цен на минеральное сырье и производственных издержек.

Прогнозные ресурсы оцениваются укрупненными блоками по геометризованным телам полезного ископаемого последовательным определением их подсчетных параметров. При невозможности геометризации тел оценка выполняется статистически в обобщенном контуре с применением коэффициента рудоносности. В основу оценки принимаются данные, полученные в результате всех видов проведенных исследований.

Для оценки прогнозных ресурсов категории P_1 на новых объектах необходимо обосновать:

- геолого-промышленный тип ожидаемого месторождения;
- ориентировочные контуры тел полезного ископаемого с пространственной привязкой на картах (планах, разрезах);
- распространение полезного ископаемого на доступную для отработки глубину и предполагаемые горнотехнические и технологические условия освоения;
- предполагаемую группу по сложности геологического строения возможного месторождения (участка недр) в соответствии с Классификацией запасов и прогнозных ресурсов;
- необходимые подсчетные показатели, содержание основных и попутных полезных компонентов, среднее значение мощности, объемной массы и др.;
- достоверность исходной информации, включающей: инструментальную привязку точек наблюдения и опробования полезного ископаемого, инклинометрию буровых скважин, определение качества полезного ископаемого, проведение контроля качества аналитических работ;

- геолого-экономические параметры укрупненными расчетами, по аналогии с разведочными кондициями месторождения-аналога или другими существующими способами.

Границы прогнозных ресурсов категории P_1 геометризуются с помощью геологической экстраполяции данных всех выполненных работ, а также по результатам геолого-структурных, литолого-петрографических, минералого-геохимических, геоморфологических и других построений. Определение глубины оценки возможно по аналогии с более детально изученными телами на прогнозируемом объекте или с месторождениями того же геолого-промышленного типа в других районах. В качестве контура блока оценки прогнозных ресурсов принимается естественная граница тела полезного ископаемого или условная линия, внутри которой полезное ископаемое соответствует требованиям принятых оценочных параметров. При необходимости учитываются также предполагаемые технологические и морфологические различия, особенности распределения качества и целесообразность раздельного выделения прогнозных ресурсов для открытого и подземного способов разработки.

Основной способ геометризации прогнозных ресурсов категории P_1 – геологическими блоками, в качестве которых выступают отдельные рудные тела, их сближенные группы или крупные участки тел, методами горизонтальных или вертикальных сечений.

Параметры прогнозных ресурсов категории P_1 в геометризованном объеме устанавливаются по результатам геологической документации с использованием методов и приемов, применяемых при подсчете запасов категории C_2. Применение каких-либо повышающих или понижающих коэффициентов (за исключением коэффициента рудоносности) не рекомендуется.

Подсчет прогнозных ресурсов категории P_1 на новых объектах рекомендуется проводить в такой последовательности:

- на картах, разрезах и планах отражается геологическое строение рудного поля с выделением элементов, контролирующих размещение оруденения и тел полезного ископаемого;

- обосновываются оценочные параметры и метод определения количества прогнозных ресурсов;

- на графических приложениях – вертикальных, горизонтальных, продольных разрезах, проекциях выделенных рудных тел, согласно выбранному методу подсчета, оценочным параметрам, всем имеющимся данным, обоснованной глубине подсчета и методу экстраполяции отстраиваются контуры, определяются формы и размеры тел;

- по данным опробования горных выработок и скважин вычисляется среднее содержание полезного компонента (компонентов), мощность тела полезного ископаемого, объемная масса и другие параметры;

- определяется количество прогнозных ресурсов по каждому телу и суммарное по объекту.

На **разведанных и разведуемых** месторождениях прогнозные ресурсы категории P_1 выделяются согласно кондициям, утвержденным в установленном порядке. Рекомендуется предусматривать целесообразность раздельного выделения

ресурсов в зависимости от способа отработки и технологических типов полезного ископаемого.

Параметры прогнозных ресурсов устанавливаются на основании геологической экстраполяции результатов, полученных на том же месторождении при подсчете запасов, с учетом всех имеющихся данных о морфологии тел, минеральных, технологических типах и сортах полезного ископаемого, тенденций в изменении параметров на фланги и на глубину.

Подсчет прогнозных ресурсов на флангах и глубоких горизонтах месторождений рекомендуется проводить в такой последовательности:

- в пределах контура подсчитанных запасов анализируются данные по параметрам разведанных тел полезного ископаемого и геологическим факторам, обусловливающим особенности их изменения по латерали и вертикали; определяется минералого-геохимическая, метасоматическая, морфоструктурная (россыпи) и другие типы зональности, глубина эрозионного среза месторождения;

- анализируется геологическая структура, выделяются зоны, в разной степени благоприятные для локализации тел полезного ископаемого, производится дифференциация зон по минеральным и технологическим типам руд, морфологии тел полезного ископаемого;

- определяется возможная суммарная протяженность предполагаемых тел полезного ископаемого;

- рассчитываются средние показатели (содержание полезного компонента, мощность, объемная масса и т. д.) тел полезного ископаемого разной морфологии и качества;

- корректируются полученные средние показатели (уменьшаются или увеличиваются) с учетом подобия геологической обстановки нахождения и наличия фактических пересечений полезного ископаемого на флангах и глубоких горизонтах месторождения;

- экстраполируются средние показатели на возможную суммарную длину предполагаемых тел полезного ископаемого, подсчитывается общее количество полезного ископаемого на 1 м глубины с учетом технологических типов и морфологии тел полезного ископаемого;

- определяется возможная глубина распространения полезного ископаемого;

- подсчитываются прогнозные ресурсы на флангах и глубоких горизонтах месторождения;

- при установленном оруденении на продолжении блоков с подсчитанными запасами категории C_2 производится экстраполяция прогнозных ресурсов либо в виде подвески к блокам, либо геометризацией оруденения по имеющимся фактическим данным.

Укрупненная геолого-экономическая оценка объектов с прогнозными ресурсами

Количественная и качественная оценка прогнозных ресурсов проводится до глубин, доступных для эксплуатации при современном и возможном в ближайшей перспективе уровне техники и технологии разработки месторождений на основе ориентировочных технико-экономических расчетов [8].

Геолого-экономическую оценку прогнозируемых месторождений рекомендуется выполнять в нескольких вариантах с целью выбора оптимального с позиций экономической целесообразности, а также полноты использования сырьевой базы. Для оценки применяются, в основном, два метода – аналогии и прямого расчета в разных сочетаниях. Прямые расчеты базируются на нормативных или фактических стоимостных и эксплуатационных показателях и в чистом виде применяются на заключительном этапе изучения объекта, при подготовке ТЭО разведочных кондиций, тогда как метод аналогии применим практически на всех стадиях геологоразведочных работ.

Применение метода аналогии для геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов проводится двумя возможными приемами:

- подбором конкретного объекта-аналога;
- путем построения геолого-экономической модели-аналога.

Выбор месторождения-аналога, как правило, сложен из-за недостаточного количества подходящих апробированных объектов. Поэтому инструктивными материалами [8] рекомендуется использование геолого-экономических моделей на основе группировки месторождений по горно-геологическим и технологическим факторам с учетом географо-экономических условий территории. Расчет показателей модели-аналога осуществляется аналитическим или графоаналитическим способом с помощью формул или графиков. Такая схематическая оценка в целом соответствует степени изученности прогнозируемых объектов на уровне прогнозных ресурсов.

Рекомендуемые таблицы и формулы приводятся в материалах для практических занятий.

Методика геолого-экономического моделирования разработана в ЦНИГРИ и вошла в соответствующие методические руководства МПР РФ [8]. В ее основе лежит моделирование объектов оценки по геологическим, горнотехническим, технологическим и географо-экономическим факторам. Модель определяет основные характеристики прогнозируемого горно-обогатительного предприятия и необходимую для его функционирования инфраструктуру.

Исходными данными или главными факторами моделирования являются прогнозные ресурсы руды и полезных компонентов, морфология и условия залегания рудных тел и вещественный состав руд. Эти факторы определяют производственную мощность будущего предприятия, способ разработки и схему вскрытия потенциального месторождения.

Зависимость между величиной прогнозных ресурсов и экономически целесообразным сроком существования горного предприятия выражает известная формула Тэйлора, из которой выводится формула для определения производительность потенциального предприятия. Для объектов, входящих в сферу деятельности существующих горно-обогатительных предприятий, годовая производительность подбирается с учетом обеспеченности сырьем обогатительного комплекса.

Морфология и условия залегания рудных тел оказывают определяющее влияние на выбор способа разработки и схемы вскрытия месторождения. Группировка месторождений по этим параметрам также осуществляется по таблицам.

Определение ожидаемого коэффициента вскрыши при открытой разработке возможно либо графическим путем при достаточной изученности объекта, либо с привлечением корректного аналога. Экономически целесообразная глубина открытой разработки рассчитывается по специальной формуле.

Вещественный состав и технологические типы руд влияют на величину себестоимости обогащения руды при прочих равных условиях. Типизация объектов по этим параметрам также может быть осуществлена по специальным таблицам.

Совокупность горнотехнических и технологических факторов определяют состав предприятия. Самостоятельное горно-обогатительное предприятие (вариант А) включает, как правило, две промплощадки: рудника (карьера) и обогатительной фабрики с объектами вспомогательного и обслуживающего назначения. При этом, при отсутствии необходимых материалов (геологических и топографических планов объектов), делается допущение, что промплощадка ОФ находится в непосредственной близости от промплощадки рудника. Строительство вахтовых поселков предполагается, как правило, в слабоосвоенных районах.

В случае освоения группы месторождений с использованием районной обогатительной фабрики (вариант Б), количество промплощадок увеличивается в соответствие с количеством рудников.

При применении геотехнологий, например, кучного выщелачивания, в составе предприятия учитываются: промплощадка рудника с комплексом вспомогательных и обслуживающих объектов и площадка кучного выщелачивания с отделением дробления и приготовления реагентов.

Существенное различие в физико-географических условиях и уровне хозяйственной освоенности отдельных районов является причиной того, что параметры геолого-экономической оценки одной и той же модели имеют разные количественные значения в зависимости от местоположения оцениваемого объекта. При этом учитываются такие показатели, как наличие транспортных и энергетических коммуникаций, населенных пунктов, отраслевых предприятий, расстояние до входных баз и другие элементы общехозяйственной и промышленной инфраструктуры. Например, необходимость строительства вахтового поселка увеличивает объем капиталовложений в освоение объекта, в зависимости от мощности на 8-10%, строительство автодороги, в зависимости от протяженности, - до 60%.

К сложным географо-экономическим условиям относятся, прежде всего, локализация объектов исследования в труднодоступной местности и удаленность от транспортных и энергетических коммуникаций. При оценке прогнозных ресурсов черных, цветных и легирующих металлов необходимо учитывать наличие и доступность металлургических производств, как основных потребителей продуктов обогащения.

Существенное влияние на затратную часть проектов горно-обогатительных предприятий в сторону увеличения оказывают экологические и социально-демографические факторы. К их числу можно отнести наличие биосферных заповедников и иных охраняемых зон, сельхозугодья, а также факторы политико-административного характера. Необходимость учета этих факторов определяется по каждому конкретному объекту.

Для внедрения поправки на географо-экономические условия рекомендуется градация территорий по степени освоенности [1].

Параметры кондиций, используемые для подсчета запасов, представляют собой предельные значения натуральных показателей качества и технологических свойств полезного ископаемого, а также горно-технических условий его добычи, обеспечивающие экономически эффективную эксплуатацию.

В практике геолого-экономической оценки полный перечень параметров кондиций используется не всегда и изменяется в зависимости от степени изученности объекта. При оценке прогнозных ресурсов регламентированные параметры кондиций, утвержденные в установленном порядке ГКЗ (ТКЗ) Роснедра, применяются исключительно к ресурсам категорий P_1 и P_2 на флангах и глубоких горизонтах разведанных и эксплуатируемых месторождений.

На ранних стадиях ГРР большинство эксплуатационных показателей определяется на уровне типовых модельных значений. Что касается лимитирующих показателей, то в этом случае целесообразно ограничиться минимальным набором параметров, определение которых с достаточной степенью точности можно было бы осуществить на основе информации, получаемой по результатам этих работ. При этом в равной степени следует уделить внимание как общей оценке объектов, на основании которой делается вывод о целесообразности продолжения геологического изучения месторождений (рудопроявления), так и сравнительной – для выбора первоочередных объектов исследования.

В качестве параметра общей оценки для месторождений твердых полезных ископаемых целесообразно использовать минимальное промышленное содержание (минимальное среднее) полезного (условного основного) компонента по месторождению в целом, определяемое исходя из принципа равенства затрат в цикле «производство-реализация».

В качестве основных параметров сравнительной оценки рекомендуются ориентировочный уровень инвестиций и ожидаемая эффективность освоения (в среднем, на расчетный год). Эти параметры применимы ко всем видам твердых полезных ископаемых. Кроме перечисленных, для комплексных месторождений необходимо также учитывать коэффициенты для перевода содержания попутных компонентов в содержание условного основного компонента, в случае, если извлекаемая ценность каждого из них превышает 10% от суммарной.

При проведении геолого-экономической оценки, в первую очередь, необходимо определиться с номенклатурой профильной товарной продукции проектируемого горно-обогатительного предприятия и ценами на нее. Учитывая разнообразие товарной продукции для разных видов полезных ископаемых, при отсутствии аналогов следует ориентироваться на продукцию, соответствующую государственному стандарту Российской Федерации, отрасли, региона, а в случае их отсутствия – стандарту организации (предприятия) [1].

Согласно существующей практике геолого-экономической оценке месторождений ТПИ, отраженной в Методических рекомендациях ГКЗ Роснедра (2007 г.), цены на товарную продукцию рассчитываются без учета НДС, исходя из среднего

значения цены внутреннего или мирового рынка на конечную продукцию за год или несколько ближайших лет, предшествующих моменту оценки.

Минимальное среднее (промышленное) содержание основного компонента по месторождению в целом при оценке прогнозных ресурсов ТПИ рассчитывается по специальной формуле.

Величина издержек производства и инвестиционных затрат при отсутствии корректного аналога оценивается аналитическим (графоаналитическим) путем с использованием проектных и фактических данных по предприятиям с поправкой на прогнозируемый масштаб производства по руде и полезным компонентам, географо-экономические условия территории и на изменения экономической ситуации со времени составления проекта.

Расчет уравнения регрессии для ориентировочной оценки инвестиций в промстроительство (I) в зависимости от годовой мощности ГОКа при подземном способе разработки выполняется по специальной формуле.

Эффективность освоения рассматривается как показатель, отражающий размер чистой прибыли на единицу инвестиционных затрат. Величина прибыли, эффективность освоения объекта, а также переводные коэффициенты для попутных компонентов также определяются по формулам, предложенным ЦНИГРИ.

Основные параметры геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов категорий P_1+P_2 по конкретным объектам представляются в табличной форме.

Контрольные вопросы

1. Особенности прогнозно-поисковых работ в пределах рудных полей
2. Категоризация прогнозных ресурсов
3. Обоснование прогнозных ресурсов категории P_2
4. Обоснование прогнозных ресурсов категории P_1
5. Метод аналогии при оценке прогнозных ресурсов
6. Методы прямого расчеты при оценке прогнозных ресурсов
7. Построение геолого-экономической модели-аналога
8. Показатели геолого-экономической оценки прогнозных ресурсов

Тема 2. Геологическое картирование в пределах рудных полей как основа прогноза и поисков

Виды и методы детального геологического картирования

Теоретические вопросы геологического картирования в пределах рудных полей детально рассмотрены в монографии А. Ф. Коробейникова [4].

Основой прогнозно-поисковых работ в пределах рудных полей служит детальное геологическое картирование исследуемой территории в масштабах 1:25000 – 1:1000. Целью детального геологического картирования является, в первую очередь, определение и уточнение рудоконтролирующих факторов: стратиграфо-литологических, магматических, структурных, геоморфологических, метаморфических и др. При картировании обязательно учитываются результаты предшествующих геологосъемочных, геофизических, геохимических, а также геологоразведочных работ.

Методика картирования должна полностью соответствовать действующим инструктивным материалам МПР РФ и методическим указаниям ведущих НИИ – ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС.

При изучении рудных полей необходимо принимать во внимание генетические и промышленные типы оруденения. Так, при картировании осадочных месторождений главную роль должны играть литолого-стратиграфические исследования. Для рудных полей магматического генезиса первостепенное значение имеют структурно-петрологические наблюдения. Исследования метаморфических и гидротермальных объектов состоят в изучении литолого-петрологических особенностей в сочетании с элементами складчатой и разрывной тектоники. Картирование полей с россыпными объектами выполняется на основе геоморфологической и четвертичной специализированной съемки.

Кроме того, при прогнозировании и поисках в пределах рудных полей применяются специализированные виды геологического картирования: структурное, метасоматическое, минералогическое, геохимическое, геолого-технологическое.

Структурное картирование рудных полей заключается в уточнении разрезов рудовмещающих пород, анализе их форм, условий залегания и петрографического состава, детальном изучении тектоники рудного поля и в особенности рудоконтролирующих структур, включая мелкую трещиноватость и микротектонику. В зависимости от генезиса рудного поля применяются разные методы структурного картирования, основные из которых будут рассмотрены в следующем разделе.

Метасоматическое картирование является необходимой частью исследования гидротермальных месторождений, рудные тела которых сопряжены с ореолами околорудных изменений. Метод состоит в изучении минералого-геохимической зональности ореолов, составлении метасоматических колонок и выделении стадий метасоматоза (ранней щелочной, кислотного выщелачивания, поздней щелочной, нейтрализации растворов – по Д.С. Коржинскому), моделировании рудно-метасоматического процесса и определении места оруденения в этом процессе. Более подробное знакомство с методикой изучения околорудных метасоматитов предусмотрено действующим учебным планом в курсе «Методы изучения МПИ».

Минералогическое картирование, или топоминералогия, представляет собой, в первую очередь, метод научных исследований. Суть его состоит в изучении распределения в пространстве отдельных минералов и их типоморфных характеристик, либо парагенетических ассоциаций минералов. При этом анализируются как содержание минералов, так и их количественные соотношения. Наиболее распространенными являются, кварцеметрическая и пиритометрическая съемка.

Геохимическое картирование в пределах рудных полей осуществляется в соответствии с действующими инструктивными и методическими материалами. Важнейшие приемы геохимических исследований рассматриваются в дисциплине «Геохимические методы поисков». В качестве некоторой особенности можно отметить, что в масштабе рудного поля целесообразно использовать только литохимический метод – по коренным и рыхлым отложениям.

Наконец, геолого-технологическое картирование предназначено для выделения технологических типов и сортов руд с целью управления качеством продукции и

разработки рациональной схемы отработки месторождения. Эти работы являются одной из важнейших задач эксплуатационной разведки на действующих горнодобывающих предприятиях. Вопросы геолого-технологического картирования рассматриваются в курсе «Горнопромышленной геологии».

Структурное геологическое картирование

При геологической съемке структурное картирование является дополнением к геологическому картированию и служит для уточнения и детализации тектонического строения территории. Но при изучении структуры рудного поля структурное картирование – основной метод исследований.

Методы структурного картирования чрезвычайно разнообразны. Их можно объединить в 2 группы: картировочные и аналитические. К картировочным относятся структурная съемка, морфометрический, морфогенетический, морфоструктурный, палеофациальный, палеовулканический, структурно-петрологический и другие методы. Аналитические методы включают: анализ мелкой трещиноватости, микроструктурный, тектонофизический и т.п. [4].

Картировочные методы направлены на построение специальных структурных карт. Их разнообразие связано с различием генетических типов месторождений. На магматических месторождениях применяется структурно-петрологический метод, на гидротермальных – морфогенетический (палеотектонический), на вулканических, соответственно, палеовулканический. Для месторождений выветривания эффективен, в первую очередь, палеоклиматический метод, для осадочных – палеофациальный, палеогеографический и палеогеоморфологический. Анализ метаморфогенных месторождений включает изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод).

Перечисленные картировочные методы аналогичны по своей сути.

Структурно-петрологические (палеоплутонические) исследования состоят в последовательном выполнении следующих работ: а)выделение фаций плутонитов – главных и дополнительных фаз, жильных серий, фаций сателлитов; б)анализ их размещения в пределах рассматриваемой площади; в)реставрация истории становления плутонических тел; г)определение места оруденения в этой истории; д)выявление рудоносных фаз и оконтуривание перспективных участков.

Палеовулканический метод включает: а)выделение вулканических фаций; б)анализ их размещения; в)палеовулканические реконструкции; г)определение места оруденения в вулканическом процессе; д)выявление рудоносных и оконтуривание рудоносных участков.

Палеофациальные работы объединяют: а)выделение фаций осадочных пород; б)анализ их распространения; в)реставрация палеофациальных условий; г)определение места оруденения в палеофациальной обстановке; д)выявление рудоносных структур и прогноз.

Изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод), в свою очередь, это: а)выделение метаморфических фаций и минеральных ассоциаций; б)анализ их размещения; в)реставрация истории

формирования комплекса; г)определение места оруденения в нем; д)выявление рудоносных фаций и прогноз.

Некоторой спецификой отличаются морфогенетический (палеотектонический или палеогидротермальный) и морфоструктурный (палеогеоморфологический) методы.

Морфогенетический метод применяется для глубоко вскрытых гидротермальных месторождений и заключается в реставрации направления движения потока рудообразующих растворов, оценке вертикальной протяженности и степени эродированности месторождений.

Морфоструктурный метод применяется для экзогенных и полигенных месторождений. Он основан на сопоставлении рельефа поверхности с ее геологической структурой; исследовании морфоструктуры, возникшей при взаимодействии экзогенных и эндогенных факторов.

Наконец, два из названных выше картировочных методов являются универсальными, то есть они применимы к месторождениям любого генезиса. Это структурная съемка и морфометрический анализ.

Структурная съемка – это построение специальных структурных карт, на которых показывают разрывные и складчатые нарушения и их характеристики.

Морфометрический анализ состоит в изучении связи оруденения с рельефом продуктивных структурных поверхностей. Изучение рельефа осуществляется методом его геометризации. В результате устанавливаются рудообразующие деформации и реконструируется механизм формирования месторождения.

Аналитические методы картирования предполагают проведение специфических структурных исследований. Из них наибольшим распространением пользуется *анализ мелкой трещиноватости*. Он включает массовые замеры трещин, статистическую обработку замеров и собственно анализ. Метод имеет широкие возможности, он позволяет определять: 1)региональный план тектонических деформаций (осей тектонических напряжений); 2)локальные вариации плана деформаций; 3)тип, генезис и этапы рудообразующих деформаций; 4)возрастные взаимоотношения оруденения с различными геологическими телами; 5)механизм рудообразования в целом (в совокупности с другими методами). Применение метода не требует каких-либо особых приспособлений или навыков, он общедоступен и дает разнообразные и достаточно определенные данные.

Тектонофизический анализ базируется на основных положениях тектонофизики, основоположником которой является М.В. Гзовский. Тектонофизический анализ также заключается в реставрации плана тектонических напряжений, то есть ориентировки осей тектонических деформаций. Основой анализа является также изучение мелкой трещиноватости. Положение осей устанавливается по ориентировке сопряженных систем трещин, осей складчатости, плойчатости и другим признакам. Определенная неоднозначность состоит в правильном выделении сопряженных систем, для чего разработан целый ряд признаков. Оси деформации определяются как линии пересечения сопряженных систем в результате графических построений на специальной сетке.

Микроструктурный анализ основан на определении ориентировки минералов в горных породах и рудах, возникшей в результате тектонических (метаморфических,

метасоматических и др.) процессов. Метод позволяет сделать выводы о структурных условий формирования рудовмещающих пород и руд. Микроструктурный анализ заключается в отборе ориентированных образцов, изготовлении из них ориентированных шлифов и последующем изучении их на столике Федорова с замером ориентировки оптических осей. Метод отличается трудоемкостью, он требует большой точности и аккуратности, высокой квалификации исполнителя. При этом он должен сочетаться с другими методами, и результаты его не всегда интерпретируются однозначно. Кроме того, в классических вариантах микроструктурного анализа используются только одноосные минералы – кварц, кальцит, слюды, хотя позднее разработаны модификации и для других минералов – барита, оливинов, пироксенов, рудных минералов.

Структурно-петрофизический анализ основан на изучении физико-механических свойств горных пород (петрофизических свойств). С помощью специальных структурно-петрофизических диаграмм выделяются деформированные и недеформированные породы, реставрируются палеотектонические поля напряжений, этапы развития рудоносных структур. Метод использует математическое моделирование физико-механических свойств горных пород, руд, полей напряжений для разных механизмов деформаций.

Контрольные вопросы

1. Виды детального геологического картирования
2. Структурное картирование
3. Минералогическое картирование
4. Геохимическое картирование
5. Картирование околорудных метасоматитов
6. Технологическое картирование

Тема 3. Структурные элементы рудных полей и месторождений

ОСНОВЫ УЧЕНИЯ О СТРУКТУРАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БАЗА ДЕТАЛЬНОГО ПРОГНОЗА

Учение о структурах рудных полей рассматривает три главных раздела [2, 5]:

1 – структурные элементы рудных полей;

2 – структурные типы рудных тел;

3 – структурные типы рудных полей.

Структурными элементами рудных полей являются геологические тела, участвующие в их строении. К ним относятся вмещающие породы, магматические тела, вулканические структуры, разломы, складки, геологические контакты, а также собственно рудные тела – продуктивные части месторождений.

Геолого-структурная классификация рудных тел основана на их взаимоотношениях с вмещающими породами и структурами. По этому признаку все рудные тела делятся на 4 типа: согласные, секущие, контактовые и сложные, или комбинированные. Внутри типов выделяются классы по характеру деформаций вмещающих пород и виды по условиям рудообразования.

Систематика структурных типов рудных полей базируется, во-первых, на генезисе рудообразующих процессов и включает три традиционных генетических типа: эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Внутри типов выделены классы и подклассы по признаку сочетания структурных элементов, определяющих характер деформаций вмещающих пород и связанных с ними особенностей размещения оруденения.

Структурные элементы рудных полей

Рудовмещающие породы

Состав и свойства вмещающих пород являются важнейшим элементом строения рудного поля. По отношению к процессу рудообразования они рассматриваются в трех направлениях: 1) как среда, подвергающаяся тектоническим деформациям; 2) как источник рудного вещества; 3) как геологическая среда рудоотложения. В связи с этим выделяется пять естественных групп пород: 1) карбонатные; 2) сланцы; 3) песчаники и конгломераты; 4) вулканические и 5) плутонические. Породы разных групп резко различаются по отношению к деформациям, метаморфизму и рудообразованию.

Физические и физико-механические свойства горных пород, определяющие их отношение к тектоническим деформациям, называются тектоническими свойствами. Главными из них являются пластичность, хрупкость, прочность, анизотропность, пористость, проницаемость, компетентность.

Деформации горных пород, как и других твердых тел, могут быть упругими, пластичными и хрупкими (Рис. 1).

При упругой деформации внутренние связи в породе не нарушаются, после удаления напряжений она принимает первоначальную форму и объем. Если величина напряжения достигает предела упругости, происходит переход к пластической деформации. Пластическая деформация протекает с сохранением объема породы и без ее разрушения, за счет перестройки связей в кристаллической решетке минералов, взаимного скольжения минеральных частиц. Она имеет необратимый характер, при снятии нагрузки сохраняется остаточная деформация. Геологическими проявлениями пластической деформации являются складчатость, кливаж, текстуры течения, будинаж. С нарастанием напряжения до величины предела пластичности наступает хрупкая деформация, сопровождающаяся нарушением сплошности горной породы за счет образования трещин. В результате хрупкой деформации образуются разрывы всех типов – сколы, отрывы, мелкая трещиноватость (Рис. 2).

Деформации горных пород отличаются от деформаций других твердых тел, так как они состоят обычно из разных минералов с разными свойствами. Поэтому, в целом, к пластичным относятся породы с широким интервалом между пределами упругости и пластичности, к хрупким – с узким интервалом. Пластичные породы способны испытывать длительную деформацию без разрушения, хрупкие – разрушаются почти сразу по достижении предела упругости или после незначительной пластической деформации.

Пластичность и хрупкость – противоположные, но и взаимосвязанные свойства, которые проявляются в полиминеральных породах одновременно. Для оценки пластичности-хрупкости используется полуколичественный показатель, который рассчитывается следующим образом. Главные породообразующие минералы можно

расположить в ряд по понижению их хрупкости и повышению пластичности следующим образом: 1) кварц, 2) полевой шпат; 3) амфиболы, пироксены, оливин; 4) биотит, мусковит, серицит, карбонаты, 5) хлорит, тальк, каолинит. Номера групп принимаются за показатель степени пластичности-хрупкости минералов. Содержание каждого минерала в породе умножается на этот номер; сумма произведений для породы в целом и является сравнительным показателем хрупкости-пластичности. Например, обычное габбро состоит из плагиоклаза и пироксена примерно в равных количествах. Следовательно, показатель пластичности-хрупкости (ПХ) габбро будет равен: ПХ=50·2+50·3=100+150=250.

Прочность горных пород – это их способность противостоять деформациям и передавать давление. Прочные породы отличаются высокими значениями пределов упругости и пластичности. Если соотношение упругости, пластичности и хрупкости выражаются формой кривой деформации, а прочность – ее высотой.

Анизотропия – различие свойств тела по разным направлениям. Физическая анизотропия горных пород выражается в том, что прочность пород в разных направлениях различна. В большинстве случаев анизотропия пород определяется слоистостью и сланцеватостью и особенно ярко проявляется в глинистых, серицитовых и хлоритовых сланцах. Проявлением анизотропии является ориентировка породообразующих минералов. Анизотропия усиливает пластичность и уменьшает хрупкость горных пород.

Проницаемостью называется способность горных пород пропускать разные подвижные субстанции. Проницаемость горных пород определяется, в основном, эффективной пористостью и трещиноватостью. Пористость представляет собой отношение суммы объемов пор ко всему объему породы, выраженное в процентах. В гранитах, гнейсах пористость наименьшая и составляет сотые доли процента. Максимальная пористость отмечается в кавернозных известняках – десятки процентов. С уменьшением пористости увеличивается упругость и прочность пород.

Компетентность – специфическое свойство горных пород, отличающее их от всех других твердых тел и имеющее важное геологическое значение. Под компетентностью понимается способность горной породы испытывать хрупкую деформацию без разрушения за счет самозалечивания возникших трещин путем растворения и переотложения собственного минерального вещества. Наиболее ярко выраженной компетентностью обладают карбонатные породы. Компетентностью обусловлена способность карбонатных пород передавать одностороннее давление и выдерживать нагрузку, то есть их несущую способность.

По совокупности свойств наиболее благоприятны для рудообразования химически активные и достаточно хрупкие карбонатные породы, для которых характерны руды свинца, цинка, железа, вольфрама, ртути, сурьмы. С хрупкими и пористыми песчано-конгломератовыми породами, обычно, связаны медь, золото, олово, уран. Для вулканитов типичными являются халькофилы, для плутонитов, наоборот, литофилы. Сланцы, обладающие водоупорными и экранирующими свойствами, в целом не благоприятны для рудоотложения. Иногда они обогащены золотом, ураном, медью и др.

Деформации горных пород

Деформации горных пород происходят под действием тектонических сил, направленных как по вертикали, так и по горизонтали. Тектонические силы порождают два типа напряжений: ***растяжение и сжатие***, которые проявляются одновременно в разных участках земной коры и последовательно сменяют друг друга в пределах одного участка. Деформация сжатия сопровождается, как правило, поднятием, а растяжения – опусканием.

Процессы деформаций в природных условиях крайне сложны и зависят от многих факторов. Поэтому при рассмотрении модели тектонических деформаций нужно принять ряд ограничений. Широко распространено использование в качестве модели так называемого эллипсоида деформации. Ниже рассматривается ***модель куба деформаций*** (Рис. 3), которая мало отличается по своей сути от эллипсоида, но более наглядна.

Рассмотрим элементарный объем горной породы в виде куба, расположенный в недрах земли, и проанализируем деформации, возникающие в нем. Примем следующие ограничения: 1) куб испытывает только одноосное горизонтальное сжатие (в то время как в природе, как правило, одновременно проявляются разнонаправленные движения – горизонтальные и вертикальные, с одной стороны, а также сжатие или растяжение по нескольким осям, с другой стороны); 2) будем говорить о деформациях, созданных данным тектоническим напряжением, не учитывая предыдущих; 3) предположим, что деформации носят хрупкий характер, хотя на глубине при высоком давлении даже хрупкие породы проявляют пластичность; 4) пренебрегая гравитационными силами, будем считать, что высвобождение горных пород будет направлено главным образом к поверхности земли, то есть вверх. Таким образом, мы рассмотрим *фрагмент тектонической истории элементарного объема горной породы, ограниченный как во времени, так и в пространстве.* Оси деформаций расположатся в кубе следующим образом: ось сжатия Б – горизонтально, ось растяжения В – перпендикулярно к ней и также горизонтально, ось высвобождения А – вертикально вверх, перпендикулярно осям Б и В.

Теоретическими и экспериментальными данными установлено, что в напряженном блоке пород имеется 9 поверхностей наиболее вероятного направления перемещения материала: горизонтальная P_1 и вертикальная P_2 плоскости отрывов, вертикальная плоскость сплющивания P_3, наклонные параллельные оси В плоскости взбросов C_1 и C_2, наклонные параллельные оси Б плоскости взбросов C_3 и C_4 , вертикальные диагональные плоскости сдвигов C_5 и C_6.

В реальных геологических условиях развивается несколько из рассмотренных направлений или даже одно из них. Проявление всех 9 направлений маловероятно. Возникающие деформации определяются, в первую очередь, особенностями среды. В случае изотропной (квазиизотропной) среды происходят преимущественно хрупкие деформации, использующие все 9 направлений. Анизотропная геологическая среда характеризуется развитием преимущественно пластических деформаций. При этом ось горизонтального сжатия Б будет перпендикулярна оси складки. Горизонтальная плоскость отрыва P_1 выявится в приоткрываниях отслоений в осевых частях складок. Вертикальные поперечные отрывы, обычно пересекающие складки, соответствуют плоскостям P_2. В связи с растяжением пород в осевой части складки вдоль оси

возникают трещины отрыва P_3. Наклонные плоскости C_1 и C_2 отвечают положению крыльев складок и направлениям межпластовых скольжений, а также надвиговым перемещениям крыльев. Наклонные плоскости C_3 и C_4 реализуются в волнообразных изгибах оси складки в вертикальном направлении (ундуляции). Вертикальные косые сдвиги и раздвиги соответствуют плоскостям C_5 и C_6.

В региональном масштабе системы C_1 и C_2 будут отвечать преобладающему направлению геологических контактов, ориентировки магматических тел, осей складок, разломов. Этим же системам соответствует расположение плоскости рассланцевания.

Модель куба деформаций наглядно демонстрирует и пластические деформации. В нормальной складке (Рис. 4 а, б) горизонтальная ось растяжения В располагается вдоль оси складки, ось сжатия Б перпендикулярно ей и также горизонтально, а ось высвобождения А направлена вертикально вверх. Тогда система пологих отрывов P_1 соответствует отслоениям в сводах антиклиналей и синклиналей, вертикальные отрывы P_2 образуют поперечные относительно оси складчатости разломы, а P_3 – продольные. Системам сбросов и взбросов C_1 и C_2 отвечают крылья складок, C_3 и C_4 – ундуляция (волнистость) шарнира, а системы крутопадающих сдвигов C_5 и C_6 образуют диагональные относительно оси складки разрывные нарушения.

Рудоносные разломы и трещины

Генетические типы разломов. Разломы и трещины являются результатом хрупких деформаций пород, происходящих при сжатии, растяжении и сдвиге. Среди них различают два главных генетических типа – отрывы и сколы (Р и С в кубе деформаций). ***Отрывы*** образуются при нормальных (перпендикулярных) растягивающих напряжениях, ***сколы*** – при касательных сжимающих. Как правило, при скалывании образуются две системы сопряженных трещин (C_1 и C_2, C_3 и C_4, C_5 и C_6). Угол между ними зависит от физико-механических свойств пород. В идеально хрупких породах он равен 90° (Рис. 5а), в идеально пластичных – хрупкие деформации проявляются в виде трещин сплющивания ($C_1+C_2=P_3$), то есть угол между системами C_1 и C_2 равен 0° (Рис. 5б). В реальных условиях угол скалывания изменяется от 0 до 90°.

При анализе мелкой трещиноватости, когда трещины доступны непосредственному наблюдению, можно увидеть различия в характере трещин отрыва и скола. Сколы обычно прямолинейные, их стенки ровные, гладкие, они пересекают породу независимо от особенностей строения. Например, в конгломерате скол пройдет напрямую через гальки и цемент без искривления (Рис. 6). По трещинам скола обычно происходят перемещения. Они имеют большую протяженность и часто сопровождаются оперяющими трещинами. В момент образования они закрыты, притерты, оруденение в них более позднее.

Отрывы, как правило, извилистые, волнистые. Стенки их неровные, рваные. Их элементы залегания сильно зависят от строения пород. В конгломерате они пройдут по цементу, огибая гальки. При переходе из одной породы в другую они меняют простирание или совсем затухают. По простиранию и падению трещины отрыва быстро выклиниваются, вдоль них не наблюдается перемещений. В момент образования они открыты, поэтому к ним часто бывают приурочены дайки и реже рудные тела. Количественно трещины скалывания превосходят трещины отрыва.

Кроме того, выделяется специфический тип разломов – ***кольцевые***. В плане они образуют кольца, полукольца, дуги и часто сопровождаются радиальными разрывами. В разрезе они могут быть цилиндрическими или коническими. Цилиндрические нарушения имеют вертикальное или близкое к нему падение. Конические разломы чаще всего падают к центру кольцевых структур – *центриклинальные* и редко – от центра – *периклинальные*. Образование кольцевых разрывов связано с процессами магматизма – с вулканическими жерлами, кальдерами, трубками взрыва, штокообразными интрузивами. По механизму образования они могут быть и отрывами, и сколами. С ними часто связаны разные вулканогенные месторождения, а с кимберлитовыми трубками – алмазы. Алмазоносными считаются также крупные кольцевые структуры спорного происхождения – *астроблемы*.

Масштаб разломов. Масштаб разломов выражается через их порядок. В общем случае разломы первого порядка разделяют разные структурные этажи, второго – структурные ярусы, третьего – формационные комплексы, четвертого – геологические формации, пятого – фации, шестого – горные породы, седьмого – более мелкие разломы и трещины. Эта группировка отражает амплитуду смещения по разломам. Условно можно сказать, что разломы I порядка ограничивают металлогенические провинции, II порядка – металлогенические или рудные области, III – рудные районы, IV – рудные узлы, V – рудные поля, VI – рудные тела, VII – природные типы руд, рудные гнезда.

Возраст разломов. Возраст разломов, как известно, определяют по наиболее молодым из пересекаемых комплексов пород (нижняя возрастная граница) и наиболее древним из перекрывающих пород (верхняя возрастная граница), а для магмовыводящих разломов по возрасту контролируемых магматических тел.

Наиболее крупные глубинные разломы обычно бывают долгоживущими и магмовыводящими. Они подновляются с возобновлением тектонической активности; новые тектонические деформации «наследуют» уже существующие направления и имеют длительную историю развития.

По отношению к оруденению разломы делятся на дорудные, внутрирудные и послерудные. Дорудные могут быть рудообразующими или рудораспределяющими структурами, внутрирудные – рудолокализующими. Послерудные разрывы пересекают рудные тела, усложняют их форму, разделяют их на отдельные блоки и смещают их относительно друг друга.

Физическое выражение разломов. В земной коре разломы проявляются как зоны интенсивно деформированных и раздробленных пород с повышенной параллельно ориентированной трещиноватостью, рассланцеванием, брекчированием, милонитами, тектонической глинкой и зеркалами скольжения, а также поясами параллельных даек.

Окончание разломов. Все разломы по характеру их окончания разделяются на неограниченные, полуограниченные и ограниченные (Рис. 7). Неограниченные разломы свободно затухают в результате постепенного уменьшения величины смещения под влиянием смены пород или ослабления усилий. Ограниченные разломы с обеих сторон упираются в другие разломы (или контакты), поэтому величина смещения по ним не затухает. Полуограниченные разломы затухают в одном направлении и блокированы в другом.

Распределение смещений вдоль разломов. Разрывные нарушения не бесконечны. Они затухают в относительно более пластичных породах или упираются в более крупные разрывы, массивы прочных пород и др. Во всех случаях в конце разрыва перемещения нет. Если по разрыву имеется перемещение, то его должны компенсировать внутренние деформации в блоках пород, разделенных разрывом. Пусть разрыв АБ (Рис. 8а), затухающий в пластах 1 и 5, имеет наибольшее смещение в средней части; его горизонтальная составляющая видна по смещению пласта 3, а вертикальная достигает величины h (Рис. 8б, в). Для образования этого смещения в блоках боковых пород должны возникнуть деформации сжатия и растяжения, как это показано на рисунке. Одновременно блок висячего бока должен дугообразно изогнуться вверх и растянуться, а другой блок – отклониться вниз и сжаться.

Направление смещений по разломам. Движение горных пород вдоль разрывных нарушений происходит как в горизонтальной плоскости, то есть в плане, так и в вертикальной, в разрезе.

Перемещение в горизонтальном направлении называется сдвигом. Различают правые и левые сдвиги. При *правом сдвиге* блоки смещаемых пород движутся по часовой стрелке (Рис. 9 а), при *левом сдвиге* – против (Рис. 9 б).

Смещения в вертикальной плоскости носят названия взбросов и сбросов, в зависимости от положения горных пород, слагающих висячий бок разлома или трещины. Если висячий бок опущен, нарушение является *сбросом* (Рис. 9 в), если поднят – *взбросом* (Рис. 9 г). Пологие взбросы с углами падения менее 30° называются *надвигами* или шарьяжами.

Как правило, смещения по разломам имеют косой характер, то есть включают и горизонтальную, и вертикальную составляющую. В соответствии с направлением смещения в плане и разрезе выделяют правые или левые сдвиго-сбросы и сдвиго-взбросы. Применяется также определение сбросо-сдвиг и взбросо-сдвиг.

Оперяющие разломы и трещины. Оперяющие разломы и трещины сопровождают большинство сколовых нарушений. Они часто являются рудолокализующими и вмещают рудные столбы – наиболее богатые части рудных тел. Поэтому важно знать расположение оперяющих нарушений.

При сдвиге (Рис. 10) образуются две системы сколов – одна параллельная основному сдвигу, другая под тупым углом к направлению движения и одна система отрывов под острым углом к направлению смещения.

При сбросе (Рис.11) образуются две системы оперяющих трещин – отрывы и сколы, обе параллельные основному нарушению по простиранию, но отрывы более крутые, а сколы более пологие. При взбросе (Рис. 12), наоборот, отрывы будут пологие, а сколы крутые.

При косых смещениях – сбросо-сдвигах или взбросо-сдвигах оперяющие трещины имеют более сложную ориентировку (Рис. 13). В этих случаях в перемещавшемся висячем боку нарушения трещины отрыва образуют с главным сместителем как в плане, так и в разрезе острый угол, ориентированный вершиной в сторону движения. Сгущение оперяющих трещин обычно наблюдается в растянутых участках разломов, в зажатых их единицы.

Преломление разломов. При переходе из одних пород в другие, поверхности разломов преломляются, то есть изменяют свое залегание. Это объясняется различием физико-механических свойств пород, а именно разной величиной угла скалывания в породах и разными свойствами. В массивных изотропных породах разлом стремится пройти вкрест простирания, в пластичных анизотропных средах он будет отклоняться, приближаясь к простиранию пород (Рис. 14 *а*).

Волнистость разломов. Поверхность разломов всегда волниста. Это доказано экспериментальными работами в лабораториях оптического моделирования В. В. Белоусова и М. В. Гзовского. Волнистость разломов заложена в самом механизме их образования и существует даже в самой изотропной среде. Волнистость возникает путем соединения кулисообразно расположенных коротких трещин. Одной из причин волнистости является также преломление разломов при переходе из одной породы в другую.

Отмечаются следующие самые простые закономерности пересечения горных пород трещиной или разломом: 1) в породах прочных и хрупких трещины отклоняются в сторону нормали к наслоению; 2) в породах пластичных и слоистых трещины отклоняются в сторону напластования и слоистости; 3) в интрузивных породах трещины косого направления приспосабливаются к трещинам прототектоники (Рис. 14 *б*, *в*, *г*).

Различают два морфологических типа рельефа разломов и трещин – гофрированные и коробленые поверхности. У гофрированных поверхностей имеется одна система волн с параллельными осями. В таких разломах при рудоотложении образуются рудные столбы, параллельные между собой и выдержанные на глубину. Коробленые поверхности образуются при наличии двух систем волн, оси которых пересекаются под прямым или острым углом. В этом случае распределение оруденения носит более сложный характер. Рудные тела приобретают форму рудных дисков и линз.

Гофрированные поверхности образуются только в весьма изотропной среде и встречаются значительно реже коробленых. Чем больше анизотропия пород, тем сложнее коробленая поверхность и распределение оруденения.

Изучение рельефа поверхности разломов усложняется еще и тем, что волнистость всегда имеет несколько порядков. Перегибы поверхности принято называть ребрами, а расположенные между ними относительно ровные участки – гранями. Смещение по разломам приводит к тому, что одни грани оказываются зажатыми, а другие – приоткрытыми и доступными для рудообразующих растворов или расплавов.

Приоткрывание граней разломов**.** Приоткрывание граней зависит от положения грани относительно направления смещения (Рис. 15). В зависимости от этого положения выделяется 5 групп граней:

1) сжатые – расположены нормально против направления смещения (движение невозможно, породы расплющиваются);

2) несущие – расположены косо навстречу направлению смещения (движение вдоль граней при сильном сжатии);

3) скользящие – движение скользящее (вдоль граней без сдавливания и приоткрывания);

4) приоткрытые – расположены косо по направлению движения (косо растянутые);

5) открытые – расположенные нормально по направлению смещения (полностью растянутые).

В целом, грани, находящиеся под давлением, характеризуются неровностями, бороздами скольжения, дроблением и истиранием выполнения, глинкой трения. Разгруженные грани отличаются повышенной трещиноватостью, развитием брекчий, тектонитами вдавленных пластических пород.

Расположение приоткрытых граней в зависимости от кинематики разлома демонстрирует табл. 1.

Таблица 1

Распределение приоткрываний в зависимости от направления смещения [5]

Деформации	Правый сдвиг (по часовой стрелке)	Левый сдвиг (против часовой стрелки)
Взброс	На более пологих гранях, отклоняющихся к меридиану	На более пологих гранях, отклоняющихся к широте
Сброс	На более крутых гранях, отклоняющихся к широте	На более крутых гранях, отклоняющихся к меридиану

Таким образом, правило приоткрывания разломов можно сформулировать следующим образом: при взбросах приоткрываются более пологие участки, при сбросах – более крутые, при правых сдвигах – участки, отклоняющиеся вправо, при левых сдвигах – влево.

Рудоносные складчатые структуры

Генезис складок. Складки – результат пластических деформаций, протекающих в анизотропной среде в результате изгиба. Ярко выраженную анизотропию проявляют слоистые и сланцеватые осадочные и метаморфические породы.

В структурной геологии среди складок по генезису выделяются следующие разновидности: складки изгиба, складки скалывания, складки течения и диапировые складки. Основное значение для размещения оруденения имеют складки изгиба. Особый интерес представляют пустоты и трещины, возникающие в процессе складкообразования.

В складчатых деформациях, как уже говорилось, пластичные, хрупкие и несущие породы проявляют себя по-разному (см. рис. 2). Пластичные породы при изгибе испытывают течение без разрывов сплошности. Хрупкие подвергаются изгибу с нарушением сплошности трещинами. Несущие породы образуют своды без разрывов сплошности вследствие залечивания. Таким образом, складки в породах, обладающих разными свойствами, будут иметь свой характерный облик.

Складки в жестких породах. В хрупких и несущих породах при продольном изгибе в одной плоскости образуется концентрический тип складок, не сопровождающийся изменением мощности слоев (Рис. 16). Отдельные слои при этом скользят друг по другу. В верхней части каждого пласта появляется зона растяжения, в нижней – зона сжатия. Зоны разделяются нейтральным участком. В целом

антиклинальная часть растянута, а синклинальная зажата. В результате в концентрических складках возникает 3 типа трещин: 1) трещины скольжения по наслоению, более всего развитые в крыльях складок – C_3 и C_4; 2) трещины растяжения при изгибе, располагающиеся на выпуклой стороне изгиба пласта вблизи осевых частей складок – P_3; 3) поперечные трещины отрыва, представляющие собой результат высвобождения напряжений по простиранию – P_2. При воздымании и погружении шарнира возникает растяжение и сжатие складок по простиранию, что приводит к формированию систем C_1, C_2 и C_5, C_6.

При поперечном изгибе все слои находятся в растянутом состоянии. Зоны сжатия отсутствуют, для антиклиналей можно различать лишь более растянутые (верхние) и менее растянутые (нижние) зоны слоев. В этих условиях развиваются системы C_3 и C_4 со сбросовыми перемещениями по ним.

Складки в пластичных породах. При продольном изгибе возникают подобные складки (Рис. 17). В них происходит течение материала из сжатых крыльев в осевые части, разгруженные от бокового давления. Обычно в этих условиях развивается кливаж, ориентированный параллельно осевой плоскости складки. Благоприятных позиций для локализации оруденения здесь нет, однако пластичные породы могут быть экранами над более перспективными породами.

При поперечном изгибе (Рис. 18) образуются складки поднятия с уменьшением мощности пластов в сводах антиклиналей. Здесь тоже благоприятных условий для локализации оруденения нет.

Складки в разнородных пластах. Складки в разнородных пластах имеют наибольшее значение для рудообразования. Хрупкость, пластичность и несущая способность пластов играют важнейшую роль в распределении деформаций, пустот и трещин в складках.

Разнородные пласты могут находиться в разных сочетаниях.

1. Несущий пласт залегает между двумя хрупкими (Рис. 19). Несущий пласт изгибается сильнее, он отслаивается от хрупких пластов с образованием седловидных пустот в антиклинали и корытовидных в синклинали. При этом в хрупком пласте в зоне отслоения развивается усиленное дробление. Синклинали для развития отслоений и дробления менее благоприятны.

2. Сочетание несущего пласта с пластичными неблагоприятно для размещения оруденения, так как пластичные породы заполняют пустоты отслоений и в этих породах не происходит дщробления. Отслоения в этом случае могут возникать лишоь при малых радиусах складок (Бендиго, Австралия – седловидные жилы, Рис. 20).

3. Хрупкий пласт, залегая между двумя пластичными (Рис. 21), подвергается массовому дроблению на растянутых частях изгибов (тела вкрапленных руд киновари в песчаниках Никитовки, Рис. 22).

Практически пласт изгибается не изолированно, а совместно с вмещающими его породами. При таком совместном продольном изгибе двух пластов с разными свойствами возникают отслоения в виде седловидных пустот и трещин растяжения при изгибе, показанные на рис. 23.

Системы из пластичной и хрупкой пород (Рис. 23 а, б) дают возможность развиваться трещинам растяжения на выпуклой стороне изгибов хрупкого пласта. В

случае, когда пластичная порода представляет кровлю хрупкого пласта (Рис. 23 а), происходит разрыв и дробление хрупкой породы с развитием трещин отрыва в своде антиклинали, без существенного отслоения пластов. Если же пластичный пласт подстилает хрупкую породу (Рис. 23 б), происходит дробление хрупкой породы в замке синклинали, также почти без отслоения пластов. Однако возможности развития оруденения во втором случае менее благоприятны, чем в первом, вследствие затрудненности доступа в синклиналь восходящих растворов.

При этом экранирующая роль пластичных пород имеет отрицательное значение. При достаточной крутизне складок и высокой хрупкости пород возможно проявление более сложного, главным образом трещинного, массового дробления в сводах антиклиналей, с рассеянным оруденением. Примером могут служить некоторые рудные тела Никитовского месторождения в Донбассе, размещенные в хрупких песчаниках и кварцитах (Рис. 22).

При сочетании пластичных и несущих пластов (Рис. 23 в, г) трещины растяжения развиваются в несущем пласте.

Если пластичная порода служит кровлей несущего пласта (Рис. 23 в), то при смятии она образует узкие крутые складки, а пласт с несущими свойствами – пологие широкие изгибы. Эти соотношения по-разному проявляются в антиклинали и синклинали. В антиклинали, в условиях растяжения верхней части несущего пласта, пластичные породы как бы обтягивают прочное ядро, вследствие чего отслоения невозможны. В синклинали, в условиях сжатия приконтактовой части несущего пласта, возможно возникновение отслоений. Однако под воздействием нагрузки вышележащих пород это отслоение может оказаться закрытым. В антиклинальном изгибе несущего пласта возникают трещины растяжения и отрыва, которые легко залечиваются. Но при наличии движений во время рудообразования эти трещины могут обновляться и залечиваться рудным материалом.

В случае, когда несущие породы образуют кровлю пластичных пород (Рис. 23 г) в антиклинали под сводом первых происходит разгрузка пластичных пород от напряжений с образованием седловидных отслоений, которые иногда заполняются рудами. В синклинали несущего пласта образуются трещины отрыва, однако возможности заполнения их рудным материалом при отрицательном экранировании ограничены.

Последние два случая (Рис. 23 д, е) представляют собой системы из хрупкого и несущего пластов, которые при прочих равных условиях более других благоприятны для размещения оруденения. Если хрупкий пласт подстилается несущим (Рис. 23 д), то в антиклиналях подошва хрупкого пласта находится в сжатом состоянии, а кровля несущего – в растянутом. Это обусловливает возникновение в несущем пласте трещин отрыва, которые могут залечиваться рудным материалом. В синклиналях, вследствие растяжения подошвы хрупкого пласта, происходит его отслоение с возникновением седловидных полостей; одновременно образуются трещины отрыва в хрупком пласте. Это самый благоприятный случай для накопления продуктов оруденения в синклинальных участках.

Если же несущий пласт подстилается хрупким (Рис. 23 е), в антиклиналях образуются седловидные отслоения между пластами и одновременно нарушается

сплошность хрупкого пласта трещинами отрыва, а в синклиналях происходит некоторое нарушение трещинами отрыва несущего пласта. Возможности накопления руд здесь ограничены.

Таким образом, благоприятными для оруденения могут быть сводовые части не только антиклиналей, но и синклиналей.

В целом, для рудообразования наиболее благоприятны сочетания разнородных пластов, подвергающихся неоднородным деформациям. Однообразные толщи значительно менее восприимчивы к рудообразованию, даже если по составу они и благоприятны для оруденения.

Рудоносные плутонические тела

С интрузивными телами связаны многие месторождения разных генетических типов. Класс эндогенных месторождений иначе называют магматогенным, что говорит о генетическом единстве с магмой и ее производными. Экзогенные и метаморфогенные месторождения тоже нередко также приурочены к магматитам. В коре выветривания плутонитов разного состава образуются остаточные месторождения: каолин – по гранитоидам, бокситы – по основным породам, силикатный никель – по гипербазитам. Месторождения асбеста формируются при метаморфизме ультраосновных пород.

По роли в рудообразовании и размещении оруденения плутонические тела можно разделить на 3 большие группы: 1) ультраосновные, основные и щелочные массивы, к которым приурочены так называемые внутриинтрузивные рудные поля; 2) массивы гранитоидов с минерализованными приконтактовыми частями; 3) рудоносные малые интрузии и дайки разного состава.

Массивы ультраосновных и основных пород. Массивы первой группы, вмещающие внутримагматические рудные поля, в свою очередь, включают 3 типа.

1. Гигантские расслоенные тела платформенных щитов. С ними связаны месторождения хромита, титаномагнетита и ликвационные медно-никелевые руды (собственно магматическая группа – раннемагматический, позднемагматический и ликвационный классы). Сюда относятся такие известные тела, как Бушвельдский лополит в ЮАР (Рис. 24), массив Садбери в Канаде, Великая Дайка в Зимбабве. Руды в них полностью контролируются стратификацией и приурочены к определенным комплексам пород. Так, в Бушвельдском лополите многочисленные хромитовые тела связаны исключительно с пироксенитами. Таким образом, главным рудоконтролирующим фактором для этих месторождений является петрографический состав пород. Кроме того, важное значение в контроле оруденения имеют элементы прототектоники: а) для раннемагматических месторождений – ранние или кристаллизационные, представляющие собой прототектонику жидкой фазы (тонкая расслоенность, план-параллельные текстуры и др.); б) для позднемагматических месторождений характерны поздние протоинтрузивные структуры – прототектоника твердой фазы (пологие псевдопластовые, крутые секущие и др. трещины); в) на медно-никелевых ликвационных месторождениях прототектонические структуры сочетаются с тектоническими нарушениями – трещинами, разломами, зонами дробления и др.

2. Пояса альпинотипных гипербазитов складчатых областей, в том числе Урала. Эти тела участвуют в складчатых деформациях вмещающих пород, их форма обусловлена складчатостью. По современным представлениям, это тектонические

пластины. Массивы имеют субмеридиональное простирание и образуют субмеридионально вытянутые пояса (уральское направление). Размеры их несопоставимы с платформенными гигантами, а масштаб оруденения прямо зависит от размеров тел. Здесь также наблюдается четкий петрографический контроль. Так, хромитоносные массивы сложены дунит-гарцбургитовой формацией; хромитовые тела приурочены к дунитовым полосам в гарцбургитах. В этих телах размещение рудных тел в большей степени контролируется конфигурацией контактов и разрывной тектоникой. Так, контуры рудных залежей Талнахского месторождения и его аналогов в общем совпадают с очертаниями интрузивных тел (Рис. 25). На Кемпирсайском массиве кровля осложнена сводовыми поднятиями и депрессиями между ними. Рудные залежи приурочены к сводам. Главное рудное поле, наиболее богатое, находится в Юго-Восточном своде, где массив достигает максимального размера – 30-32 км в ширину. Геофизическими исследованиями здесь установлена мощная корневая часть массива, которая представляет собой магмоподводящий канал – глубинный разлом.

3. Кольцевые магматические комплексы. Как правило, кольцевые магматические тела сопряжены с кольцевыми разломами и сопровождаются концентрическими и радиальными дайками. Наибольший интерес из кольцевых магматических тел представляют массивы щелочных пород – нефелиновых сиенитов, которые встречаются обычно в жестких стабильных блоках древних пород: на древних щитах (Хибинский, Ловозерский массивы на Кольском п-ве), в срединных массивах (Ильменогорский, Вишневогорский массивы на Урале).

Практическое значение имеют сопряженные с нефелиновыми сиенитами специфические горные породы – карбонатиты, несущие редкие и радиоактивные металлы, а также медь, железо и др. К примеру, Ловозерский массив (Рис. 26) сложен ультраосновными щелочными породами – уртитами, ийолитами, луявритами, малиньитами и т. п. и интенсивно стратифицирован. Карбонатиты залегают в центральной части массива в виде штокообразного тела. Рудные тела сложены минералом лопаритом ($(Ca,U,Th,TR)(Ti,Ta,Nb)O_3$) и залегают исключительно в малиньитах. В Хибинском массиве рудные тела приурочены к более поздним полукольцевым разрывным нарушениям. Рудоконтролирующую роль для карбонатитовых месторождений играет как стратификация интрузива, так и разрывные нарушения и трещинная тектоника.

Гранитоидные тела**.** В отличие от рассмотренных выше ультраосновных, основных и щелочных магматических тел, гранитоидные массивы никогда не образуют внутриинтрузивных рудных залежей. В этой группе выделяются две подгруппы рудоносных структур: 1) апикальные и надапикальные части; 2) контактовые зоны гранитных массивов.

К апикальным областям приурочены, в первую очередь, так называемые апогранитные месторождения, включающие рудоносные альбититы и грейзены. Альбититы образуются в результате натриевого метасоматоза и несут Th, TR, Ta, Li, и др. Грейзены – продукт калиевого метасоматоза, с ними сопряжены Sn, W, Mo, Be. Альбититы локализуются исключительно в апикальной части массивов и контролируются конфигурацией интрузивного контакта. Грейзены залегают как в эндо-

, так и в экзоконтактах тела, образуя жилообразные тела в трещинных структурах. Структурно-морфологические типы грейзеновых месторождений показаны на рис. 27.

Ведущий тип месторождений в контактовых зонах гранитоидов – скарновый, или контактово-метасоматический. Широко распространены скарновые залежи железных, медных, полиметаллических и вольфрам-молибденовых руд. Главный фактор контроля скарновых залежей – конфигурация контактов, волнистость которые аналогична волнистости разломов и определяет размещение рудных тел (Рис. 28).

Малые интрузии и дайки. С комплексами малых интрузий и даек ассоциируют многочисленные гидротермальные месторождения цветных, редких и благородных металлов. Приурочены они к крупным глубинным разломам с весьма длительной и сложной историей формирования. Внедрение малых интрузивов и даек, как правило, многофазное. В узлах пересечения, сопряжения или разветвления разломов концентрация магматических образований максимальна. Здесь же локализуется и оруденение (жилы, прожилковые зоны, штокверки и другие формы рудных тел). Малые интрузии, дайки и гидротермальное оруденение связаны парагенетически.

На размещение оруденения существенно влияет форма интрузивных тел и даек. Небольшие интрузивные массивы в рудных полях обычно представлены штоками с овальными и угловатыми очертаниями (в плане), плитообразными или иными неправильными телами. Падение контактов крутое. Эти тела сложены в основном мелко-, реже среднезернистыми порфировыми породами.

С малыми интрузиями кислого и реже среднего состава сопряжены медно-молибденовые месторождения, называемые также порфировыми или штокверковыми. Эти месторождения являются основой мировой сырьевой базы меди и молибдена (Рис. 29). Рудная минерализация располагается в апикальной части интрузивных тел. В контроле порфировых месторождений большое значение имеет петрографический состав интрузий. А. И. Кривцов выделяет 4 модели порфировых месторождений: гранитную молибденовую, гранодиоритовую медно-молибденовую, монцонитовую молибденово-медную и диоритовую медную.

В пределах дайковых полей размещаются многие гидротермальные месторождения цветных металлов и золота. Рудные поля и месторождения находятся в узлах наиболее частого и многофазного развития даек. В таких участках дайки бывают приурочены к нескольким системам разрывных нарушений, хотя преобладающими являются дайки одного направления, совпадающего с простиранием пояса. Форма даек обычно плитообразная, мощность и элементы залегания выдержаны, но нередко встречаются весьма сложные, ветвящиеся, а также с резкими ступенчатыми контактами и тупыми выклиниванием. Формирование даек обычно предшествует рудообразованию, то есть являются дорудными (дайки прокладывают дорогу руде). Рудные жилы часто тяготеют к дайкам и прослеживаются вдоль их контактов. Однако нередко жилы приурочены к трещинам иного направления и пересекают дайки, при этом последние могут существенно влиять на локализацию оруденения. На некоторых месторождениях известны внутриминерализационные и послерудные дайки. Первые пересекают рудные жилы, сложенные минералами ранних стадий минерализации, но в свою очередь на них наложены минеральные агрегаты более поздних стадий.

Типичным представителем месторождений в дайковых поясах является Березовское золоторудное месторождение золото-сульфидно-кварцевой формации на Среднем Урале. Многочисленные дайки гранитоидов имеют большей частью меридиональное простирание. Так называемые лестничные жилы выполняют поперечные трещины отрыва, широко развитые в дайках. Иногда встречаются также диагональные кварцевые жилы, приуроченные к тектоническим трещинам сколового типа (Рис. 30, 31).

Дайковые поля характерны для пегматитовых месторождений, с которыми связаны многочисленные полезные ископаемые – редкие металлы (Забайкалье, Казахстан), камнесамоцветное сырье (Самоцветная полоса Урала), слюда (Мамско-Чуйская провинция), керамическое сырье (Карелия, Украина, Урал, Сибирь) и др.

Пегматиты характерны как для складчатых областей, так и для древних щитов. В фанерозойских складчатых областях положение пегматитов контролируется формой интрузива, с которым они связаны: пояса пегматитовых тел располагаются согласно с контактом массива. Пегматиты образуют неправильные тела, линзы, раздувы, в плане часто изогнутые, ветвящиеся, с апофизами. Для них характерна зональность. На щитах пегматиты не обнаруживают связи с интрузивными телами, рудоконтролирующими являются древние прогибы, троги, шовные зоны, крупные разрывные структуры в этих трогах и прогибах. Тела пегматитов имеют, как правило, линейные, плитообразные формы и обычно лишены зональности.

Одно из крупнейших в мире пегматитовых месторождений редких металлов – Берник-Лейк, находится в Канаде, на дне озера (Рис. 32). Главное рудное тело представлено здесь пологой плитообразной залежью мощностью 75 м с четко выраженной зональностью. Месторождение содержит около 90 % мировых запасов цезия (поллуцит Cs_2O) и является крупным по танталу и литию. Эксплуатируется с 1969 г. подземным способом.

Рудоносные вулканоструктуры

С рудоносными вулканическими постройками связаны многочисленные месторождения урана, золота, цветных и черных металлов.

П. Д. Яковлев [2] выделяет пять основных структурных типов вулканических сооружений: 1) вулканические купола; 2) вулканические депрессии; 3) кальдеры; 4) линейные или трещинные вулканы; 5) поля развития субвулканических интрузивов и корневых частей вулканических аппаратов.

Г. Ф. Яковлев [10. 11] предлагает следующую классификацию вулканогенных рудных полей:

1) положительные вулканогенные структуры

А) вулканогенные поднятия;

Б) вулкано-купольные;

В) вулкано-биклинальные;

2) отрицательные вулканогенные структуры:

А) вулкано-тектонические депрессии;

Б) кальдеры;

В) межвулканические депрессии;

Г) скрыто-вулканические депрессии;

3) вулкано-корневые структуры.

Наиболее распространенными и значимыми из вулканогенных месторождений являются золото-серебряные, сурьмяно-ртутные, уран-сульфидные и медноколчеданные.

Золото-серебряное оруденение широко распространено на северо-востоке РФ, преимущественно в Магаданской области. К этой формации относятся крупнейшие в России месторождения Наталка и Кубака, такие крупные объекты как Карамкен, Многовершинное, Аметистовое, Агинское и другие, а также Блявинское на Южном Урале. Месторождения обычно приурочены к жерловым и околожерловым зонам локальных вулкано-тектонических структур центрального типа, вулкано-тектоническим грабенам и вулкано-купольным постройкам. Рудолокализующими являются фрагменты линейных и дуговых разломов, пучки сближенных разрывов, фрагменты региональных разломов и оперяющие их нарушения. Разрез месторождения Карамкен представлен на рис. 33.

Небольшие сурьмяно-ртутные вулканогенные месторождения известны на Чукотке в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. Наиболее крупное месторождение Пламенное приурочено к вулканическому куполу, сложенному горизонтально залегающими вулканическими покровами преимущественно кислого состава и прорывающими их субвулканическими телами и дайками андезитов и диоритовых порфиритов. Оруденение связано с системой разрывных нарушений северо-западного простирания, наложенных на вулканическую постройку.

Из группы уран-сульфидных месторождений четкий контроль со стороны вулканических структур имеют уран-молибденовые и уран-флюоритовые.

Уран-молибденовое оруденение отличается широким размахом, как в разрезе, так и по латерали, и может быть локализовано в любых вулканических фациях. Так, месторождение Джедели (Казахстан) приурочено к палеокуполу, на крыльях которого залегают стратифицированные слоистые вулканические толщи, и расположено на его крыле (Рис. 34). Рудное тело имеет почти пластовую форму и локализуется в слое скрытокристаллических риолитов сферолитовой структуры. Риолиты, по сравнению с другими породами, отличаются повышенной хрупкостью, и при тектонических деформациях вокруг сферолитов в них развиваются тектонические трещины, которые делают проницаемым и благоприятным для рудоносных растворов весь пласт.

Уран-флюоритовый тип представляет Стрельцовский рудный район в Забайкалье (Рис. 35). Рудные объекты контролируются отрицательными вулканоструктурами –прогибами или депрессиями, выполненными вулканитами разного состава с преобладанием кислых разновидностей. Оруденение наблюдается, как правило, в породах верхнего структурного этажа – в молодых активизационных впадинах. Вулканические постройки осложнены разрывными нарушениями, большей частью крутопадающими. К узлам пересечения внутрикальдерных разломов приурочены отдельные месторождения. Кроме крутопадающих, развиты пологие межслоевые (межформационные) срывы. Рудные тела локализованы в разломах и представляют собой крутопадающие жилы и пологие субпластовые тела. Иногда возникают их сочетания, в результате которых формируются крестообразные структуры.

Вулканогенно-осадочные медноколчеданные месторождения также контролируются вулканическими сооружениями, в первую очередь, депрессионного типа. Для подводного вулканизма наиболее распространенными являются кальдерные, межвулканические, межкупольные и склоновые депрессии. Рудоотложение происходит в межпароксизмальные периоды. Поэтому, во-первых, рудные тела приурочены в вулканогенных толщах к горизонтам осадочных пород, фиксирующих эти перерывы; во-вторых, в связи с многофазными проявлениями вулканизма характерным является наличие многоэтажных (многоярусных залежей). На рис. 36 представлен разрез уральского медноколчеданного месторождения Юбилейное, приуроченного к биклинальной вулканоструктуре.

Геолого-структурные типы рудных тел

Структурная классификация рудных тел основана на их взаимоотношениях с вмещающими породами и структурами. По этому признаку все рудные тела делятся на 4 типа: согласные, секущие, контактовые и сложные, или комбинированные. Внутри типов выделяются классы по характеру деформаций вмещающих пород и виды по условиям рудообразования.

Согласные рудные тела

Согласными называются рудные тела, границы которых параллельны границам вмещающих пород, то есть залегающие согласно с ними (Рис. 37). К этому типу, в первую очередь, относятся пластовые руды осадочных месторождений. Согласными являются также рудные тела остаточных месторождений в корах выветривания площадного типа, хотя они, как правило, не имеют естественных природных границ и оконтуриваются по данным опробования.

Согласные рудные тела характерны и для большинства метаморфизованных месторождений, образовавшихся при метаморфизме первично осадочных залежей.

Согласные залежи могут формироваться и в процессах эндогенного рудообразования. Так, собственно магматические месторождения, приуроченные к расслоенным интрузиям, имеют согласную пластообразную форму, обусловленную процессами псевдостратификации магмы.

Рудные тела гидротермальных месторождений наиболее разнообразны. Среди них также встречаются согласные залежи, которые относятся к четырем классам: 1) тела избирательного замещения; 2) тела экранирования; 3) тела в отслоениях деформированных пластов; 4) сложные тела.

Тела избирательного замещения**.** Образуются в проницаемых, слабо дислоцированных пластах, обладающих достаточной пористостью и химической активностью при взаимодействии с рудообразующими растворами. Наиболее благоприятны для замещения рудами песчаники и конгломераты, в особенности с карбонатным цементом. Они хорошо проницаемые для растворов и химически активны. Избирательным замещением рядом исследователей объясняется образование стратиформных руд, в частности, медистых песчаников Джезказганского месторождения (Рис. 38). Джезказганская свита карбона состоит из чередующихся алевролитов и песчаников с карбонатным цементом. Отдельные горизонты известковистых песчаников замещались борнитом и халькопиритом.

Тела экранирования**.** *Р*азмещаются под экраном, который создается пластами трудно проницаемых пород, покрывающих более проницаемые. Пористые и трещиноватые, легко проницаемые породы почти не экранируют растворы. У плотных глин способность к экранированию самая высокая. Экраны задерживают растворы и заставляют их двигаться вдоль поверхности экрана, замедляют их движение и способствуют прохождению химических реакций и, как следствие, отложение рудного вещества. Чем ближе положение экранирующей поверхности к горизонтальному, тем сильнее может проявиться действие экрана. Классическим примером тел экранирования являются золото-сульфидные месторождения района Блэк-Хиллс в США, штат Ю. Дакота (Рис. 39). В основании разреза здесь находятся древние сланцы, на которых залегают кварциты и доломиты, перекрываемые алевролитами, которые играют роль экрана. Рудоносные растворы растекаются под экраном в пласте доломитов и вступают с ними в реакцию, результатом которой являются тела золото-сульфидных руд.

Тела в отслоениях деформированных пластов**.** *З*алегают, главным образом, в малых складчатых формах, развивающихся в свитах пластов неоднородного состава. Среди них выделяются 3 разновидности: 1) простые седловидные и линзовидные залежи, 2) тела, связанные с избирательным дроблением и оруденением отдельных пластов в складках, 3) внутрипластовые зоны дробления.

Простые седловидные и линзовидные залежи возникают в сланцах разного состава. При изгибах пластов с разными свойствами образуются седловидные полости. Рудоносные растворы проникают в полости по пересекающим пласты трещинам. Рудообразование происходит путем заполнения пустот, реже замещения, особенно в известняках. Классический пример седловидных жил – рудные тела месторождения золота Бендиго в Австралии (см. рис. 20). Здесь в мощной толще нижнего силура, состоящей из чередующихся тонких (1-3 м) пластов глинистых сланцев и песчаников, смятых в узкие крутые складки, развиты оруденелые отслоения между слоями.

Тела избирательного дробления наиболее распространены среди тел отслоения. Оруденение чаще всего локализуется в известняках, доломитах, песчаниках и конгломератах. В обломочных породах чаще всего образуются типичные прожилковые руды, подчиненные многочисленным мелким трещинам. В карбонатных породах развиваются большей частью метасоматические рудные залежи, как вкрапленные, так и массивные. В первую очередь, оруденение захватывает часть пласта, прилегающую к выпуклым участкам изгиба складки, испытывающим максимальное растяжение. Далее оруденение распространяется на всю сводовую часть складки и при наиболее интенсивном рудообразовании охватывает весь объем пласта, формируя внутрипластовые зоны дробления.

В Никитовском рудном поле (Украина) оруденение располагается в куполообразных брахиантиклиналях и подчинено отдельным пластам хрупких крупнозернистых песчаников и кварцитов, залегающих между сланцами и подвергшихся массовому дроблению (см. рис. 22). Рудные минералы выполняют многочисленные мелкие трещины, пересекающиеся в разных направлениях.

Сложные тела. Наконец, сложные рудные тела возникают при сочетании избирательного замещения, экранирования и отслоения. Характерный пример сложных

тел представляют собой полиметаллические месторождения Лениногорского района Рудного Алтая, в особенности Сокольное и Риддерское. Здесь известково-глинистые сланцы играют роль экрана, а в малых складках отслаиваются от нижележащих туфов. Хрупкие и пористые агломератовые туфы легко подвергались массовому дроблению. Под сланцевой покрышкой сосредоточены залежи массивных руд экранирования, в малых антиклинальных складках – тела отслоения, а в толще туфов – мощные прожилково-вкрапленные руды.

Секущие рудные тела

К секущим относятся рудные тела, границы которых пересекают границы вмещающих пород (Рис. 40). Как правило, секущие рудные тела подчинены разрывным нарушениям, пересекающим поверхности наслоения и другие структурные элементы слоистых массивных пород. Данный тип охватывает, главным образом, крутопадающие рудные жилы, возникающие путем заполнения пустот и замещения. Реже секущие тела формируются в магматических месторождениях. Так для ликвационных медно-никелевых руд Норильского района характерны секущие жилообразные тела, сформировавшиеся при отжиме еще не застывшего рудного расплава в образующиеся трещины (Рис. 41).

К этому типу принадлежат такие объекты, как крупнейшее в мире месторождение меди Чукикамата в Чили, жильные месторождения золота, полиметаллов, урана и др.

Выделяется 3 главных класса секущих рудных тел: 1) тела в простых трещинах, 2) тела в сложных разломах, 3) тела в вулканических каналах. Первые два класса имеют много общих черт, в связи с чем целесообразно рассмотреть их совместно.

Тела в трещинах отрыва. В зависимости от механизма рудоотложения ***тела в разломах и трещинах*** образуются в: а) в трещинах отрыва, б) в искривлениях трещин скалывания, в) в сопряжениях и разветвлениях трещин, г) в пересечениях трещин.

Рудные тела в отрывах возникают при нормальном приоткрывании разломов и трещин чаще всего в результате уменьшения объема интрузивных массивов в процессе их застывания. Величина приоткрывания по мощности обычно незначительна, но за счет проработки пород мощность оруденения увеличивается до нескольких метров.

Тела в трещинах скалывания. Образуются при косом перемещении пород вдоль поверхности сместителя. Руды локализуются в приоткрываниях, возникающих в искривлениях поверхности скола и характеризуются резкими изменениями мощности оруденения.

Среди рудных тел в трещинах скалывания различают три морфологических группы: рудные диски, рудные столбы и промежуточная форма – удлиненные рудные диски или укороченные рудные столбы. По положению в пространстве земной коры рудные столбы могут быть горизонтальными, вертикальными или наклонными. Горизонтальные рудные столбы, или рудные ленты, возникают в результате вертикальных перемещений – сбросов или взбросов. Вертикальные рудные столбы являются следствием чисто сдвиговых деформаций. Наиболее распространены наклонные рудные столбы, образующиеся при косых смещениях типа сдвиго-сбросов или сдвиго-взбросов.

Тела в сопряжениях и разветвлениях трещин. Чаще всего связаны с дроблением пород и локализуются в острых углах между трещинами. Под сопряжением понимается соединение двух трещин под острым углом. Оно часто связано с развитием трещин оперения. Осложнение сколовых трещин оперяющими приводит к образованию клиновидных подвижных блоков. При смещениях эти блоки легко подвергаются массовому дроблению и оруденению. Рудные тела в клиновидных блоках располагаются на некотором расстоянии от сопряжения, в области растяжения пород. Система оперения разлома нередко осложняется развитием многократно ответвляющихся трещин, в результате чего возникают узкие блоки, легко подвергающиеся дроблению. Такие блоки рассматриваются как сложные разломы. Классический пример оруденелого сложного разлома – рудное поле Бьютт в США (штат Монтана), где главная рудная жила имеет структуру «конского хвоста», образованного сложной системой оперения меднорудных жил (Рис. 42). Другой пример – уникальное месторождение медных руд Чукикамата в Чили. В массиве порфировидных гранитов проходит широкая зона разломов. Здесь развиты косые трещины отрыва, осложненные оперяющими отрывами и сколами до образования мощной зоны рассланцевания (Рис. 43).

Тела в пересечениях трещин. По механизму формирования сходны со схемой сопряженных разломов. Дробление и оруденение пород происходит как непосредственно в зонах пересекающихся трещин, так и в клиновидных блоках между ними. Поперечные сечения рудных столбов, образующихся в пересечении разломов, своеобразны: изометричные, треугольные, крестообразные, Т-образные, Г-образные (Рис. 44). На глубину рудные столбы прослеживаются на расстояние, во много раз превышающее их размеры по простиранию.

Тела в вулканических каналах включают две группы: а) тела в вулканических жерлах и б) тела в трубках взрыва. К вулканическим жерлам часто приурочены золото-серебряные и сурьмяно-ртутные месторождения, распространенные в пределах Охотско-Чукотского вулканического пояса. С трубками взрыва сопряжены раннемагматические месторождения алмазов кимберлит-лампроитовой формации, развитые в ЮАР, Австралии, России. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» представлены на рис. 45.

Контактовые рудные тела

В этот тип входят рудные тела, которые подчиняются поверхности интрузивного контакта изверженных пород с вмещающими их горными породами (Рис. 46). Оруденение может размещаться непосредственно в зоне контакта, в интрузивных породах (эндоконтактовые тела) и в породах кровли (экзоконтактовые тела).

Большая часть контактовых рудных тел имеет эндогенное происхождение. Из экзогенных месторождений к рассматриваемой группе относятся рудоносные коры выветривания контактового типа. Частным случаем контактовых тел являются рудные залежи скарновых месторождений.

Локализация оруденения в контактовых зонах зависит, в первую очередь, от морфологии, или рельефа контактовой поверхности. По отношению к залеганию вмещающих пород выделяются согласные и секущие интрузивные контакты. В согласных контактах условия деформации пород и движения растворов аналогичны

пластам осадочных и метаморфических пород, в секущих – аналогичны трещинам и разломам.

Различают 5 характерных типов интрузивных контактов: 1) контакты с эндоконтактовыми явлениями: ассимиляция, перекристаллизация – уменьшение зерен породообразующих минералов, текстуры течения, ксенолиты и пр.; 2) контакты с инъекционными явлениями: послойным проникновением магматического материала во вмещающие породы, мигматитами; 3) контакты с экзоконтактовым ореолом термального метаморфизма: мраморы, роговики и другие метаморфические породы; 4) контакты без существенных изменений; 5) контакты с проявлениями метасоматоза: скарнирование, окварцевание, серицитизация и др. Первые два типа характеризуются жесткостью и неподатливостью деформациям, три последних, наоборот, отличаются зонами повышенной хрупкости вдоль контактовой поверхности и благоприятны для рудоотложения.

Контактовые рудные тела образуют три класса: 1) тела в согласных контактах; 2) тела в секущих контактах и 3) тела в дайках и их контактах.

Рудные тела в согласных интрузивных контактах. Большое значение имеет сокращение объема пород при остывании, в результате чего образуются контракционные трещины. Кроме того, залегая среди осадочно-метаморфогенных пород, интрузивы представляют собой более хрупкую среду, чем их окружение. Поэтому при деформациях в них развивается дробление и образуются локальные отслоения интрузива от покрывающих пород,весьма благоприятные для рудоотложения. К согласному интрузивному контакту приурочено месторождение шеелита Ингички в Узбекистане. Скарноворудные тела здесь представлены пологими корытовидными залежами, приуроченными к прогибам контактовой поверхности (Рис. 47).

Рудные тела в секущих интрузивных контактах. Локализация рудных тел в секущих интрузивных контактах подчиняется тем же закономерностям, что описаны выше для разломов. Главную роль здесь играет чередование зажатых и приоткрытых граней. Так на медно-скарновых месторождениях Турьинских рудников на Урале рудные тела располагаются в участках контакта, вогнутых в сторону интрузива (Рис. 48). Массовое дробление с развитием прожилково-вкрапленных руд происходит в апикальных и периферийных частях, а также в узких куполовидных выступах интрузивов. На медно-молибденовом месторождении Алмалык в Узбекистане внутренняя часть штока кварцевых порфировых риолитов не содержит рудных тел, а вся рудная минерализация локализуется в раздробленной контактовой части массива.

Рудные тела в дайках и их контактах. Дайки заполняют приоткрытые участки трещин скалывания. Они представляют собой неоднородность геологической среды и поэтому благоприятны для развития деформаций. Самое известное месторождение, рудные тела которого представлены оруденелыми дайками – уже упоминавшееся Березовское золоторудное поле на Урале (см. рис. 30, 31).

Сложные рудные тела

Если отложение руд происходит под влиянием нескольких факторов, возникают сложные рудные тела. Наиболее распространены следующие классы сложных тел:

1) рудные тела в пересечении рудоносных трещин с благоприятными пластами; 2) рудные тела в пересечении интрузивного контакта рудоносной трещиной; 3) рудные тела в пересечении интрузивным контактом благоприятного пласта.

Рудные тела в пересечениях рудоносных трещин с благоприятными пластами**.** Если приоткрывание трещины происходит среди неблагоприятных пластов, оруденение образуется только в самой трещине. Если рудоносная трещина пересекает благоприятные пласты, но на этом участке закрыта, оруденение не образуется. Однако если рудообразующие растворы проникают в благоприятный пласт из соседних приоткрытых участков трещины, то в пласте образуется рудная залежь избирательного замещения, при отсутствии руды в самой трещине. Это согласные рудные залежи избирательного замещения (Рис. 49). Наконец, если приоткрытая часть трещины и благоприятный пласт совпадают, то оруденение заполняет приоткрытую часть трещины и распространяется в благоприятном пласте. В этих условиях образуются рудные тела, имеющие в вертикальном сечении тавровую, Г-образную или крестообразную форму. Это типичные сложные тела.

Когда разлом пересекает несколько параллельных благоприятных пластов, образуются связанные между собой многоэтажные рудные залежи. Роль разлома может играть секущий интрузивный контакт.

Рудные тела в пересечении интрузивного контакта рудоносной трещиной. В этом классе выделяется три вида рудных тел. Если рудоносная трещина или разлом пересекает интрузив, но не проникает во вмещающие породы, образуется рудное тело тавровой формы с относительно короткой «ножкой» (Рис. 50). Если рудоносная трещина или разлом пересекает и интрузив, и вмещающие породы, формируется тавровое тело с длинной «ножкой». Если контакт интрузива с вмещающими породами пересекается дайкой, оруденение может развиваться в основном контакте, а также распространяться вдоль дайки во вмещающие породы. Если контакт пересекается дайками и осложняется разломами, рудные тела размещаются вдоль контактов и трещин, образуя сближенные рудные столбы неправильной формы (Рис.51).

Рудные тела в пересечении интрузивным контактом благоприятного пласта**.** В этом виде оруденение подчинено поверхности интрузивного контакта, а также распространяется вдоль отдельных благоприятных пластов.

Геолого-структурные типы рудных полей

Классификация структурных типов рудных полей

Предлагаемая систематика структурных типов рудных полей [2, 5, 6, 10] основана, во-первых, на генезисе рудообразующих процессов и включает три традиционных генетических типа: эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Внутри типов выделены классы и подклассы по признаку сочетания структурных элементов, определивших характер деформаций вмещающих пород и связанных с ними особенностей размещения оруденения.

1. ЭНДОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

1.1. СКЛАДЧАТЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием складчатых форм на размещение оруденения)

1.1.1. Рудные поля в моноклиналях

1.1.2. Рудные поля в одиночных антиклиналях

1.1.3. Рудные поля в изгибах, ундуляциях, периклинальных замыканиях антиклиналей

1.1.4. Рудные поля в антиклиналях, осложненных разрывными нарушениями

1.1.5. Рудные поля в блокированных горст-антиклиналях и грабен-синклиналях

1.1.6. Рудные поля в синклиналях, осложненных разломами

1.2. РАЗРЫВНЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием разрывных нарушений на размещение оруденения)

1.2.1. Рудные поля в искривлениях поверхностей отдельных разрывных нарушений

1.2.2. Рудные поля в оперенных разломах

1.2.3. Рудные поля в сложных разломах

1.2.4. Рудные поля в тектонических пластинах

1.2.5. Рудные поля в пересечениях разломов

1.2.6. Рудные поля в сопряженных разломах

1.2.7. Рудные поля в блоках между субпараллельными разломами

1.2.8. Рудные поля в клиновидных структурах

1.3. КОНТАКТОВЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием контактовой поверхности интрузивных тел на размещение оруденения)

1.3.1. Рудные поля в согласных и подобных контактах интрузивов с вмещающими породами

1.3.2. Рудные поля в грабенах и прогибах пород кровли

1.3.3. Рудные поля в секущих контактах интрузивов с вмещающими породами

1.3.4. Рудные тела в пересечениях контактовых поверхностей разломами

1.3.5. Рудные поля, связанные с апофизами, дайками и штоками интрузивных пород в породах кровли

1.4. ВНУТРИИНТРУЗИВНЫЕ (рудные поля, в которых на размещение оруденения влияют элементы прототектоники и тектонические свойства магматических пород)

1.4.1. Рудные поля в системах прототектонических трещин

1.4.2. Штокверковые зоны в интрузивах среди осадочных и изверженных пород

1.5. ВУЛКАНОГЕННЫЕ (рудные поля с преобладающим влиянием вулканических структур на размещение оруденения)

1.5.1. Рудные поля, приуроченные к вулканическим куполам

1.5.2. Рудные поля, приуроченные к вулкано-тектоническим депрессиям

1.5.3. Рудные поля, приуроченные к кальдерам

1.5.4. Рудные поля, приуроченные к линейным вулканическим структурам

1.5.5. Рудные поля, приуроченные к корневым частям вулканоструктур

1.5.6. Рудные поля, приуроченные к трубкам взрыва

2. ЭКЗОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ

2.1. КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ (субаэральные)

2.1.1. Денудационные

2.1.2. Эрозионные

2.1.3. Карстовые

2.2. МОРСКИЕ (субмаринные)
2.2.1. Прибрежно-морские
2.2.2. Баровые
2.2.3. Рифовые
2.2.4. Оползневые
2.2.5. Поверхности несогласий
2.2.6. Структуры выклинивания
2.3. ТЕКТОНО-ЭКЗОГЕННЫЕ
2.3.1. Конседиментационные депрессии
2.3.2. Конседиментационные поднятия
3. МЕТАМОРФОГЕННЫЕ РУДНЫЕ ПОЛЯ
3.1. ГРАНИТОГНЕЙСОВЫЕ КУПОЛА И БЛОКИ
3.2. ЗЕЛЕНОСЛАНЦЕВЫЕ ЗОНЫ
3.3. ЗОНЫ СМЯТИЯ

Эндогенные рудные поля

Складчатые рудные поля

Рудные поля с преобладающим влиянием на размещение оруденения складчатых форм располагаются преимущественно в относительно пластичных сланцевых, карбонатных, карбонатно-терригенных и эффузивно-осадочных формациях пород. Общим для этой группы является преобладание согласных рудных тел. Наибольшее значение имеют рудные поля в моноклиналях, в одиночных антиклиналях и в антиклиналях, осложненных разломами.

Рудные поля в моноклиналях (Рис. 52). Оруденение приурочивается к участкам рассланцевания, избирательного дробления благоприятных пластов в местах изгибов и распространяется по простиранию структур. Рудные тела пластообразные, линзообразные, гнездообразные. Масштабы рудных полей данного типа в подвижных зонах обычно невелики. В платформенных условиях они могут приобретать значительные размеры, как, например, стратиформные свинцово-цинковые месторождения района Миссисипи-Миссури в США. С ними связаны полиметаллические и ртутные месторождения.

Рудные поля в одиночных антиклиналях возникают в разнородных слоистых толщах при перекрывании карбонатных пород сланцами. Важным условием формирования одиночной антиклинали является наличие субпараллельных или слегка сходящихся дизъюнктивных нарушений. В структурах такого типа локализуются преимущественно сурьмяные руды сложного минерального состава, нередко сопровождающиеся золотом. В качестве примера можно привести золото-сурьмяное месторождение Терексай в Средней Азии (Рис. 53). Характерно, что сурьмяная минерализация локализуется преимущественно в согласных структурах, а золоторудная – в секущих. Формируются согласные межформационные рудные тела на крыльях и в осевых частях антиклинальных складок (седловидные тела). Масштабы месторождений обычно средние.

Рудные поля в антиклиналях, осложненных разрывными нарушениями. Формируются в сланцевых, карбонатных, карбонатно-терригенных толщах и в их

сочетаниях, главным образом на крыльях антиклиналей и реже – в осевых частях. Контролируются секущими и поперечными нарушениями, связанными со складками более мелких порядков. Наряду с согласными телами широко развиты секущие и сложные. Классическим примером рудных полей данного вида является Никитовское в Украине (см. рис. 22).

Рудные поля в разрывных структурах

Рудные поля с преобладающим влиянием разрывных нарушений на размещение оруденения (разрывные) встречаются преимущественно в породах эффузивных и интрузивных формаций, меньше – в карбонатных. Наиболее важны рудные поля в искривленных и сложных разломах, а также в клиновидных структурах.

Рудные поля в искривлениях разломов. Размещаются преимущественно в крупных интрузивах на крыльях складчатых структур и реже в их осевых частях. Нередко приурочиваются к оперяющим трещинам. Оруденение локализуется в искривленных участках разломов, которые при существовавшем во время минералообразования плане деформаций оказывались приоткрытыми. На рис. 54 приводятся разные варианты приоткрывания искривленных участков разломов. Морфологические типы рудных тел зависят от вида смещения по разлому. При сдвигах возникают рудные столбы, контролируемые изменениями простирания разлома, при сбросах и взбросах – лентовидные линзы, при косых смещениях – наклонные столбы и линзы, размеры которых варьируют в широких пределах. Принципиальная схема геологического строения месторождения в оперенном разломе (план) приводится на рис. 55. Наиболее крупные масштабы имеют флюоритовые поля.

Рудные поля в сложных разломах являются одним из наиболее распространенных типов данной группы. Преобладают в эффузивных и несколько меньше в интрузивных формациях; реже встречаются в карбонатных и сланцевых. Формируются на крыльях складчатых структур, в областях синклинальных прогибов и мульд проседания, заполненных эффузивами. Чаще всего образуются в крупных тектонических блоках, ограниченных протяженными разломами глубинного залегания в виде кососекущих зон. Схема размещения оруденения в сложном разломе (план) представлена на рис. 56. Значение имеет оловорудная, висмутовая и флюоритовая минерализация. Наиболее распространены средние и мелкие поля мезотермального типа.

Рудные поля в клиновидных структурах. Клиновидные структуры известны практически во всех формациях пород и во всех структурных этажах. Чаще всего связаны с кососекущими разломами, узлами пересечения разломов и с изгибами складок (Рис. 57). Общее число рудных полей, относящихся к этому типу, ограничено, но относительное значение их чрезвычайно велико. В подобных структурах размещены золоторудные, сурьмяные и полиметаллические рудные поля.

Рудные поля в интрузивных контактах

Наиболее важными в промышленном отношении являются рудные поля в согласных контактах и связанные с апофизами, дайками и штоками.

Рудные поля в согласных и подобных контактах интрузивов с вмещающими породами. Характерная особенность полей данного типа – плащеобразный контакт интрузивных пород с вмещающей толщей, пересекаемый системами рудоподводящих

трещин (Рис. 58). Наиболее благоприятны для локализации оруденения прогибы, особенно пересекаемые трещинами и разломами, а также участки, круто падающие в сторону сползания пород кровли. По составу руд преобладают вольфрамовые (шеелитовые); подчиненную роль играют железорудные и свинцово-цинковые. Промышленное значение данного типа достаточно высоко.

Рудные поля, связанные с апофизами, дайками и штоками интрузивных пород в породах кровли. Располагаются, как правило, на крыльях антиклинальных структур и приурочиваются либо к крутым продольным разломам, выполненным дайками интрузивных пород, либо к экзоконтактовым зонам крупных интрузивов, осложненных продольными и поперечными дизъюнктивными нарушениями. Оруденение может размещаться либо непосредственно в контакте, породах контактово-метаморфической формации вдоль даек и апофиз. По вещественному составу преобладают полиметаллические рудные поля, меньшее значение имеют вольфрамовые и железорудные. Масштабы рудных полей варьируют в широких пределах, относительное значение их велико.

Внутриинтрузивные рудные поля

В этой группе следует выделить два типа, с которыми нередко связаны уникальные и крупные месторождения: расслоенные интрузии и штокверковые зоны.

Расслоенные интрузивные массивы основного и ультраосновного состава играют огромную роль в мировой минерально-сырьевой базе. С ними связаны крупнейшие месторождения платиноидов, хромитов и титаномагнетитовых руд Бушвельдского лополита в ЮАР (см. рис. 24), а также сульфидные медно-никелевые залежи в Норильском и Мончегорском районах РФ. В расслоенных интрузивных массивах щелочного состава известны редкометальные месторождения. Наиболее значительным из них является Ловозерское месторождение на Кольском полуострове. Редкометальное оруденение содержится в слое луявритов-малиньитов, принадлежащих к третьей фазе массива.

Штокверковые зоны в интрузивах среди осадочных и изверженных пород. Располагаются на крыльях антиклинальных структур и приурочены к зонам крупных разломов (Рис. 59). Основной фактор размещения оруденения – массовое дробление магматогенных пород при складкообразовании и тектонических движениях по разломам. Формируется вкрапленное и прожилково-вкрапленное оруденение штокверкового типа.

Вулканогенные рудные поля

Среди рудоносных вулканоструктур П. Д. Яковлев выделяет купола, депрессии, кальдеры, линейные вулканы и поля развития субвулканических тел и корневых частей вулканических аппаратов (Рис. 60).

К вулкано-купольным постройкам приурочены многие медноколчеданные, полиметаллические, золото-серебряные ртутные, бериллиевые и урановые месторождения. Пластообразные, жильные и штокверковые рудные залежи располагаются в вулканических покровах. Жильные штокверковые тела находятся внутри и около вулканических жерл конической формы, линейных и трубообразных. К вулкано-тектонической брахиантиклинали, осложненной крутопадающими продольными и поперечными разрывами, приурочено Сибайское рудное поле.

Молодежное медноколчеданное месторождение также размещается в пределах вулканического купола, осложненного многочисленными разрывными нарушениями. Юбилейное месторождение расположено на склоне вулканогенного поднятия, сложенного базальтами, и локализовано в теле кислых вулканитов верхней части разреза базальт-риолитовой формации.

Кальдеры часто характерны для комплексов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, формирующихся на платформах и щитах. Положение их определяется узлами сопряжения и пересечения крупных глубинных разломов. Кальдеры складчатых областей часто имеют вытянутую форму и располагаются в узлах сопряжений глубинных разломов, а во многих случаях бывают приурочены к вулкано-купольным структурам, которые на поздних стадиях развития преобразуются в кальдеры. Пример – уран-флюоритовые месторождения Стрельцовского района. Масштаб крупный.

Линейные вулканические сооружения характерны для риолит-гранитовых комплексов, локализующихся на отдельных участках глубинных разломов, в местах их изгибов, разветвлений, а также сопряжений и пересечений с поперечными разрывными нарушениями. Рудоносные участки представляют собой узкие тектонические зоны, выполненные вулканогенно-осадочными толщами, породами жерловой фации и субвулканическими образованиями. К ним относятся массивы рудоносных вторичных кварцитов и золото-серебряные месторождения Северо-Востока России и др.

В трубках взрыва локализуются крупные меднопорфировые месторождения, а также молибденовые, золоторудные, урановые объекты. Парагенетически они связаны с малыми гипабиссальными интрузивами и формировались, как и интрузивы, в условиях небольших глубин. Положение полей трубок взрыва контролируется главным образом региональными зонами разрывных нарушений: узлами их сопряжения и пересечения.

Экзогенные рудные поля

Для экзогенных рудных полей главными рудоконтролирующими факторами являются геоморфологический, климатический и тектонический.

Геоморфологические факторы представлены формами рельефа земной поверхности. В их образовании главную роль играют разные рельефообразующие процессы – денудация, эрозия, аккумуляция, карстообразование и т. д. Климатические факторы определяют физико-химические процессы рудообразования. Роль тектонического фактора выражается в формировании конседиментационных поднятий и депрессий, в образовании которых часто участвуют конседиментационные разломы.

Г. Ф. Яковлев [10] предлагает следующую классификацию структур экзогенных рудных полей.

1. Субаэральные (континентальные):

1) денудационные;

2) эрозионные;

а) долинные,

б) котловинные;

3) карстовые.

2. Субмаринные (морские):

1) прибрежно-морские

2) баровые;

3) рифовые;

4) оползневые;

5) поверхности несогласия;

6) структуры выклинивания.

3. Тектоно-экзогенные:

1) конседиментационные депрессии;

2) конседиментационные поднятия.

Субаэральные (континентальные) рудные поля

Денудационные структуры связаны с региональными корами выветривания площадного типа. Они образуются на поверхностях выравнивания, называемых также пенепленами или денудационными равнинами (61). Рудные поля денудационного типа представляют собой крупные пластообразные (платообразные) тела, которые формируются в конце крупных геоморфологических циклов. В эту группу относятся месторождения каолина, латеритные бокситы (Боке и другие), бурые железняки, силикатные никелевые руды и т. д.

Эрозионные структуры – это поверхности, выработанные проточной водой. К ним относятся речные долины, эрозионные террасы, уступы, озерные котловины (Рис. 62). Рудные залежи эрозионного типа образуются в результате аккумуляции, а их размещение и форма определяются элементами строения эрозионных структур – долин и котловин.

Речные долины заключают главным образом аллювиальные россыпи ценных минералов – золота, платины, алмазов и пр. С ними связаны также месторождения строительных материалов – гравия, песка, глины. Кроме того, с погребенными речными долинами юрского возраста связаны гидрогенные месторождения урана инфильтрационного типа (Далматовское и Хохловское).

Россыпи разделяются на несколько подклассов, в зависимости от геоморфологических элементов долин, с которыми они связаны – русловые, косовые, террасовые, дельтовые и др. различают россыпи современные и погребенные. Уникальное месторождение золото-урановых конгломератов Витваттерсранд в ЮАР, по одной из точек зрения, представляет собой погребенную дельтовую россыпь.

Озерные котловины развиты преимущественно на платформах. Они заключают осадочные месторождения железа, марганца, бокситов и др.

Карстовые структуры формируются в результате карстовых процессов, которые принято разделять на три группы: 1) экзогенные – связанные с подземными водами, 2) эндогенные – вызванные деятельностью гидротермальных вод и 3) полигенные и полихронные – сочетающие подземные воды и гидротермальные растворы. Общей чертой для всех генетических типов карста является наличие благоприятных для растворения пород, часто карбонатных. Такие месторождения часто встречаются на Урале – бокситы СУБРа (Рис. 63), силикатные никелевые руды Уфалейского и других районов, инфильтрационные месторождения железа алапаевского типа, в том числе Кашинское и Свято-Чудовское в окрестностях г. Сухой Лог.

Субмаринные (морские) рудные поля

Важнейший промышленный тип для редкометальных месторождений представляют собой прибрежно-морские россыпи (ПМР), связанные с зонами пляжа и подводного склона. Современные ПМР распространены в приэкваториальных странах – Австралии, Индии, Бразилии. Форма рудных тел этих месторождений лентообразная. Россыпи являются регенерирующимися, то есть восстанавливающимися за счет продолжающегося привноса морем редкометальных минералов. Известны также погребенные ископаемые ПМР.

Бары – крупные аккумулятивные формы, протягивающиеся вдоль берега моря. Они частично или полностью отделяют от моря крупные морские заливы – лагуны. В лагунах создаются особые условия седиментации. Лагуны превращаются в соляные бухты, где происходит отложение минеральных солей. Примером баровых структур является месторождение мирабилита в Карабугазском заливе, а также месторождения медистых сланцев и свинцово-цинковых руд.

Рифовые структуры отличает карбонатный состав и кластическое строение. С ними связано стратиформное оруденение.

Оползневые структуры образуются в результате гравитационного оползания слоев на склонах подводных поднятий. Формируются оползневые складки, сложенные подводно-коллювиальными брекчиями. Такие процессы, вызванные ростом кислых экструзивных куполов, развиты на многих медноколчеданных месторождениях.

Важным структурным типом рудных полей являются поверхности несогласия, с которыми сопряжены крупнейшие месторождения урана Канады и Австралии. Аналогичная поверхность контролирует бокситовые месторождения СУБРа (Рис. 64).

Структуры выклинивания представляют собой участки резких фациальных изменений рудовмещающих толщ, выклинивание тех или иных пород, к которым приурочены рудные концентрации. Оруденение вмещается зонами брекчирования и трещиноватости на фациально-геохимическом барьере.

Тектоно-экзогенные рудные поля

С конседиментационными депрессиями – мульдами связаны в первую очередь осадочные месторождения железа, например, Керченское в Крыму (Рис. 65). С конседиментационным поднятиям приурочены уникальные стратиформные свинцово-цинковые месторождения междуречья Миссисипи-Миссури, гидротермальные залежи флюорита и др.

Метаморфогенные рудные поля

Г. Ф. Яковлев [10] выделяет 3 структурных типа метаморфогенных рудных полей:

1) гранито-гнейсовые купола и блоки;
2) зеленосланцевые зоны;
3) зоны смятия.

Рудные поля в гранитогнейсовых куполах

Гранито-гнейсовые купола развиты, главным образом, на древних докембрийских щитах, реже в фанерозойских складчатых областях, в частности, на Урале. Это крупные структуры, размер которых в поперечнике составляет километры – десятки километров. Купола сложены гранитизированными породами – мигматитами и

гранито-гнейсами, которые на глубине сменяют граниты магматического облика. Внутреннее строение куполов сложное. В центральных частях обычно обнаруживаются реликты складчатой структуры. Кристаллы в породах ориентированы параллельно поверхности купола.

С гранито-гнейсовыми куполами связаны месторождения полиметаллов, железа и золота, слюд – мусковита, флогопита, а также талька, графита, антофиллита и других полезных ископаемых. Для России наиболее значительны месторождения слюд (Рис. 66) Мамской провинции (мусковит) и Алдана (флогопит) в Якутии.

Рудные поля в зеленосланцевых зонах

Зеленосланцевые синклинальные зоны встречаются чаще всего в двух позициях: 1) окаймляют гранито-гнейсовые блоки и купола; 2) выполняют вулканогенные троги, приуроченные к глубинным разломам. Внутреннее строение зон также сложное. Для них характерны складки течения, будинаж. Складчатость осложнена продольными и диагональными разломами, зонами рассланцевания и трещиноватости. В этих структурных элементах залегают рудные тела.

Наиболее яркие примеры месторождений в зеленосланцевых зонах – Криворожский железорудный бассейн (Рис. 67), золоторудное поле Колар в Индии. К зеленосланцевым зонам приурочены также разнообразные руды черных, цветных, благородных и редких металлов.

Рудные поля в региональных зонах смятия

Региональные зоны смятия, по сути, являются физическим выражением глубинных разломов. Их мощность составляет километры и десятки километров, протяженность по простиранию – сотни километров, по падению – километры. Строение зон смятия также сложное. Региональные зоны смятия состоят из локальных зон, чередующихся с блоками менее метаморфизованных и рассланцованных пород. Локальные зоны, в свою очередь, состоят из кулисно расположенных зон рассланцевания и трещиноватости. Они сложены динамо-метаморфизованными породами – различными тектонитами.

В пределах зон смятия развиты сжатые до изоклинальных, параллельно ориентированные линейные складки продольного изгиба, а также складки течения и скалывания. Тектониты характеризуются сланцеватостью, линейностью, будинажем, трещиноватостью, разрывами и др.

Зоны смятия более характерны для древних щитов, но известны и в складчатых областях. Это подвижные и проницаемые структуры, к ним приурочены пегматитовые, грейзеновые, альбититовые, собственно гидротермальные и метаморфогенные месторождения руд черных, цветных, благородных и редких металлов, а также неметаллического сырья – керамического, пьезооптического, слюд и др. Наиболее ярким примером служит Даванская зона смятия в Северо-Западном Прибайкалье (Рис. 68).

Контрольные вопросы

1. Что такое рудоконтролирующие факторы?
2. Охарактеризуйте модель куба деформаций горных пород
3. Как связано оруденение с разрывными нарушениями?

4. Как связано оруденине со складчатыми нарушениями?
5. Охарактеризуйте рудоносные магматические тела
6. Опишите рудоносные вулканоструктуры
7. Охарактеризуйте согласные рудные тела
8. Охарактеризуйте секущие рудные тела
9. Как образуются рудные тела в трещинах отрыва?
10. Опишите контактовые рудные тела
11. Охарактеризуйте сложные рудные тела
12. Перечислите структурные группы эндогенных рудных полей
13. Перечислите основные типы экзогенных рудных полей
14. Перечислите основные типы метаморфогенных рудных полей

Тема 4. Методы прогнозно-поисковых исследований рудных полей

Теоретические основы ведущих прогнозно-поисковых методов

Количественное прогнозирование полезных ископаемых

Прогнозирование размещения полезных ископаемых составляет неотъемлемую часть геологических исследований и выполняется во всех масштабах. Каждая стадия геологоразведочных работ должна начинаться и заканчиваться прогнозированием. Предшествующее прогнозирование служит основой для составления проекта работ данной стадии, итоговое прогнозирование является конечной целью этих работ.

В развитии геологического прогнозирования в нашей стране последовательно использовались разные методические подходы [3]. Дедуктивный подход применяла школа Ю. А. Билибина во ВСЕГЕИ. Он основан на представлениях о закономерном развитии геосинклиналей и платформ и связях металлогении с этапами этого развития. Школа К. И. Сатпаева в ИГ Каз АН исходила, наоборот, из необходимости конкретного изучения индивидуальных особенностей развития каждого региона и разнообразия металлогенических соотношений. Это индуктивный подход. В обоих случаях масштаб исследований региональный, прогноз дается только качественный, в результате его выделяются площади разной степени перспективности.

Школы Е. Т. Шаталова, Д. В. Рундквиста, Н. Б. Вассоевича, Д. П., Сапожникова, А. Д. Щеглова опираются в своих исследованиях на формационный принцип, из которого следуют критерии и факторы прогнозирования. При этом под формацией понимаются естественные ассоциации геологических тел (в том числе и рудных залежей), связанных общностью генезиса и территории. Здесь дается уже количественный прогноз, выделяются площади с посчитанными прогнозными ресурсами. Масштаб более крупный, прогнозирование выполняется в пределах рудных районов.

Широко распространен также параметрический подход, основанный на представлениях о наличии функциональных связей между минерализацией и сопряженными с ней полями: геохимическими, геофизическими, петрологическим, тектонофизическими. Масштаб в этом случае также районный, а прогноз количественный, причем прогнозные ресурсы рассчитываются как функции параметров.

Разработанная в нашем университете П. А. Шехтманом и В. В. Бабенко [1], методика количественного прогнозирования базируется на системном подходе.

Системный подход, в данном случае, это способ научного мышления, направленный на создание модели объекта прогнозирования. Он предусматривает изучение условий размещения известной минерализации и моделирование благоприятных геологических позиций, а затем анализ их размещения в геологическом пространстве, то есть собственно прогнозирование.

По определению П. А. Шехтмана, геологическое прогнозирование – это обоснование ожидаемого поведения и размещения геологических тел за пределами изученного пространства (про-гноз – это пред-знание). Количественное прогнозирование предусматривает: 1) количественное изучение геологических тел и явлений, 2) геометризацию структур и явлений, 3) установление количественных зависимостей между геологическими телами и явлениями, с одной стороны, и минерализацией, с другой, 4) получение на этой основе характеристики полезного ископаемого: формы, размеров, количества, качества.

Процесс прогнозирования в целом включает последовательное решение следующих задач: 1) изучение условий размещения минерализации (месторождений, рудопроявлений, отдельных рудных тел, околорудных метасоматитов); 2) составление объемной структурной модели исследуемой территории, являющейся основой для прогнозных построений; 3) выявление рудоконтролирующих факторов и оценка их относительной значимости; 4) размещение рудоконтролирующих факторов в объемной модели района и оконтуривание перспективных площадей; 5) категоризация и подсчет прогнозных ресурсов; 6) оценка надежности прогнозирования.

Решение перечисленных задач составляет суть рассматриваемой методик количественного прогнозирования, методы же решения их могут быть различны. Они определяются степенью изученности территории и масштабом исследований, то есть уровнем объектов прогнозирования в иерархии геологических тел. Объектами прогнозирования являются металлогенические тела разных уровней, разного масштаба – рудные провинции, районы, поля, рудные тела. Предмет изучения при количественном прогнозировании – это признаковое множество, которое образуют в земной коре геологические тела, явления и процессы вместе с минерализацией. Это множество неоднородно и разделяется, согласно П. А. Шехтману, на 4 подмножества: адресные, атрибутивные, факторные и критериальные признаки. Адресные признаки характеризуют положение объекта в геологическом пространстве, времени или процессе. К ним относятся возраст оруденения, его геотектоническая позиция. Атрибутивные признаки включают внутренние качества и свойства объекта – размеры месторождений, содержание полезных компонентов и вредных примесей, мощности рудных тел, запасы. Факторные признаки составляют подмножество тех геологических явлений, которые определяют возможность образования, геологическую позицию месторождений, размещение, форму и качество рудных тел. Это рудовмещающие и рудоносные горные породы, геологические контакты, разломы, складки, вулканоструктуры. К критериальным признакам относятся разные характеристики факторных, например: ориентировка, размеры, кинематический тип разлома. Ведущая роль в прогнозировании принадлежит факторным признакам, или рудоконтролирующим факторам, используются адресные и критериальные. Атрибутивные признаки составляют субъект и объект прогнозной оценкии.

Рудоконтролирующие факторы (РФ) – это вещественное выражение причин и условий формирования полезного ископаемого. Факторы различаются по масштабу действия: одни из них контролируют рудные районы, другие – рудные поля, третьи – рудные тела и т. д. В рудообразовании участвуют разные геологические процессы: разрывные, складчатые, вулканические, литологические (стратиграфические), магматические и др. В связи с этим выделяются соответствующие виды рудоконтролирующих факторов. Наборы их существенно различаются для разных генетических типов полезных ископаемых и для разных рудных формаций. Разные виды факторов также различаются по относительной значимости в контроле оруденения. Так, для гидротермальных месторождений ведущими являются тектонические факторы, для осадочных – литологические.

Рассмотрим теперь методы решения перечисленных выше основных задач количественного прогнозирования.

Первая задача – изучение условий размещения известных рудных объектов – заключается в определении признакового множества минерализации. В полевых условиях ведется документация, картирование и опробование оруденения, затем, в камеральный период, лабораторные и другие исследования, составление карт, планов, разрезов, проекций. В результате изученные рудные объекты систематизируются, составляется кадастр рудных объектов, в которых сводятся данные об их свойствах и условиях размещения.

Вторая задача – построение объемной структурной модели территории, так называемой карты рудогенеза. Геологическая ситуация, изображенная на ней, должна быть максимально приближена к условиям, существовавшим во время рудообразования. При построении модель используются все имеющиеся графические геологические материалы – геологические, формационные, фациальные, структурные, тектонические карты, карты метаморфизма и метасоматоза, серии продольных и поперечных разрезов и другие. На ней отражается вся информация о геологических телах и явлениях, участвующих в строении района, которая может быть показана в выбранном масштабе исследований. Второе требование к прогнозной основе – она должна быть геометризована. Геометризация дает нам графическую модель объекта прогнозирования, без которой конкретная прогнозная оценка, особенно количественная, невозможна. Для геометризации выбирается поверхность, наиболее тесно связанная с оруденением. Это может быть интрузивный контакт, разлом, контур ореола околорудных метасоматитов, маркирующий горизонт, подошва или кровля рудовмещающей толщи, структурного яруса или этажа – в зависимости от масштаба прогнозирования, особенностей прогнозируемой рудной формации, имеющихся данных. Методы геометризации общеизвестны, особенно эффективны отстройки в изолиниях: изогипсах при горизонтальной или пологой плоскости проекции и изолонгах при вертикальной (изолонги – это линии равного удаления от вертикальной плоскости проекции), а для рудных тел – в линиях равных содержаний, мощностей, метропроцентов.

Третья задача заключается в выделении рудоконтролирующих факторов оруденения. Решение этой задачи в нашей методике основано на выявлении связи разных геологических тел с известными рудными объектами и на оценке этой связи

методами математической статистики. Набор оцениваемых признаков определяется конкретными условиями прогнозирования, в первую очередь, заданным масштабом и степенью изученности территории, то есть имеющимися данными. Так в 1976-1980 годах Северная экспедиция нашего университета (СНИГЭ) проводила прогнозно-металлогенические работы на Полярном Урале. В масштабе 1:200000 выполнен количественный прогноз на 9 рудных формаций (цветные, редкие и благородные металлы). При этом оценивались порядок, возраст, эндогенный режим и величина зон влияния для всех геологических тел, а также следующие признаки: для геологических формаций – генетический тип и состав; для контактов – тип, характер, ориентировка, волнистость, бок и сочетание формаций в контакте; для разломов – простирание, направление и угол падения, волнистость, бок, кинематика, длина; для складок – форма, простирание, волнистость оси и степень сжатия складки; для магматических тел – форма, размеры, ориентировка. Следует также оценивать сочетание факторов разных видов: пересечение и сопряжение разломов, нарушение разломами складок, контактов, вулканоструктур, магматических тел, пересечение складок друг с другом и т. д. Каждый из этих признаков представлен несколькими значениями – градациями, для которых рассчитываются оценки значимости. Градации признаков могут быть качественными и количественнымии. Так, признак "форма магматических тел" будет иметь качественные градации, соответствующие проявившимся в районе исследований магматическим формам: шток, дайка, силл, батолит и др. Градации признака "простирание структур" (разломов, складок, контактов, даек и др.) будут количественными, а именно: интервалы значений азимута простирания, ширина которых определяется по правилам математической статистики. При недостатке данных возможно и более грубое градуирование с выделением, например, четырех градаций: субмеридиональное, субширотное, северо-восточное и северо-западное простирание.

В качестве результативного показателя при оценке, в зависимости от имеющейся информации, берутся какие-либо атрибутивные признаки минерализации. Лучше всего использовать в этом качестве запасы полезных компонентов. Если это невозможно, то следует брать метропроценты (метрограммы), содержание или мощность рудных тел. При недостатке информации может быть использована оценка в баллах, например: крупное месторождение – 1000, среднее – 100, мелкое – 10, рудопроявление – 1, точка минерализации – 0,1. Способы расчета тоже оценок могут быть разными. В статистических методах в качестве оценок могут выступать значения дисперсии, коэффициентов вариации или корреляции, а также мультипликативные показатели, учитывающие несколько статистических характеристик.

Логико-информационные методы, разработанные Р. М. Константиновым с соавторами (ЦНИГРИ), основаны на некоторых понятиях кибернетики, комбинаторики, теории графов и метода тупиковых тестов. Количественная оценка роли признаков в контроле оруденения базируется в них на определении информационных весов. Если исследуемая территория мало изучена или в ее пределах минерализация интересующего нас типа не известна, при прогнозировании могут быть взяты рудоконтролирующие факторы, установленные для другой территории, где есть эталонные объекты, то есть может быть использован метод аналогии. Распространен

также метод экспертных оценок, когда рудоконтролирующие факторы и их оценки устанавливаются экспертами – ведущими специалистами учеными и производственникам. Наконец, набор рудоконтролирующих факторов может быть определен по литературным источникам. В этом случае для расчета их оценок целесообразно использовать методы теории информации, а именно: показатель относительной энтропии, характеризующий степень однородности сведений о рудоконтролирующей роли того или иного признака.

Рассчитав тем или иным способом оценки относительной значимости признаков, нужно выделить из них рудоконтролирующие факторы. Это можно сделать по конфигурации вариационной кривой оценок, где рудоконтролирующим факторам соответствует область максимальных значений, или опять же с использованием статистических приемов. Выделенные рудоконтролирующие факторы систематизируются, то есть делятся по масштабу и по видам. Систематика их представляет собой модель благоприятной геологической позиции рудных районов, полей и тел. Сформировав эти позиции, можно переходить к решению следующей, четвертой задачи – анализу их размещения в геологическом пространстве. Рудоконтролирующие факторы выносятся на отдельную карту, где в результате их пересечения образуются геологически однородные блоки (ГОБ) – участки земной коры, в пределах которых геологическая ситуация в заданном масштабе одинакова. Одни из них содержат рудную минерализацию, в других она не известна. Для каждого такого блока рассчитывается суммарная оценка действующих в нем факторов. Компактные группы перспективных ГОБ оконтуриваются в качестве перспективных рудных районов, полей и тел. Границами их являются РФ соответствующего масштаба.

Для выделенных перспективных площадей подсчитываются прогнозные ресурсы и определяются их категории – решается пятая задача прогнозирования. Способы подсчета прогнозных ресурсов разных категорий были рассмотрены ранее.

Наконец, последняя, шестая задача – оценка надежности прогнозирования, тоже может быть выполнена несколькими методами. Во-первых, решением обратной задачи, когда по установленным РФ и их оценкам рассчитываются прогнозные ресурсы площадей с эталонными объектами, и эти ресурсы сравниваются с разведанными запасами. Во-вторых, методом параллельного прогнозирования, когда на одной и той же территории выполняются прогнозные исследования двумя независимыми методиками. В-третьих, может быть использован так называемый метод аналогии статистических распределений оценок перспективных блоков с известной минерализацией и блоков, в которых минерализация не обнаружена, разработанный В. В. Бабенко. Но самым надежным, хотя и самым дорогим методом проверки прогнозных построений, является практика - постановка геологоразведочных работ следующей стадии.

Геометризация рудоконтролирующих поверхностей

Цели и задачи геометризации

Анализ условий размещения месторождений полезных ископаемых разных типов показывает, что все они приурочены к той или иной геологической поверхности, которая входит в число ведущих рудоконтролирующих факторов. Так, расположение магматических месторождений всегда определяется конфигурацией интрузивного

контакта. Альбититовые, грейзеновые и порфировые рудные поля связаны с апикальными частями массивов гранитоидов. Скарновые залежи образуются в контактовой зоне силикатных и карбонатных пород. Рудные жилы – это тела выполнения разломов, которые также характеризуются обычно сложной поверхностью. Осадочные месторождения четко контролируются рельефом дна палеобассейна, границами слоя рудоносных пород и т. д. Подавляющее большинство нефтяных и газовых залежей находится в сводовых частях антиклинальных складок, вследствие чего для поисков используется составленная по данным сейсмических исследований структурная карта поверхности нефтеносной толщи.

Таким образом, разные геологические поверхности контролируют размещение оруденения. Рельеф продуктивной геологической поверхности определяет закономерности размещения в ее пределах минерализации. Изучение рельефа продуктивной структурной поверхности является одной из важнейших задач при исследовании месторождений.

Ведущим методом изучения геологических поверхностей является их геометризация. Геометризация рудоконтролирующих поверхностей – неотъемлемая часть методики анализа закономерностей размещения оруденения. Цель геометризации рудных полей, месторождений и рудных тел – изображение на картах и планах, разрезах и проекциях их геологических форм и свойств вещества, заполняющего эти формы.

Основной прием геометризации – построения в изолиниях. Способ построения в изолиниях достаточно прост. Изолинии доступны для всех арифметических и алгебраических действий. Легко осуществляется переход от изолиний к разрезам и наоборот. Изолиниями можно пользоваться для геометризации любых свойств и качеств геологических тел – мощностей, содержаний, запасов и т. д.

Методические приемы геометризации будет рассмотрены на практических занятиях, в этом разделе разберем некоторые теоретические вопросы.

При геометризации необходимо учитывать особенности геологических поверхностей, их отличия от поверхностей топографических.

Особенности геологических поверхностей

Топографические поверхности, как это установлено еще П. К. Соболевским, должны удовлетворять четырем условиям [5]: 1) конечности, 2) однозначности, 3) непрерывности и 4) плавности.

Условие конечности состоит в том, что в каждой конкретной точке, определяемой линейными координатами, высотная отметка имеет конечное значение. Поверхности геологических тел конечны только в пределах их внутреннего контура. За их пределами линейные координаты не будут характеризоваться какими-либо значениями, так как сама поверхность отсутствует.

Условие однозначности: в каждой точке топографической поверхности, определяемой линейными координатами, высотная отметка имеет только одно значение. Исключением являются только нависающие обрывы, которые, впрочем, недолговечны. Геологические тела и их поверхности располагаются в пространстве твердой земной коры, где они имеют опору в смежных породах. Кроме того, у геологических тел могут быть выделены поверхности верхние и нижние: кровля и

подошва, висячий и лежачий бок. Отсюда вытекают важные следствия. Геологические поверхности могут как угодно сложно изгибаться в пространстве земной коры. Опрокинутые складки, разрывы, дайки, лакколиты могут иметь любые нависающие формы. И поскольку геологические тела всегда имеют верх и низ, то даже у самых простых из них геологическая поверхность будет двузначна. В случае сложных дислокаций они являются многозначными. Следовательно, условие однозначности применительно к геологическим поверхностям имеет ограничение: поверхности геологических тел однозначны в пределах одной геологической позиции.

Условие непрерывности предполагает, что бесконечно малому приращению линейных координат отвечает бесконечно малое приращение отметки. Поверхности геологических тел непрерывны между разрывными нарушениями, которые могут привести или к отрицанию условия однозначности в случае нарушений с притиранием или к отрицанию условии конечности в случае нарушения с зиянием.

Понятие плавности для геологических поверхностей не является определенным. Топографические поверхности в общем доступны наблюдениям любой детальности, что обеспечивает плавность изолиний. Геологические поверхности недоступны для визуального изучения, информацию об их свойствах дают точечные или линейные пересечения. Плавность изолиний при построении геологических поверхностей дает только иллюзию достоверности, кажущуюся точность. Поэтому для их изображения нередко применяют ломаные линии.

Таким образом, геологические поверхности принципиально отличаются от топографических и, в частности, от топографической поверхности Земли. Соответственно, формы геологических поверхностей обычно достаточно далеки от дихотомически ветвящихся волн, типичных для рельефа Земли.

Морфологические типы геологических поверхностей

Среди морфологических типов геологических поверхностей выделяются [5] сложногофрированные, куполообразно-волнистые, зазубренно-волнистые, сундучно-волнистые и коробленые (Рис. 69).

Сложногофрированные поверхности присущи многим складчатым структурам. Они ближе всего стоят к топографическим поверхностям, особенно складчатого рельефа, но имеют от них характерное отличие. Оно заключается в том, что дополнительные усложнения складчатых структур могут развиваться параллельно основной оси, вдоль крыльев складок. В складках рельефа поверхности подобные структуры крайне редки.

Куполообразно-волнистые поверхности часто образуются в пологих и наклонных интрузивных контактах. Обычно поверхность интрузива волниста в двух перекрещивающихся направлениях: одно из них примерно параллельно длинной оси интрузива, другое – перпендикулярно ей. В результате пересечения и интерференции этих волн образуются системы куполов и впадин, усложняющих общий склон интрузива. При этом отмечается прямая зависимость между характером и степенью дислоцированности вмещающих интрузив пород и волнистостью его кровли.

Зазубренно-волнистые поверхности возникают в секущих, особенно крутых интрузивных контактах и в некоторых структурах отрыва («рваные» поверхности). Неоднородность вмещающих пород и избирательная активность магмы создают

неправильно волнистую поверхность контакта, часто с большим количеством разноориентированных апофиз, расположенных во вмещающих породах в виде пластовых или секущих тел. В результате контактовая поверхность приобретает необычайно сложную форму, напоминающую соты с ячейками разной формы и глубины. Такие поверхности более наглядно изображаются не плавными, а ломаными изолиниями.

Сундучно-волнистые поверхности образуются в сундучных антиклиналях и синклиналях; иногда на такую поверхность, напоминающую поставленные на ребро плоские чаши, имеют разломы.

Коробленые поверхности часто образуются в трещинных жилах. Отдельные участки трещин, на фоне их генерального положения в пространстве, могут обладать существенно различными элементами залегания, формой и размерами. Чаще всего они имеют трехгранную или четырехгранную форму. Крутопадающие трещины с короблеными поверхностями не находят себе даже отделенных подобий в формах, топографической поверхности Земли; они скорее напоминают стены, обильно оснащенные скульптурными и архитектурными деталями.

Анализ мелкой трещиноватости

Мелкой трещиноватостью горных пород называется совокупность имеющихся в них мелких трещин. Эти трещины недоступны для индивидуального картирования даже в самых детальных масштабах и не всегда могут быть изображены на зарисовках. Вместе с тем они являются важными свидетелями условий развития деформации пораженной ими горной породы, а также в существенной доле определяют физические свойства породы.

Условия и причины возникновения мелких трещин в горных породах разнообразны. Эти трещины образуются в результате диагенетических превращений осадочных пород, при остывании и контракции минералов изверженных пород и их гидротермальных изменениях, при тектонических деформациях, минерализационных оседаниях и обрушениях пород и по иным причинам. Нередко эти процессы охватывают значительные объемы горных пород, а иногда развиваются локально. В мелкой трещиноватости фиксируется суммарный результат этих процессов.

Изучение мелкой трещиноватости позволяет разрешить ряд задач, например [5]:

1) выяснить общую характеристику строения трещиноватых пород;

2) определить проницаемость пород для рудообразующих растворов;

3) установить влияние внутренней морфологии и свойств пород на развитие в них деформаций;

4) определить морфогенезис изверженных пород;

5) рассмотреть условия распределения в породе разных минеральных комплексов;

6) охарактеризовать механические свойства пород;

7) выяснить природу силового поля, вызвавшего трещинные деформации в породе.

При полевой документации мелкой трещиноватости необходимо соблюдать условие единства геологической позиции, фиксировать форму, размеры трещин,

характер поверхности, минеральное заполнение, визуально выделять системы и их взаимоотношения друг с другом. Кроме того, целесообразно определить удельную трещиноватость, частоту трещин, удельное растяжение.

Станция замера трещин полностью должна находиться в единой геологической позиции. Геологической позицией точки наблюдений называется ее пространственное положение в горной породе определенного типа и в определенных отношениях к форме и условиям залегания породы. Таким образом, все трещины должны располагаться в одной и той же горной породе. Кроме того, трещины, расположенные вблизи северного или южного контактов интрузивного массива или в центральной его части, находятся в разных позициях. Изменение элементов залегания контакта также будет обусловливать различие геологических позиций. Трещины вблизи пересекающих интрузив разломов или даек также будут иметь свою особую позицию. В осадочных породах разные геологические позиции будут располагаться в осевых частях или на крыльях складок, вблизи разломов и т. д.

Форма, размеры трещин и рельеф стенок определяются свойствами вмещающей среды и силовым полем, вызвавшим ее деформацию. Как известно, трещины отрыва и скола различаются по форме и рельефу стенок. Различают трещины прямолинейные, слабоизогнутые, волнистые и ломаные. Волнистость и ломаные формы обычны для трещин отрыва, имеющих очень неровную поверхность от шероховатой до зубчатой. Трещины сколов и сдвигов, наоборот, характеризуются притертой, иногда с зеркалами и бороздками, в общем ровной поверхностью. Размеры и форма трещин зависят не только от механизма образования, но и от состава и структуры породы.

По составу минерального заполнения трещины могут быть разделены на три группы: 1 – не заполненные минералами полые трещины, 2 – трещины, заполненные продуктами разрушения вмещающих пород (брекчия, дресва, тектоническая глинка и т. п.), 3 – трещины, заполненные продуктами отложения из растворов. Для характеристики свойств пород трещины первых двух групп могут быть более дробно подразделены по степени разверзания, по характеру заполнения, длине и др. Трещины последней группы обычно делятся по минеральному составу заполнения.

Характеристика систем трещин. Система трещин – это пространственная их совокупность, обладающая одинаковыми или близкими элементами залегания. Как правило, элементы залегания трещин подчиняются нормальному закону распределения. Это означает, что наибольшее количество трещин данной системы имеет близкие элементы залегания, определяя полюс системы. Постоянно уменьшающееся количество трещин имеют все более отклоняющиеся друг от друга элементы залегания и образуют ореол рассеяния вокруг своего полюса. Обычно ореолы рассеяния тектонических трещин не превышают размаха в 20-25° как по азимутам, так и по углам падения.

Удельная трещиноватость является объективным показателем интенсивности массовых деформаций данной породы, обладающей определенными свойствами. На практике удельная трещиноватость определяется как количество макроскопически видимых трещин, приходящихся на линейный метр обнаженной поверхности горной породы. При этом учитываются все трещины, независимо от их систематики.

Кроме удельной трещиноватости, следует различать частоту трещин. Частоту характеризует количество трещин данной системы, приходящееся на 1 м в направлении

вкрест простирания и перпендикулярно падению системы. В некоторых случаях частота будет совпадать с удельной трещиноватостью.

Удельное растяжение является объективным показателем степени разгрузки породы от давления в тот или иной период. Под удельным растяжением понимается процентное отношение объема приоткрываний в трещинах ко всему объему породы, содержащей эти трещины. Обычно приоткрывания заполнены минералами или частицами породы. Для полноты характеристики удельного растяжения породы нужно делать замеры в трех направлениях.

Соотношение с другими трещинами имеет значение для выяснения условий трещинных деформаций, характера и направления создавших трещины усилий и соотношения процессов трещино- и минералообразования.

Массовые замеры трещин нуждаются в обработке, которая выполняется разными графическими способами, с помощью диаграмм.

Камеральная обработка массовых замеров выполняется, как правило, статистическими методами. Методические и технические приемы обработки будут рассмотрены на практических занятиях.

Контрольные вопросы

1. Назовите ведущие методы исследования рудных полей
2. Какие методы относятся к картировочным
3. Какие методы относятся к ведущим
4. Какие задачи решаются при детальном прогнозировании
5. В чем состоит метод количественного прогнозирования геолого-статистическими методами
6. В чем состоит метод геометризации рудоконтролирующих поверхностей
7. В чем состоит метод изучения мелкой трещиноватости?

Литература

1. Бабенко В. В., Коцуба А. П. Прогнозирование условий размещения полезных ископаемых: Научное издание. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. – 385 с.

2. Вольфсон Ф. И., Яковлев П. Д. Структуры рудных полей и месторождений. Учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 309 с.

3. Детальные структурно-прогнозные карты гидротермальных месторождений./П. А. Шехтман, В. А. Королев, Н. А. Никифоров и др. М.: Недра, 1979. – 280 с.

4. Коробейников А. Ф. Геологическое картирование рудных полей и месторождений. Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 1997. – 165 с.

5. Королев А. В., Шехтман П. А. Структурные условия размещения послемагматических руд. М.: Недра, 1965. – 507 с.

6. Кривцов А. И., Яковлев П. Д. Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. М.: Недра, 1991. – 382 с.

7. Невский В. А., Фролов А. А. Структуры рудных месторождений кольцевого типа. – М.: Недра, 1985. – 247 с.

8. Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Рекомендации межинститутской рабочей группы Госнедра / Под редакцией А.И. Кривцова; составители: Беневольский Б.И. (руководитель), Аксенов Е.М., Блинова Е.В. и др. – М.: ЦНИГРИ, 2010. – 95 с.

9. Старостин В. И., Дергачев А. Л., Семинский Ж. В. Структуры рудных полей и месторождений: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2002. – 352 с.

10. Яковлев Г.Ф. Геологические структуры рудных полей и месторождений. Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 267 с.

11. Яковлев Г. Ф. Вулканогенные структуры месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1984. – 208 с.

АЛЬБОМ
РИСУНКОВ К КУРСУ ЛЕКЦИЙ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ»

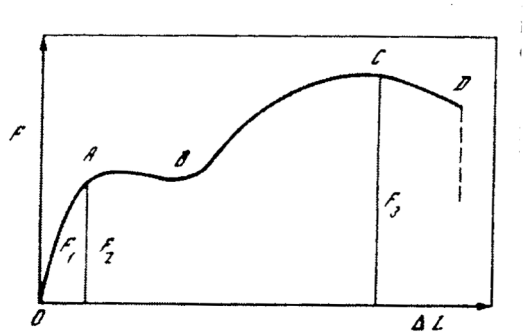


Рис. 1. Кривая деформаций:
F – величина усилия; ΔL – приращение длины стержня; OA – упругая деформация (деформация прямо пропорциональна величине усилия); A – предел упругости (предел пропорциональности, отвечающий силе F_1); F_2 – усилие, отвечающее пределу упругости; AB – удлинение без изменения усилия («текучесть»); B – предел пластичности; C – предел прочности; F_3 – соответствующее ему усилие; D – разрыв образца

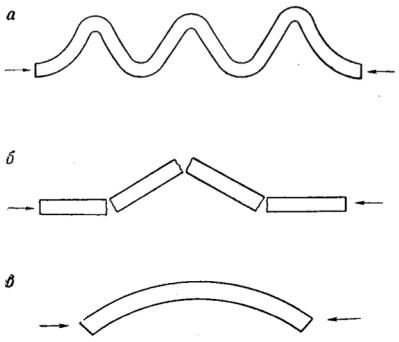


Рис. 2. Схемы деформации пластичного (*а*), хрупкого (*б*) и несущего (*в*) пластов, вызванной продольным изгибом. Разрезы

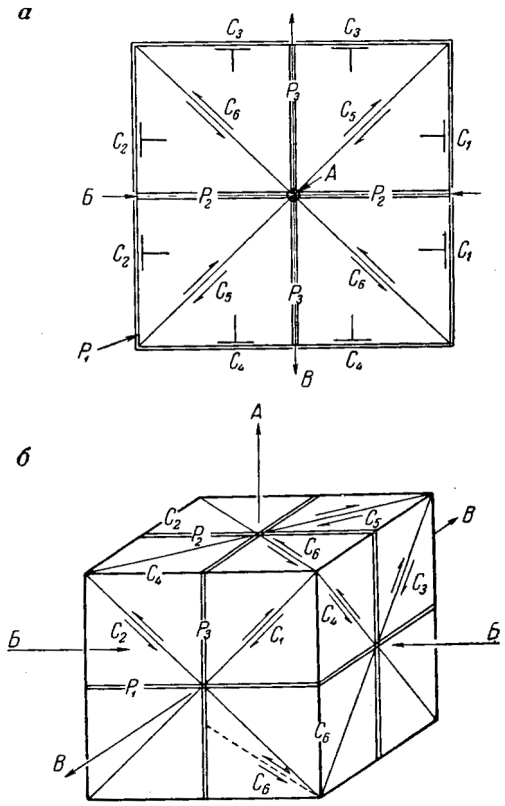


Рис. 3. Основные плоскости деформаций:
а – в плане; *б* – в пространстве. Плоскости: C_1 и C_2 – взброса; C_3 и C_4 – сброса и взброса; C_5 и C_6 – сдвига; P_1 – горизонтального отрыва; P_2 – отрыва; P_3 – сжатия

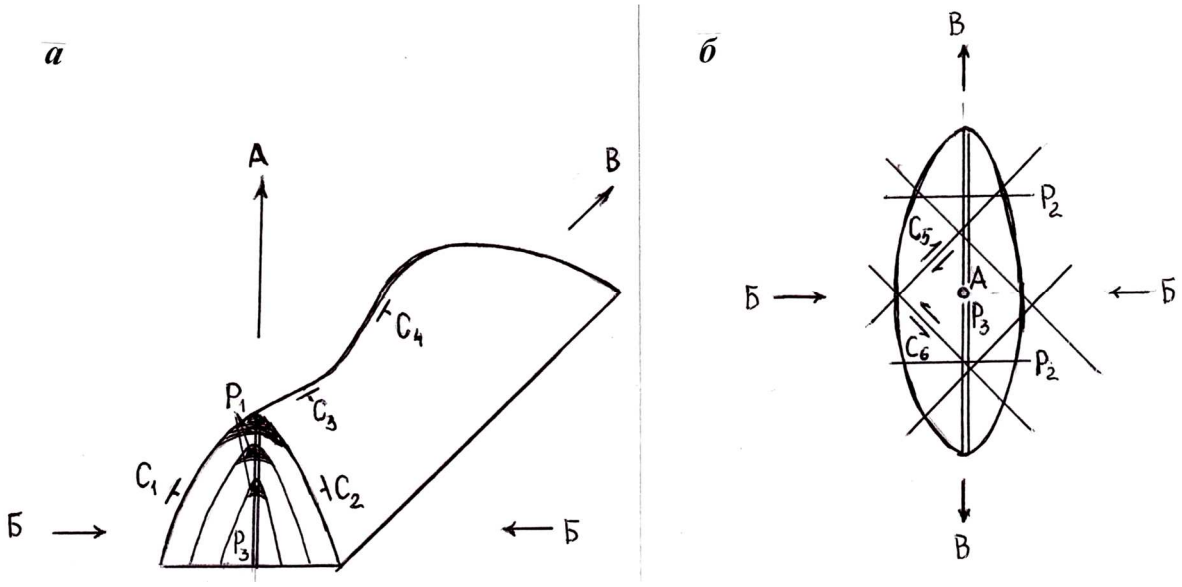


Рис. 4. Положение куба деформаций в складчатых структурах: *а* – в разрезе, *б* – в плане

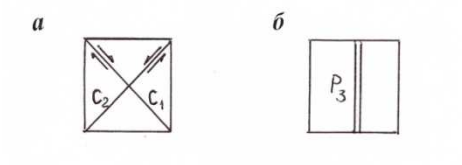


Рис. 5. Ориентировка сопряженных трещин в идеально хрупких (а) и в идеально пластичных (б) породах

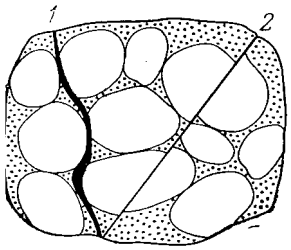


Рис. 6. Трещины отрыва (1) и скалывания (2) в конгломератах



Рис. 7. Виды разломов по характеру окончания:
а – неограниченные, б – полуограниченные и в – ограниченные

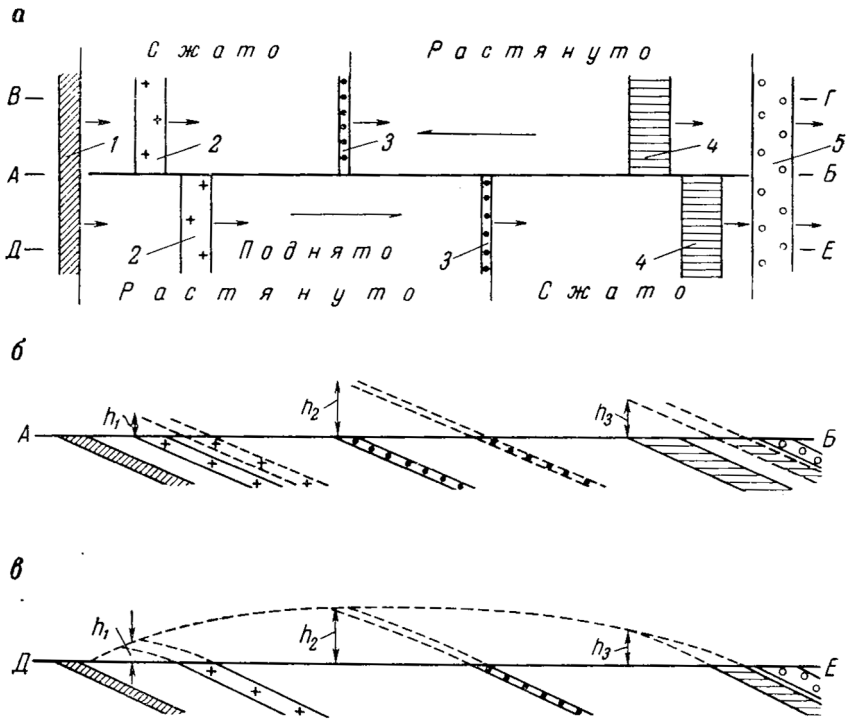


Рис. 8. Деформация разрыва со взбросо-сдвиговым перемещением:
а – план разрыва; пласты 1 и 5 не перемещены; *б* – совмещенный разрез по АБ; пунктиром указаны пласты поднятого блока ДЕ; *в* – деформация поднятого блока. Разрез

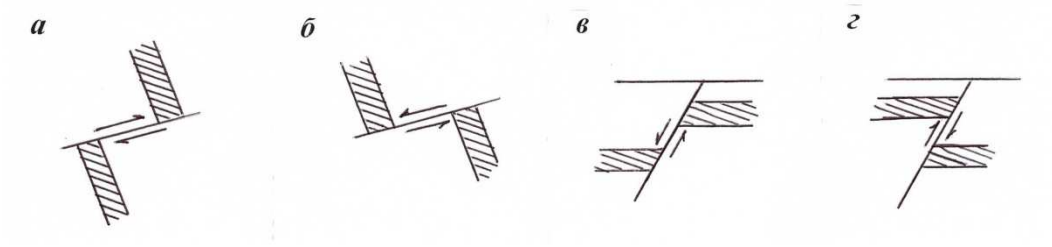


Рис. 9. Кинематические типы разломов: *а* – правый сдвиг; *б* – левый сдвиг; *в* – сброс; *г* – взброс

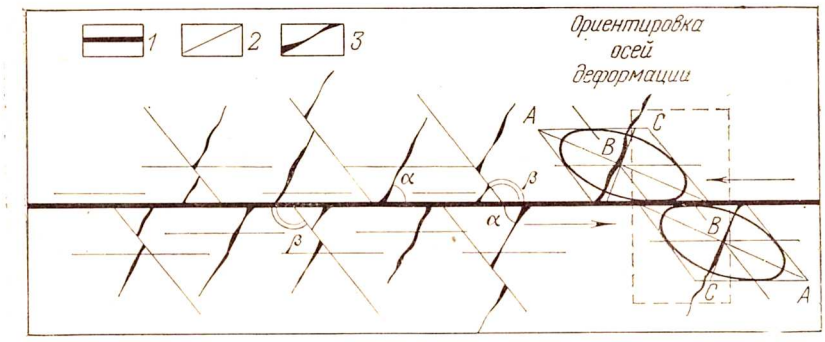


Рис. 10. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сдвиг:
1 – главное разрывное нарушение; оперяющие трещины: 2 – скалывания, 3 – отрыва. A, B, C – главные оси деформации; α – острый угол, образованный оперяющими трещинами отрыва со сместителем в двигавшемся блоке; β – тупой угол, образованный оперяющими трещинами скалывания со сместителем в двигавшемся блоке. Стрелками показано направление перемещения блоков пород, пунктирной линией – кубические блоки породы до деформации

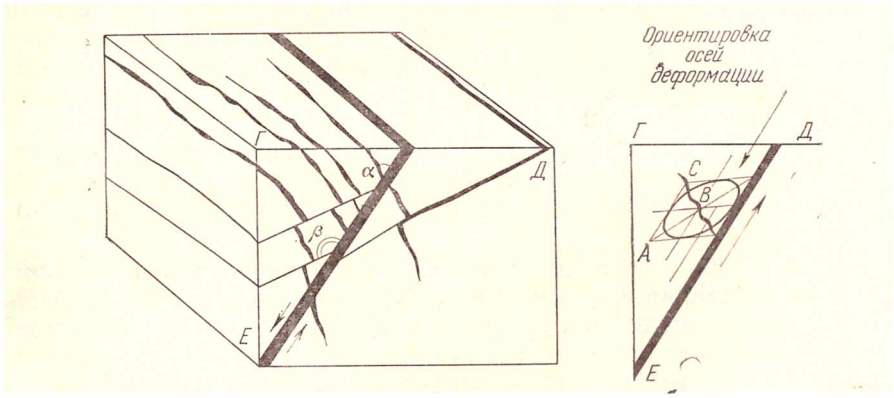


Рис. 11. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сброс

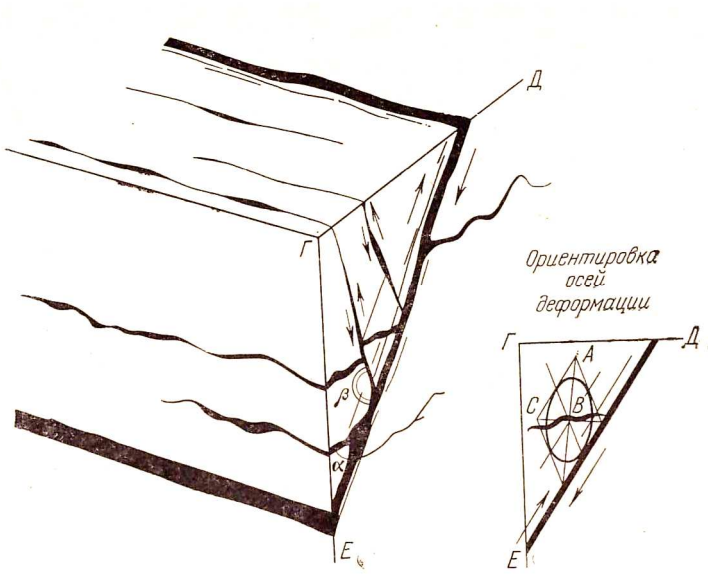


Рис. 12. Схема формирования боковых трещин, оперяющих взброс

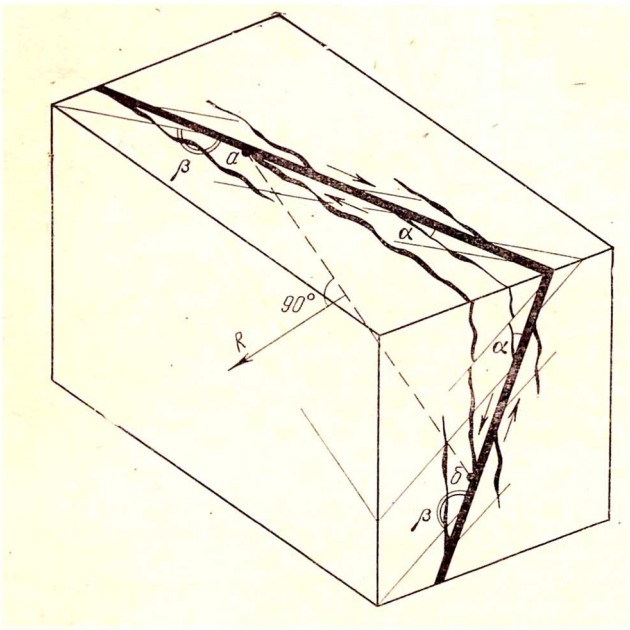


Рис. 13. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сбросо-сдвиг:
R – направление перемещения висячего бока сбросо-сдвига, перпендикулярное к линии сопряжения (*аб*) оперяющей трещины отрыва со сместителем

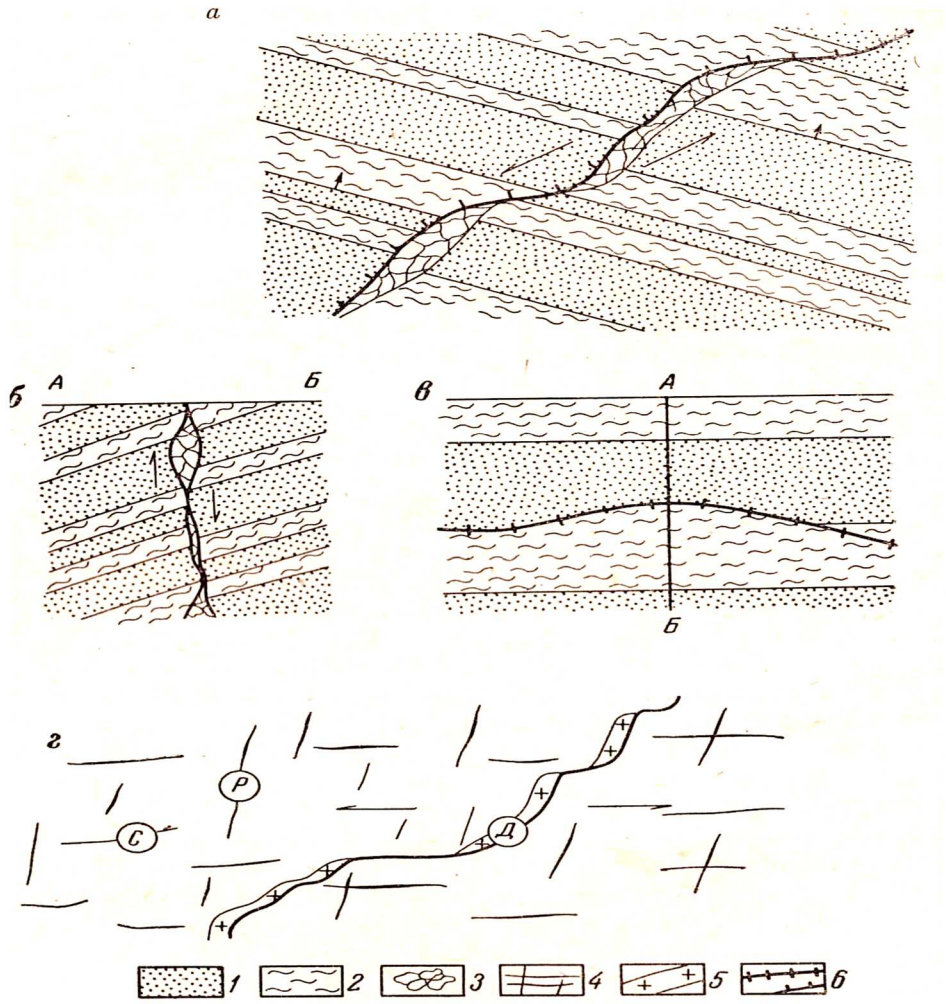
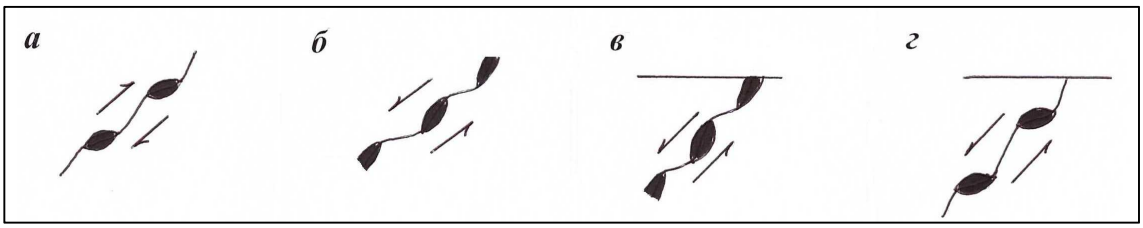


Рис. 14. Волнистость поверхностей разломов:
а – крутопадающая волнистость в разломе среди анизотропных пород (план); *б* – волнистость продольного разлома в свите наклоннопадающих пластов (разрез); *в* – то же, в плане; *г* – волнистость разлома среди интрузивных пород; *1* – хрупкий пласт; *2* – пластичный пласт; *3* – брекчии; *4* – трещиноватость гранитоидов; *5* – дайка; *6* – трещины



д

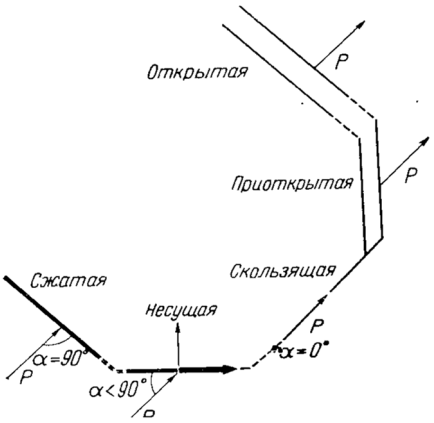


Рис. 15. Приоткрывание граней разлома при разных направлениях смещения: в плане: *а* – при правом сдвиге, *б* – при левом сдвиге; в разрезе: *в* – при сбросе, *г* – при взбросе; *д* – классификация граней трещины по отношению к направлению усилия

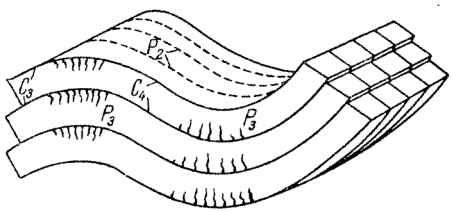


Рис. 16. Системы трещин, возникающие в концентрических складках жестких пластов

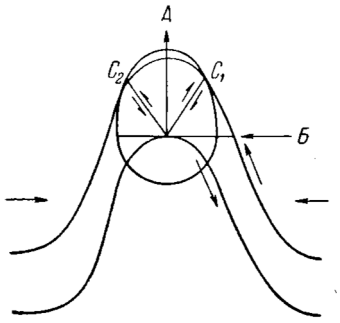


Рис. 17. «Подобные» складки, возникающие при продольном изгибе в пластичных породах. Разрез

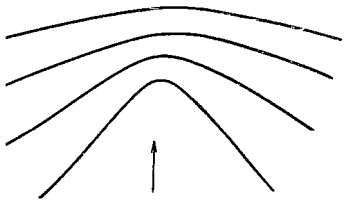


Рис. 18. Складка поднятия в пластичных породах с уменьшением мощности в осевой части. Разрез

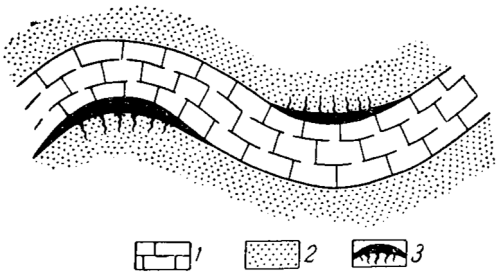


Рис. 19. Распределение пустот и трещин (3) при совместном изгибе несущего пласта (1), залегающего между двумя хрупкими (2). Разрез

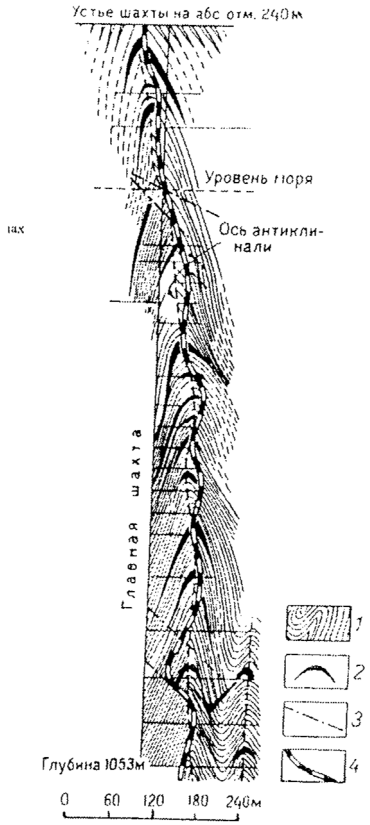


Рис. 20. Многоэтажные седловидные золото-кварцевые жилы на месторождении Бендиго, Австралия (по У. Стоуну)

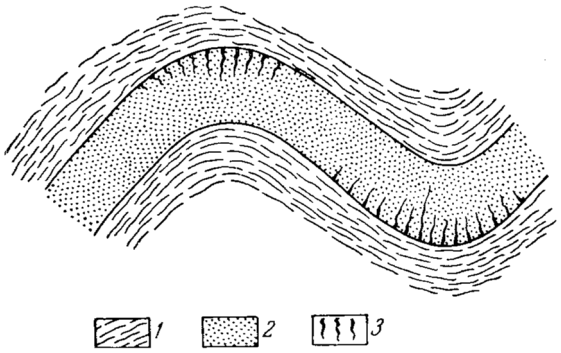


Рис. 21. Распределение трещин (3) при совместном изгибе хрупкого пласта (2), залегающего между пластичными (1). Разрез

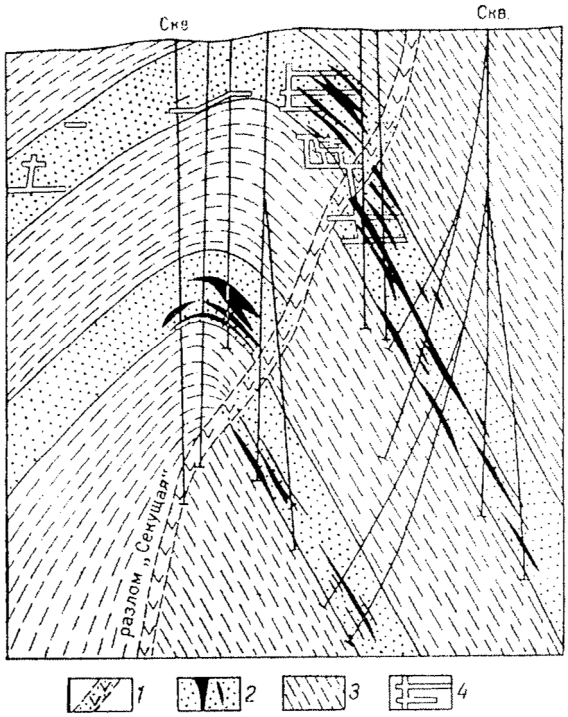


Рис. 22. Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения в Донбассе (по А. Добрянскому):
1 – зона брекчирования разлома «Секущая»; 2 – оруденение в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 4 – подземные горные выработки

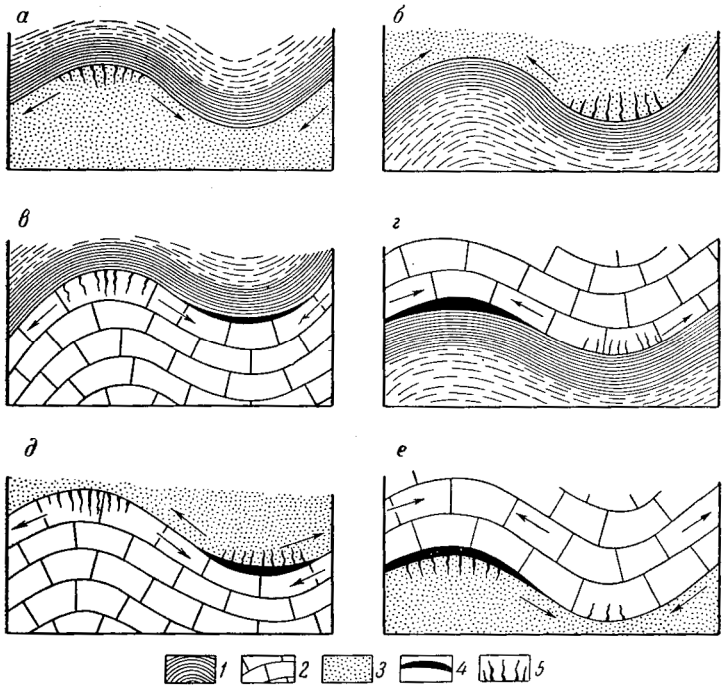


Рис. 23. Результаты изгибания разных (*а – е*) систем двух разнородных пластов:
1 – пластичные; 2 – несущие; 3 – хрупкие; 4 – пустоты; 5 – трещины

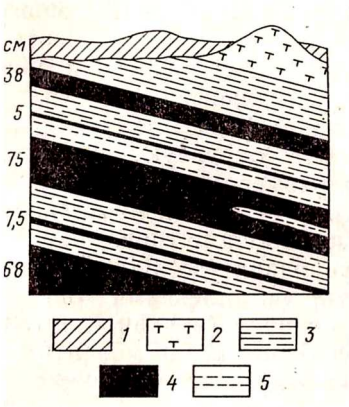


Рис. 24. Пластовые залежи хромитов в Бушвельдском комплексе в Южной Африке (по В. Купферберюргеру):
1 – четвертичные отложения; 2 – анортозиты; 3 – диаллаговые габбро; 4 – хромиты; 5 – бронзито-диаллаговые породы

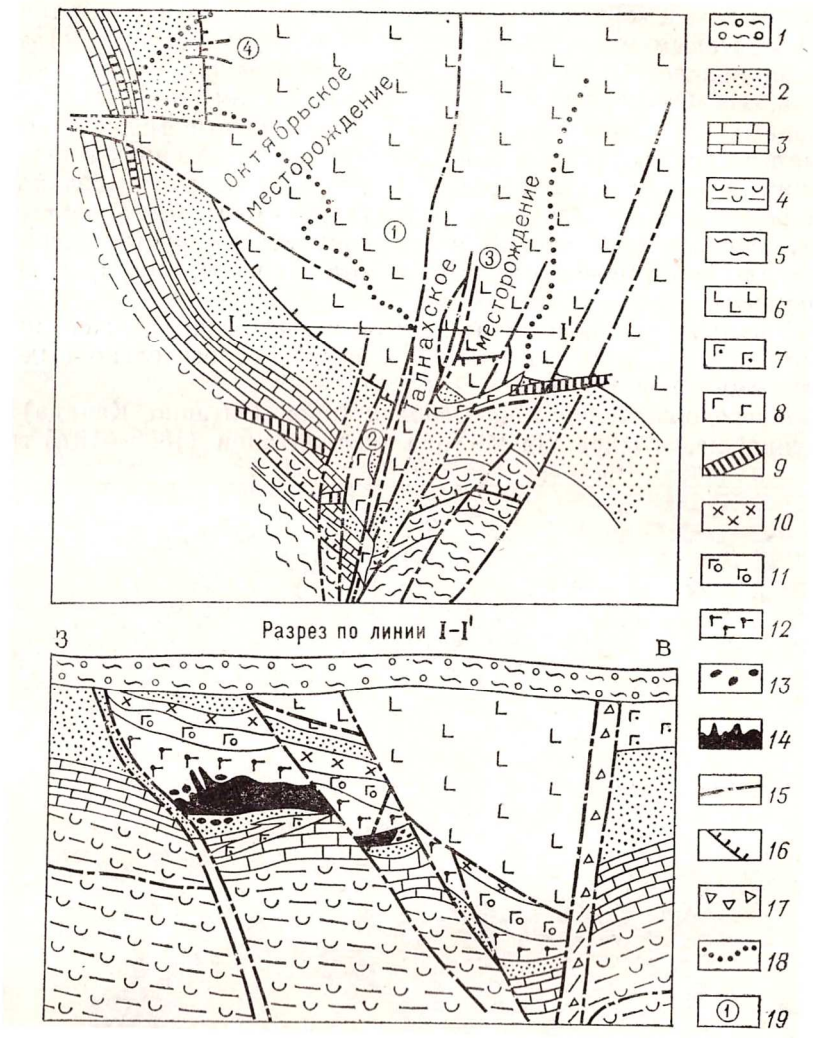


Рис. 25. Схематический план Талнахского рудного поля и разрез юго-западной части Талнахского месторождения (по В. Ф. Кравцову и А. В. Тарасову):
1 – четвертичные отложения; 2 – угленосные отложения P-C; 3 – карбонатная толща D_3; 4 – ангидрит-мергелистая толща D_2; 5 – карбонатно-глинистая толща D_1; 6 – туфолавовая толща P-T; 7 – долериты и микродолериты; 8 – выходы рудоносной талнахской интрузии под четвертичные отложения; 9 – пластообразные апофизы Талнахской интрузии; 10 – метадиориты, габбро; 11 – оливиновые габбродолериты; 12 – рудоносные габбродолериты; 13 – вкрапленные богатые руды; 14 – массивные руды; 15 – разрывные нарушения;16 – пологие разрывные нарушения; 17 – тектонические брекчии; 18 – границы Талнахской интрузии; 19 – ветви Талнахской интрузии: 1 – северо-западная, 2 – юго-западная, 2– северо-восточная, 4 – Хараелахская

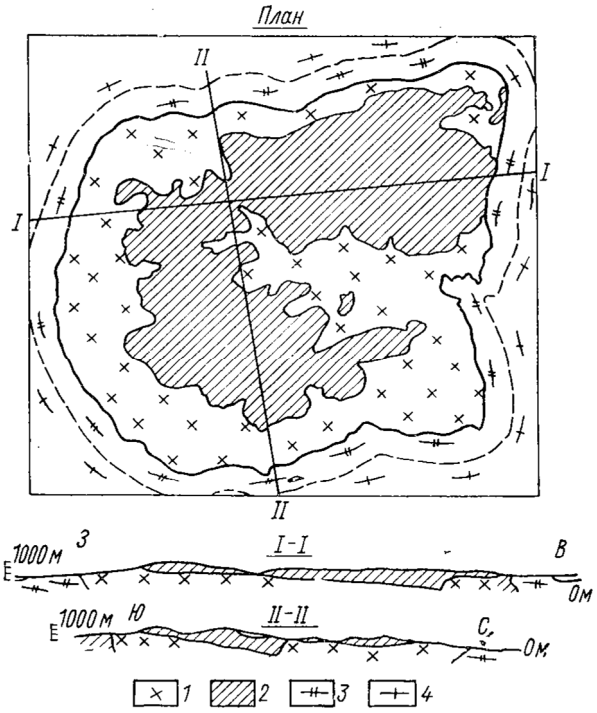


Рис. 26. Геологическое строение массива редкометальных нефелиновых сиенитов (по Власову К. А. и др.):
1 – дифференцированный комплекс нефелиновых сиенитов; 2 – эвдиалитовые луявриты и эвдиалититы; 3 – фениты; 4 – гнейсы и гранитогнейсы

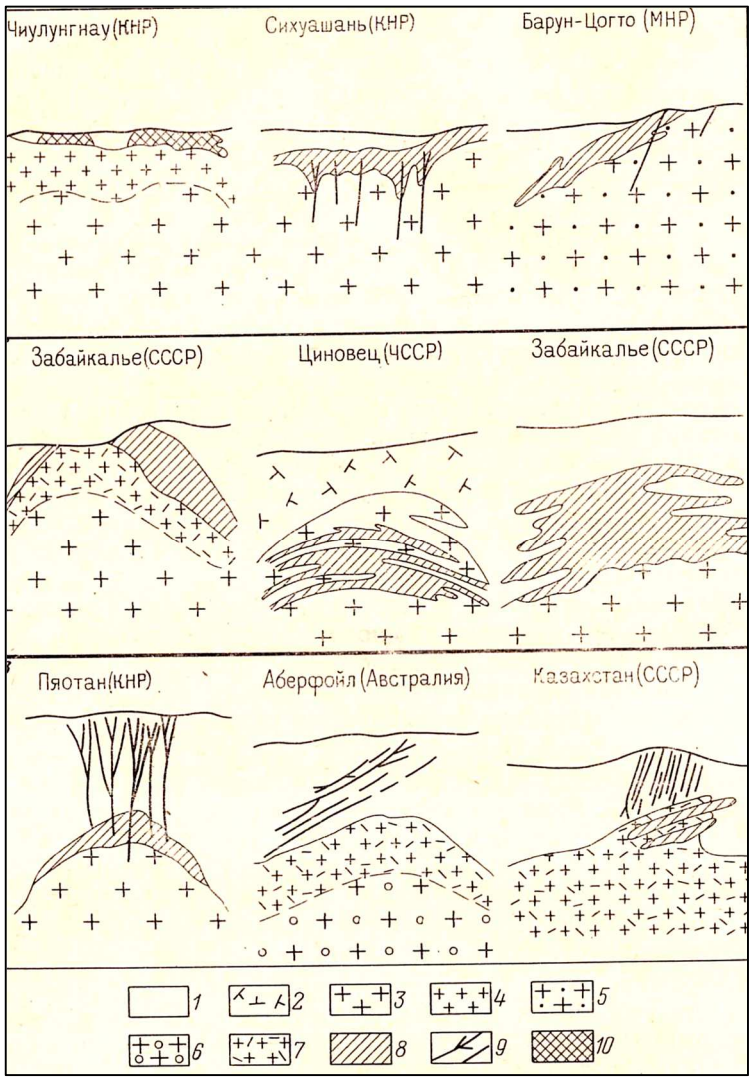


Рис. 27. Схемы взаимосвязи разных структурно-морфологических типов грейзеновых месторождений с формой кровли гранитных массивов (по Д. В. Рундквисту и др.):
верхний ряд – горизонтальная или очень пологая кровля; средний ряд – купольная с пологими апофизами; нижний ряд – купольная с наклонными и крутопадающими апофизами; 1 – осадочные породы кровли; 2 – порфировый кварцевый риолит; гранит: 3 – крупно-, среднезернистый и др.; 4 – аплитовидный; 5 – амазонитовый, 6 – порфировидный, 7 – грейзенизированный; 8 – рудоносный грейзен; 9 – рудные жилы; 10 – вольфрамово-рудное кварцевое тело

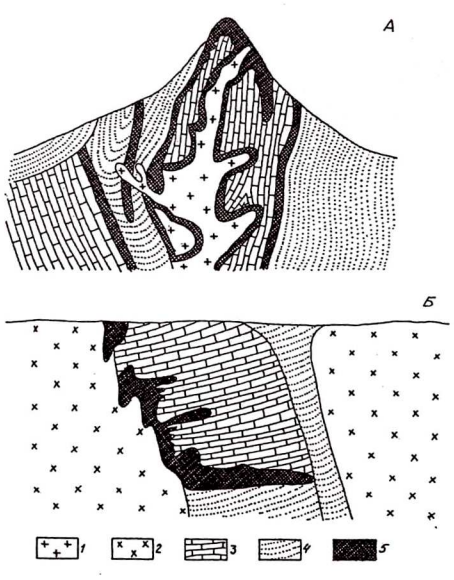


Рис. 28. Схематические геологические разрезы скарновых месторождений: А – Тырныаузского вольфрам-молибденового (по А. В. Пэку); Б – Фроловского – медные Турьинские рудники (по Я. П. Баклаеву): 1 – граниты; 2 – диориты; 3 – известняки; 4 – вулканогенно-осадочные породы; 5 – скарны с рудной минерализацией

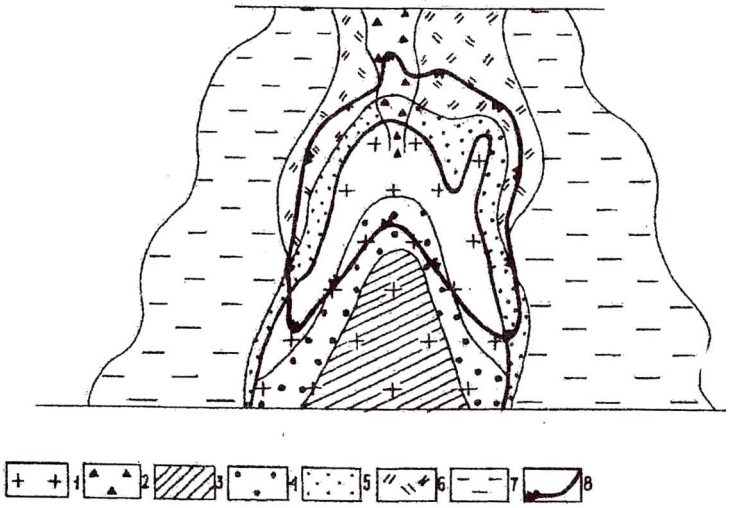


Рис. 29. Модель медно-порфирового месторождения (по А. И. Кривцову): 1 – рудоносный порфировый интрузив; 2 – брекчиевая трубка; 3 – кварцевое «ядро»; 4 – зона калишпатизации и биотитизации; 5 – зона окварцевания и серицитизации; 6 – зона аргиллизации; 7 – пропидлитизированные породы интрузивной рамы; 8 – контуры промышленных руд

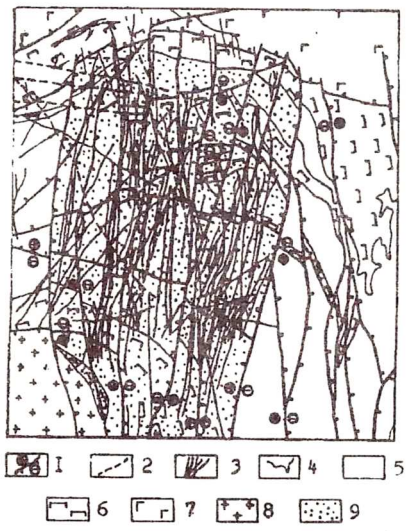


Рис. 30. Березовское рудное поле (Средний Урал):
1 – додайковые разломы, штрихами показано направление падения разломов, знаками плюс и минус – приподнятый и опущенный блоки соответственно; 2 – последайковые разломы; 3 – дайки гранитоидов; 4 – межформационные контакты; формации: 5 – базальтовая, 6 – гипербазитовая, 7 – габбро-диорит-долеритовая; 8 – гранитовая; 9 – рудное поле

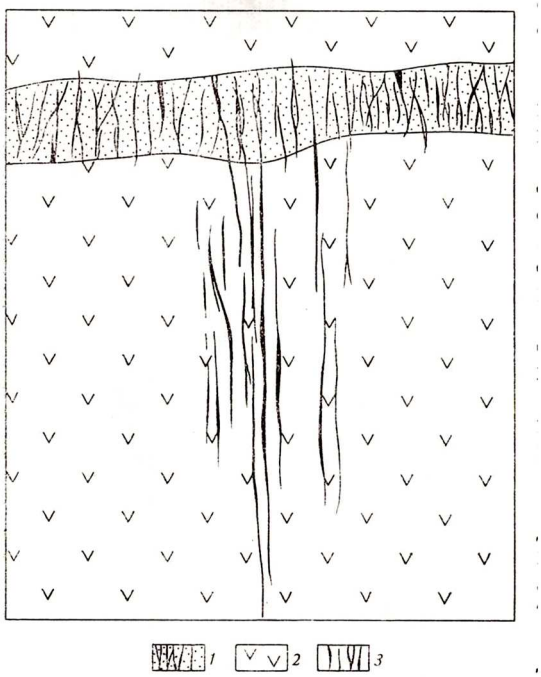


Рис. 31. Фрагмент Березовского рудного поля (по М. и Н. Бородаевским):
1 – березитизированная дайка гранит-порфира с лестничными жилами; 2 – змеевики; 3 – красичные жилы

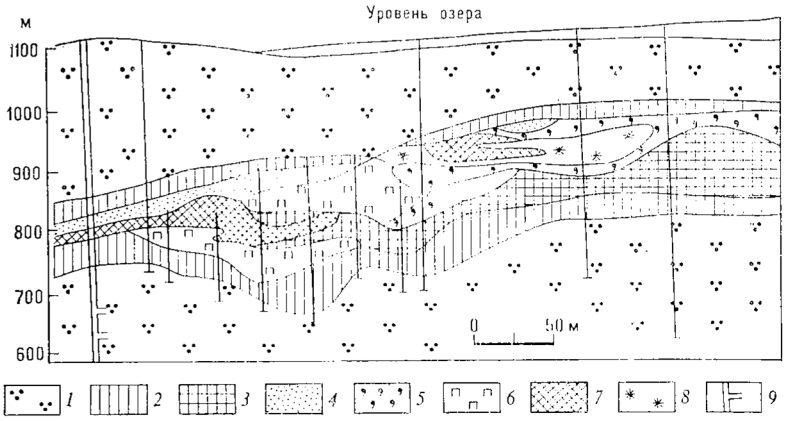


Рис. 32. Разрез главного пегматитового тела месторождения Берник-Лейк (по Р. А. Гроузу и П. Черны):
1 – амфиболиты; 2-8 – пегматиты: 2 – внешняя кварц-альбитовая зона с микроклин-пертитом и турмалином, 3 – нижняя промежуточная зона микроклин-пертит-кварц-альбитовая со сподуменом, 4 – линзы мелкозернистого альбита, 5 – верхняя промежуточная зона микроклин-сподуменовая с кварцем, 6 – внутренняя кварц-альбит-микроклин-пертитовая зона с бериллом, 7 – кварцевое ядро; 8 – поллуцитовая зона; 9 – шахта

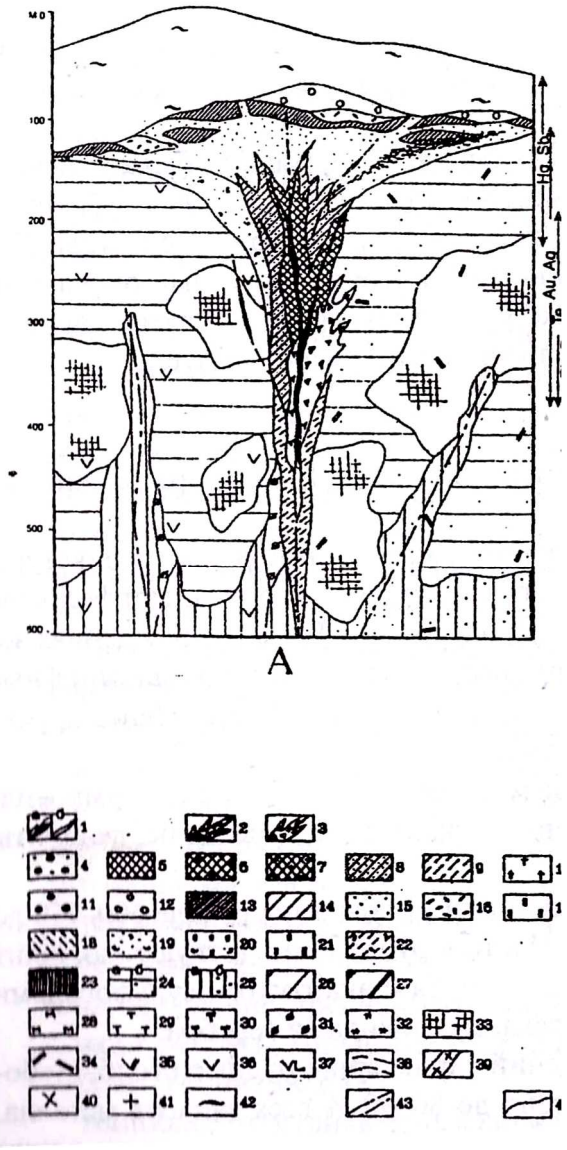


Рис. 33. Модель зональности золото-серебряного месторождения Карамкен (Магаданская обл.):
1 – жилы и прожилки: рудные (а), безрудные (б); 2-3 – предрудные изменения: 2 – зоны адуляр-кварц-сульфидного прожилкования, 3 – гидротермальные брекчии; 4-10 – околотрещинные метасоматиты: 4 – существенно кварцевые, 5 – адуляр-кварцевые, 6 – гидрослюдисто-адуляр-кварцевые, 7 – кварц-гидрослюдистые с адуляром, 8 – адуляр-кварц-гидрослюдистые со смектитом, 9 – существенно серицитовые или кварц-серицитовые с карбонатом, хлоритом, 10 – турмалин-кварц-мусковитовые; 11-22 – фации аргиллизитов – вторичных кварцитов: 11 – существенно кварцевая с сульфидами, 12 – монокварцевая, 13 – существенно каолинитовая, 14 – кварц-каолинит-диккитовая, 15 – существенно гидрослюдистая, 16 – алунит-кварцевая, 17 – диаспор-кварцевая, 18 – кварц-каолинит-пирофиллитовая; 19 – кварц-гидрослюдисто-смектитовая, 20 – кварц-смектит-хлоритовая, 21 – кварц-хлоритовая, 22 – гидрослюдисто-серицитовая со смектитами, кварцем, карбонатом, хлоритом; 23-27 – фации пропилитов: 23 – цеолит-хлоритовая, 24 (а) – карбонат-альбит-хлоритовая, 24 (б) – карбонат-альбит-серицитовая, 25 (а) – эпидот (пренит)-хлоритовая, 25 (б) – серицит-хлоритовая, 26 – эпидот-актинолит-альбитовая, 27 – роговообманково-биотит-эпидот-альбитовая; 28-33 – прочие изменения: 28 – муско – скарны, 32 – роговики, 33 – калишпатизация; 34-42 – исходные породы: 34 – игнимбриты, 35 – риолиты, риодациты, 36 – дациты, андезидациты, 37 – андезиты, 38 – андезибазальты, базальты, 39 – осадочные породы, 40 – дайки пестрого состава, 41 – габбродиориты, диориты, 42 – граниты, гранодиориты, 43 – разрывные нарушения, 44 – фациальные границы

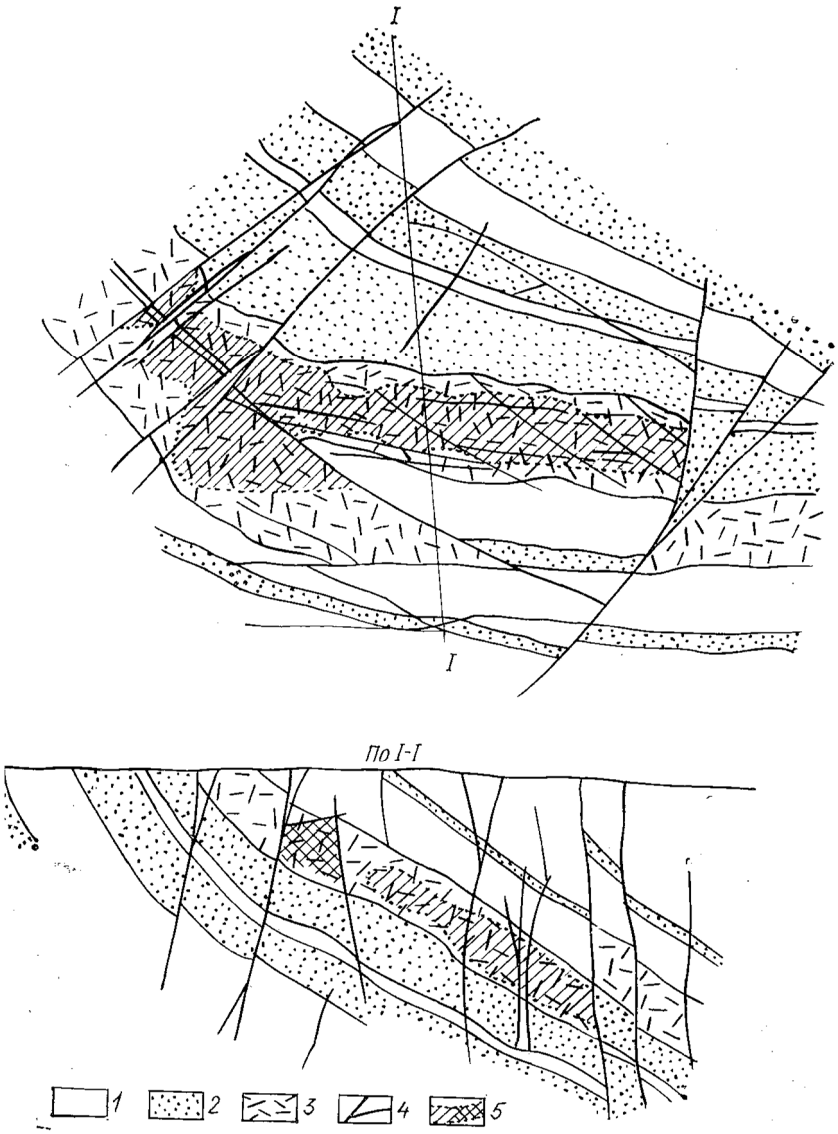


Рис. 34. Урановое оруденение в сферолитовых риолитах
(по Н. П. Лаверову):
1 – порфировые базальты и их туфы; 2 – песчаники; 3 – сферолитовые туфолавы фельзитовых риолитов; 4 – разрывы; 5 – рудные тела и обогащенные участки

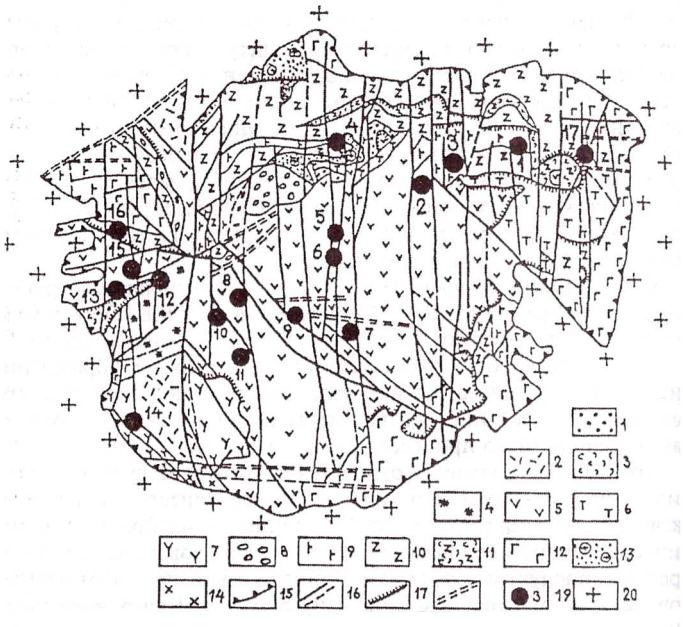


Рис. 35. Схема геологического строения Стрельцовского рудного поля (по Л. П. Ищуковой):

1 – песчаники, алевролиты, гравелиты; 2 – риолиты и их лавобрекчии покровной фации; 3 – туфы кислого состава; 4 – сферолитовые риолиты; 5 – фельзиты; 6 –трахибазальты, андезиты; 7 – риолиты; 8 – конгломераты; 9 – базальты и их лавовые брекчии – средний покров; 10 – трахидациты нижнего покрова; 11 – туфолавы; 12 – базальты нижнего покрова; 13 – базальные конгломераты; 14 – диориты; 15 – разломы, ограничивающие кальдеру; 16 – крутопадающие разломы; 17 – пологопадающие нарушения; 18 – предполагаемые разломы; 19 – урановые месторождения: 1 – Широндукуйское, 2 – Стрельцовское, 3 – Антей, 4 – Октябрьское, 5 – Лучистое, 6 – Мартовское, 7 – Мало-Тулукуевское, 8 – Тулукуевское, 9 – Юбилейное, 10 – Весеннее, 11 – Новогоднее, 12 – Пятилетнее, 13 – Красный Камень, 14 – Юго-Западное, 15 – Жерловое, 16 – Аргунское, 17 – Восточно-Широндукуйское; 20 – породы фундамента

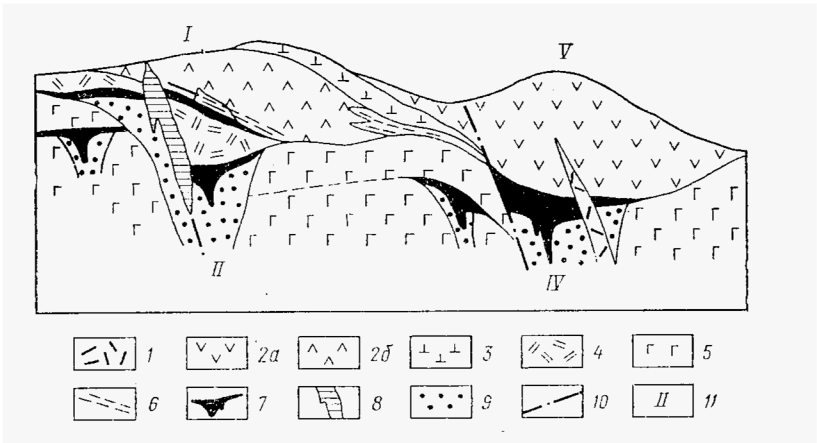


Рис. 36. Вулкано-биклинальная структура медноколчеданного месторождения Юбилейное (по О. В. Мининой). Палеовулканическая реконструкция (разрез):

1 – субвулканические порфировые риодациты; 2 – дацитовые толщи (*а* – верхняя, *б* – нижняя); 3 – верхняя базальтовая толща; 4 – андезидацитовая толща; 5 – нижняя базальтовая толща; 6 – пачка вулканомиктовых пород; 7, 8 – медноколчеданные залежи: 7 – преимущественно гидротермально-осадочные, 8 – гидротермально-метасоматические, 9 – серицитолиты с прожилково-вкрапленной пиритовой минерализацией; 10 – разломы; 11 – номера рудных залежей

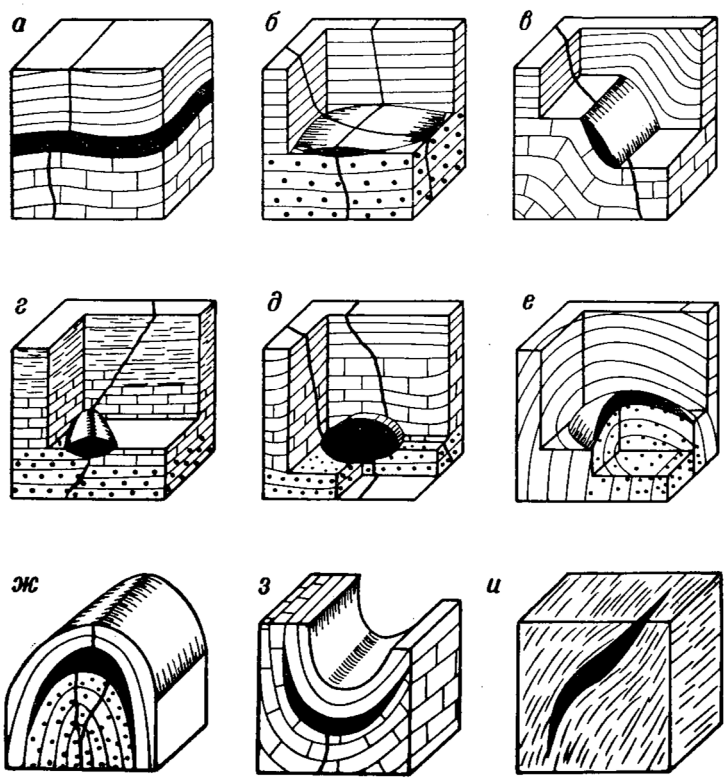


Рис. 37. Согласные рудные тела:
а – рудный пласт; *б* – рудная залежь; *в* – рудная лента; *г* – брусковидное тело; *д* – рудное гнездо; *е* – куполовидная залежь; *ж* – седловидная залежь; *з* – корытовидная залежь, *и* – флексурная линза

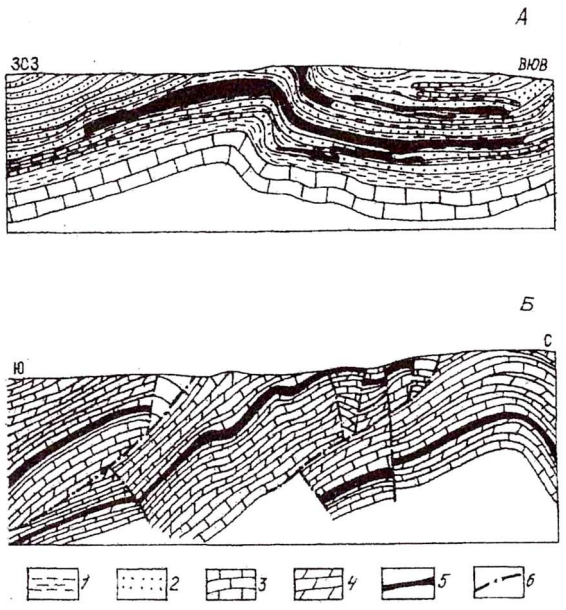


Рис. 38. Схематические геологические разрезы стратиформных месторождений: *А* – Джезказганского медистых песчаников (по материалам Джезказганской ГРЭ); *Б* – Миргалимсайского полиметаллического (по материалам Миргалимсайской ГРП): 1 – красноцветные песчаники, алевролиты; 2 – рудоносные сероцветные песчаники, алевролиты; 3 – известняки; 4 – доломиты; 5 – рудные тела; 6 – тектонические нарушения

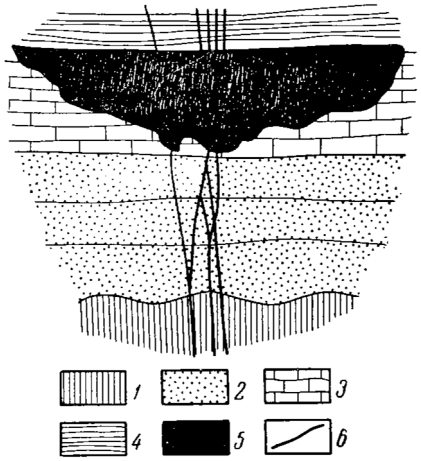


Рис. 39. Замещение доломитов рудой, растекающейся под экраном сланцев. Месторождение Блэк Хилс (по В. Линдгрену):
1 – древние сланцы; 2 – кварциты; 3 – доломиты; 4 – алевролиты; 5 – руда; 6 – трещины

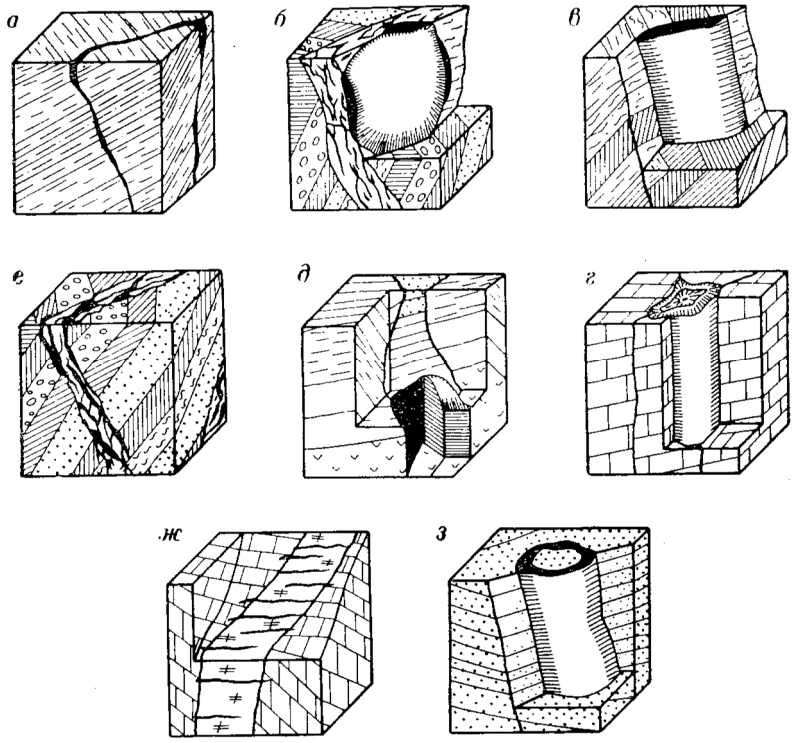


Рис.40. Секущие рудные тела:
а – жила; *б* – рудный диск; *в* – рудный столб; *г* – трубчатая жила сплошная; *д* – шток; *е* – сложная жила; *ж* – лестничные жилы; *з* – трубчатая жила кольцевая

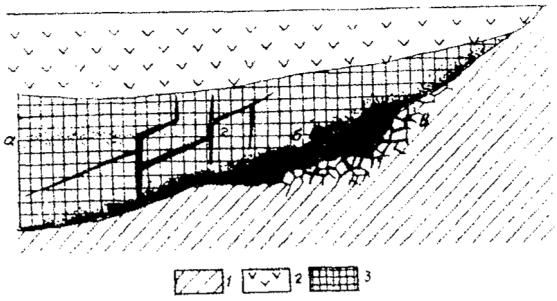


Рис.41. Морфогенетические типы рудных тел ликвационных медно-никелевых месторождений (по В. И. Смирнову):
А – висячие вкрапленники; б – донные массивные залежи; в – приконтактовые брекчиевидно-цементные руды; г – жилы; породы: 1 – подстилающие; 2 – перекрывающие, 3 – вмещающие габброиды

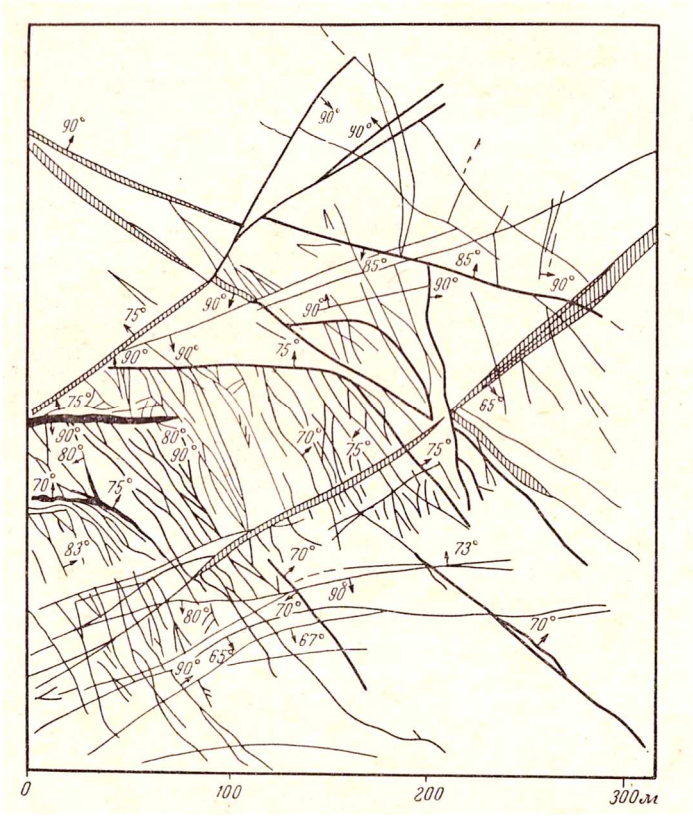


Рис. 42. Структура «конского хвоста». Жила Колюза-Леонард, месторождение Бьютт, штат Монтана (по А. М. Бэтману)

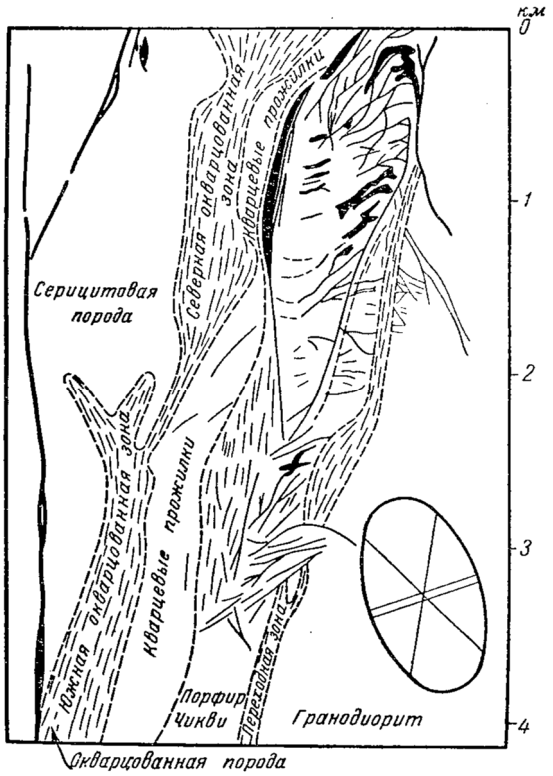


Рис. 43. Строение сложного разлома Чукикамата (по А. М. Бэтману): рудные тела показаны черным цветом

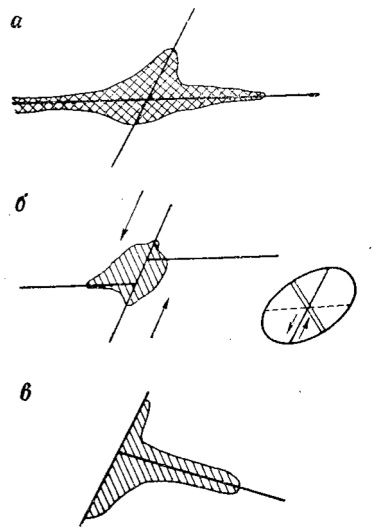


Рис. 44. Пересечения трещин:
полное без смещения (*а*), полное со смещением (*б*), ограниченное (*в*): штриховкой показаны возможные формы рудных столбов в поперечном сечении

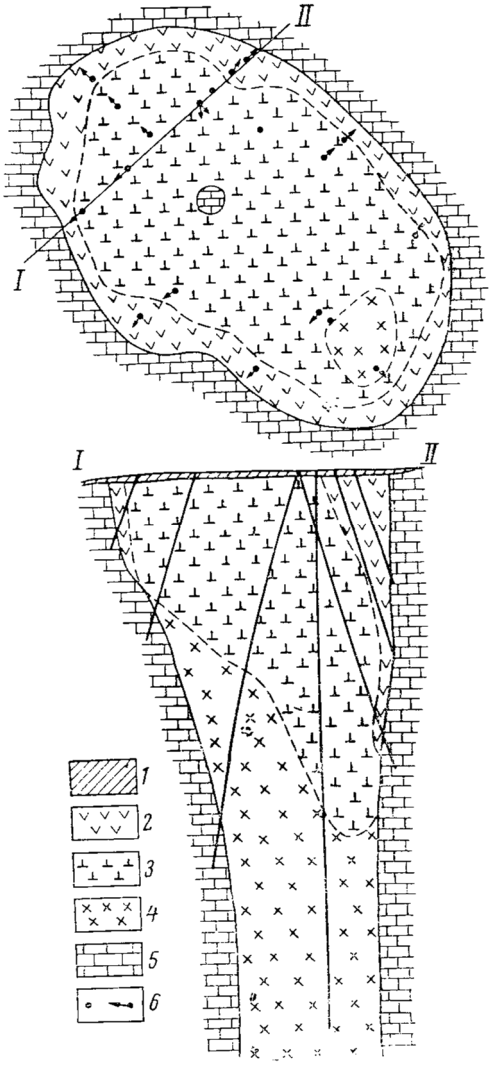


Рис. 45. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» (по А. Бобриевичу и др.):
1 – наносы; 2 – измененный куимберлит (желтый); 3 – измененный кимберлит (зеленый); 4 – малоизмененный кимберлит; 5 – карбонатные породы нижнего ордовика; 6 – скважины

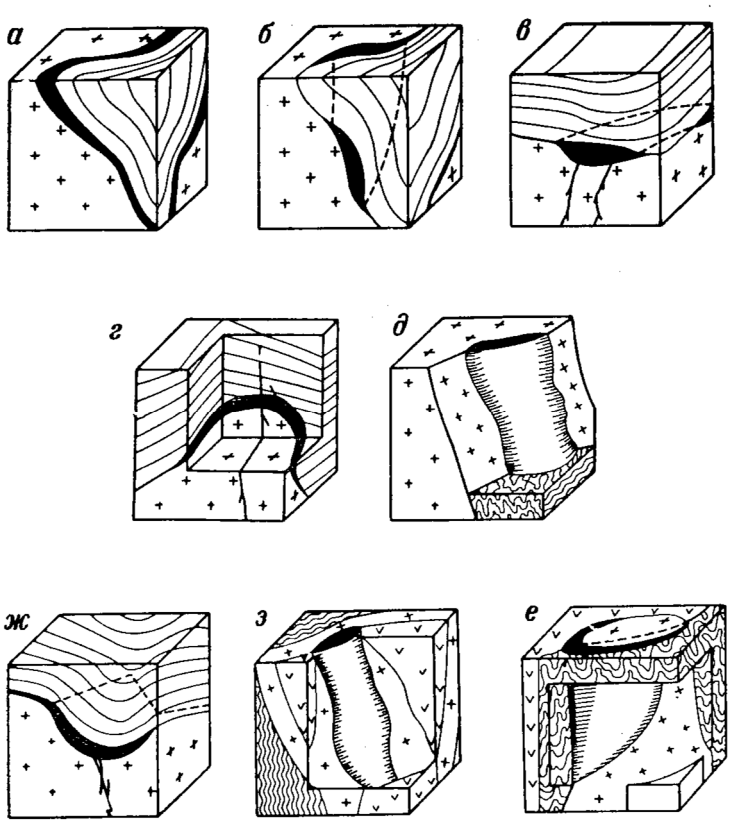


Рис. 46. Контактовые рудные тела:
а – контактовая пластообразная рудная залежь; *б* – контактовая рудная залежь; *в* – контактовая рудная лента; *г* – контактовая куполовидная залежь; д – контактовый рудный столб; *е* – обертывающая контактовая жила; *ж* – контактовая корытовидная залежь; *з* – дайковый рудный столб

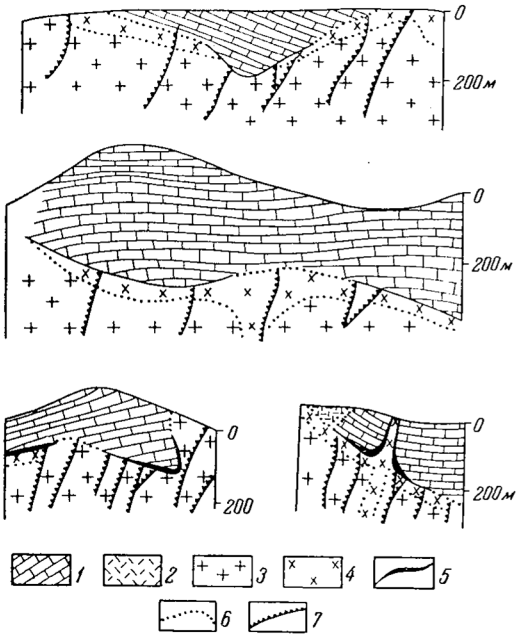


Рис. 47. Размещение скарновых тел месторождения Ингички (по Н. Д. Ушакову). Разрезы:
1 – мрамор; 2 – доломит; 3 – гранит биотитовый; 4 – гранит аляскитовый; 5 – скарновые тела; 6 – непродуктивные контакты; 7 – подводящие каналы

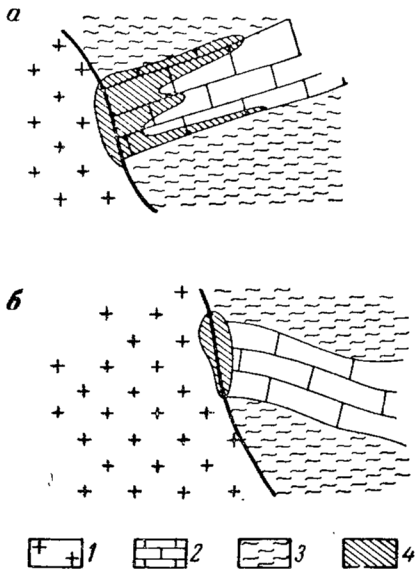


Рис. 48. Формы скарновых тел в секущих контактах гранодиоритов с известняками и сланцами в зависимости от условий залегания известняков. Разрезы:
1 – гранодиориты; 2 – известняки; 3 – скарны

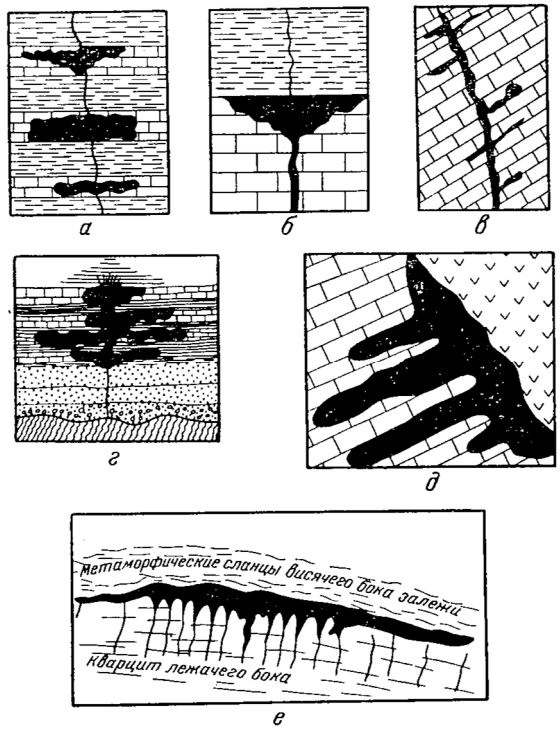


Рис. 49. Размещение оруденения в пересечениях трещин с благоприятными пластами (по А. М. Бэтману):
а – образование руды только в пластах известняков; *б* – тавровое рудное тело; *в* – Г-образные и крестообразные рудные тела; *г* – многоэтажная рудная залежь; *д* и *е* – гребневидные залежи

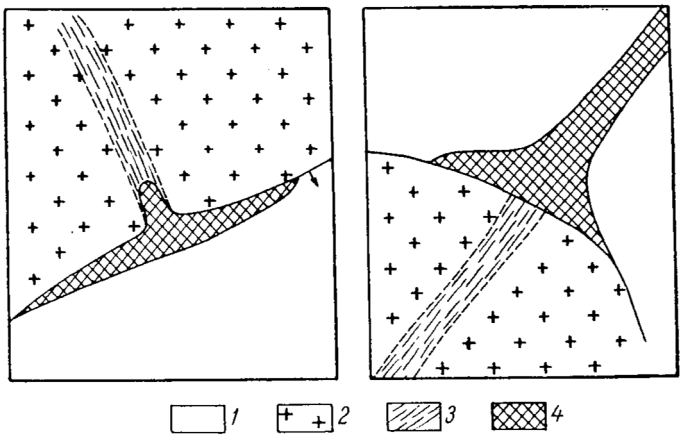


Рис. 50. Шеелитовое оруденение в пересечениях контакта гранитоидных массивов рудоносными разломами. Участок Угат (слева) и месторождение Кумбель (справа):
1 – песчаники и сланцы с прослоями известняков; 2 – граниты; 3 – рудоносные разломы; 4 – шеелитоносные скарны

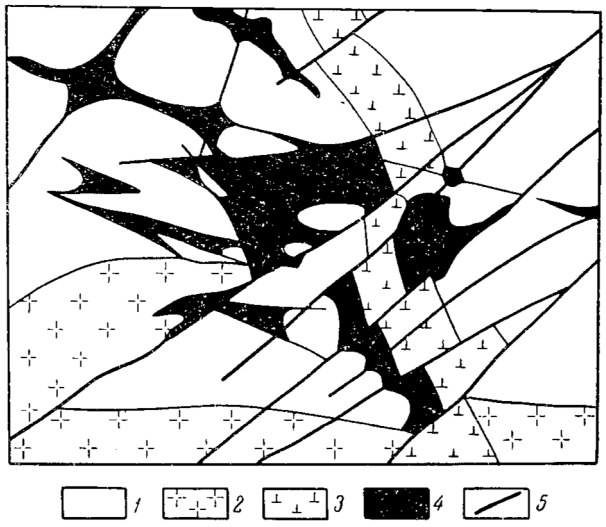


Рис. 51. Столбы полиметаллических руд (черное). Шевчуковское месторождение, Окуртау:
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – кварцевые порфиры; 4 – руда; 5 – трещины

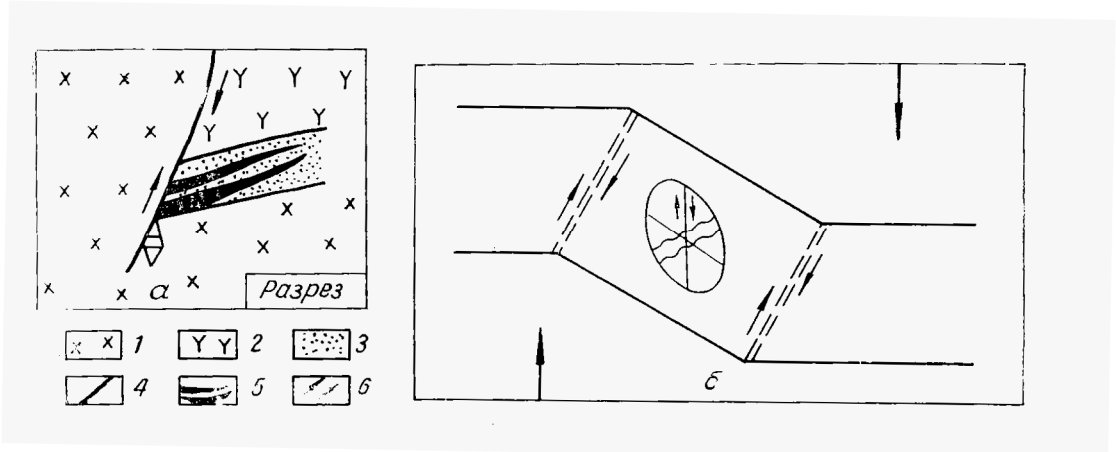


Рис. 52. Схема формирования рудных полей в моноклинальных структурах, в относительно хрупких (*а*) и относительно пластичных (*б*) толщах:
1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезиты; 3 – туфоконгломераты; 4 – разломы; 5 – рудные тела; 6 – направление относительных перемещений

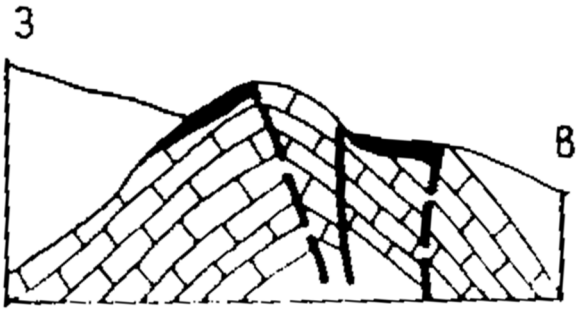


Рис. 53. Схематический геологический разрез сурьмяного месторождения Терексай:
рудные тела (черное) в своде антиклинали в известняках

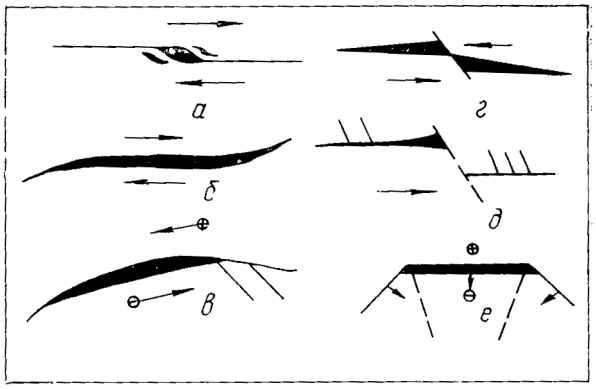


Рис. 54. Принципиальная схема приоткрывания искривленных участков разломов:

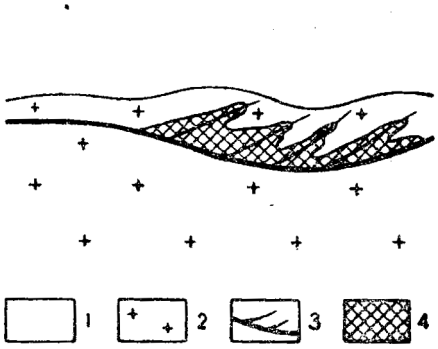


Рис. 55. Принципиальная схема геологического строения месторождения Сардоб (план):
1 – сланцы; 2 – гранитоиды; 3 – рудоконтролирующий разлом с трещинами оперения; 4 – оруденение

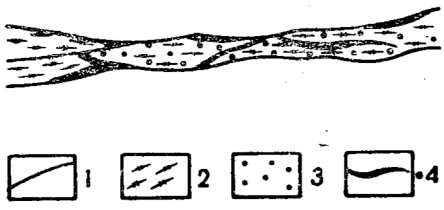


Рис. 56. Схема размещения оруденения в сложном разломе (план):
1 – линии разрывных нарушений; 2 – зона дробления пород; 3 – вкрапленное оруденение; 4 – рудные тела

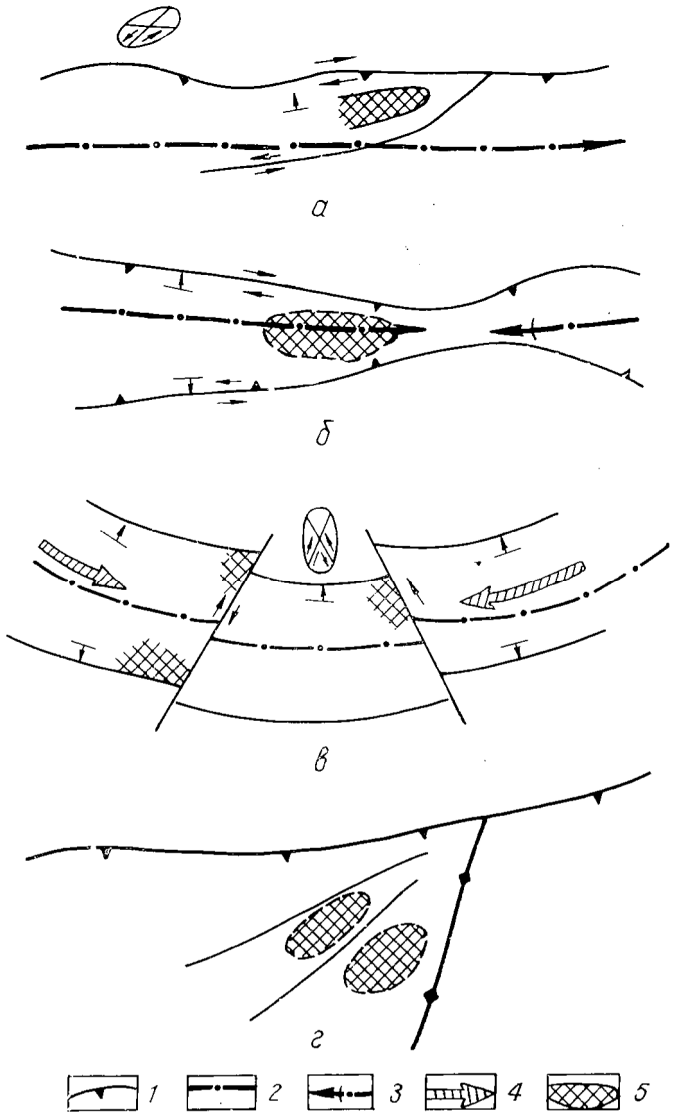


Рис. 57. Формирование рудных полей в клиновидных структурах:
1 – ограничивающие разломы; 2 – осевая линия структуры, испытывающей поперечный изгиб; 3 – оси антиклиналей; 4 – направление осевого сжатия; 5 – площади развития минерализации

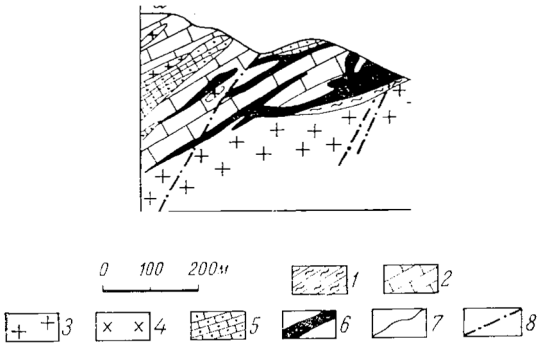


Рис. 58. Форма скарновых залежей Лянгарского месторождения:
1 – сланцы; 2 – мраморизованные известняки; 3 – адамеллиты; 4 – тоналиты; 5 – известково-силикатные роговики; 6 – скарны; 7 – кварцевые жилы; 8 – разрывные нарушения

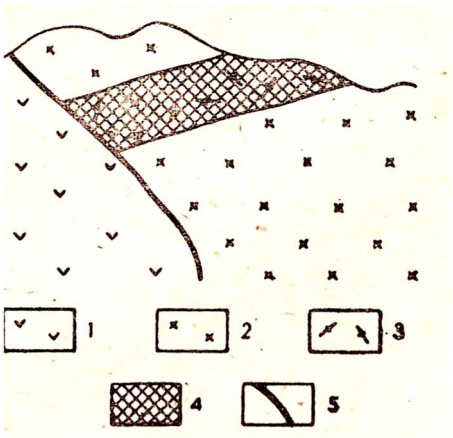


Рис. 59. Схематический разрез меднопорфирового месторождения в эффузивах покровного залегания: 1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезидациты; 3 – рудовмещающие порфировые кварцевые риолиты; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

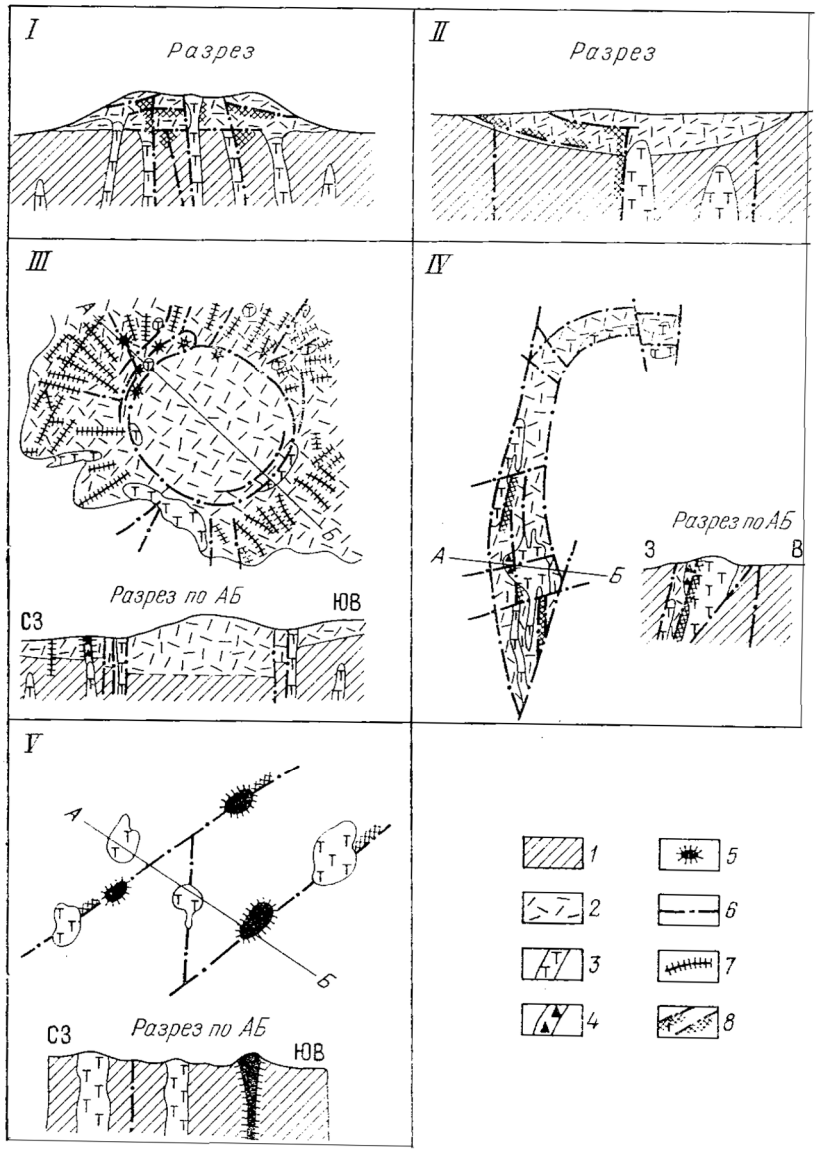


Рис. 60. Принципиальные геологические схемы (I-V) рудоносных палеовулканических сооружений (по П. Д. Яковлеву):
1 – складчатые основания нижних структурных ярусов или этажа (на планах не заштрихованы); 2 - покровы эффузивов с подчиненными горизонтами осадочных пород; 3 – экструзивные и субвулканические тела; 4 – лавобрекчии жерловой фации; 5 – вулканические жерла; 6 – разрывные нарушения; 7 – дайки и жилы преимущественно в радиальных разрывных нарушениях; 8 – рудные тела и минерализованные разрывные нарушения

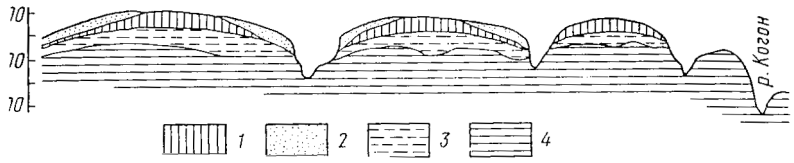


Рис. 61. Денудационная структура – поверхность выравнивания; схематический геологический разрез месторождения Боке в Гвинее (по М. В. Дубовской и Б. М. Одокия): 1-3 – образования коры выветривания: 1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – сланцы ордовика

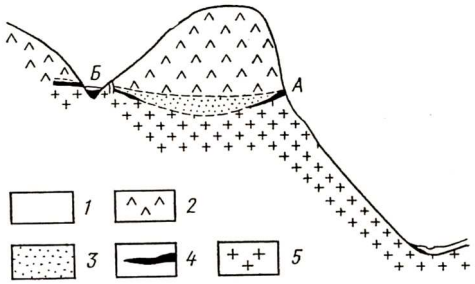


Рис. 62. Эрозионные структуры – долины; геологический разрез через погребенные неогеновые и современные золотые россыпи на Дальнем Востоке (по Н. С. Ильиной): 1 – современные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые базальты; 3 – неогеновые осадочные отложения; 4 – россыпи; А – неогеновые, Б – современные; 5 – граниты и гранитогнейсы

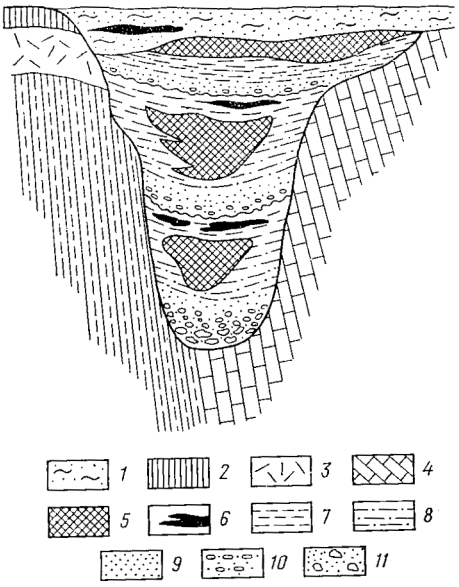


Рис. 63. Схема полициклического карстового бокситового месторождения (по Д. Г. Сапожникову): 1 – четвертичные и неогеновые песчано-глинистые отложения; 2 – каолинитовая зона коры выветривания; 3 – зона дезинтеграции коры выветривания; и4 – известняки; 5 – бокситы; 6 – лигниты; 7 - глина; 8 – алевриты; 9 – пески; 10 – гравийный материал; 11 – грубообломочный материал

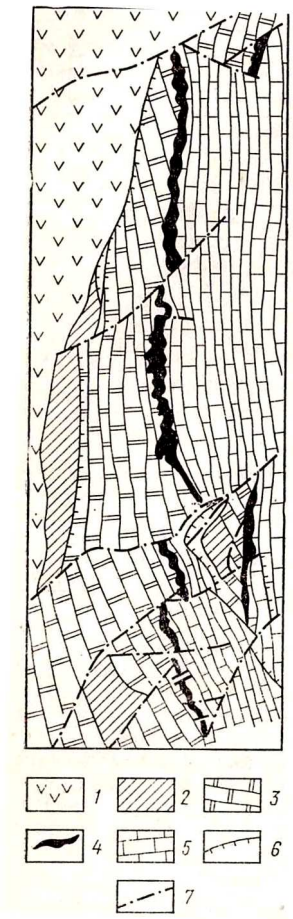


Рис. 64. Поверхности несогласий. Геологическая схема месторождения Красная Шапочка на Северном Урале (по А. В. Пейве):
1 – вулканические породы сосьвинской свиты; 2 – слоистые известняки сарайной свиты; 3 – массивные известняки петропавловской свиты; 4 - бокситы; 5 – известняки варганской свиты; 6 – надвиги; 7 - сбросы

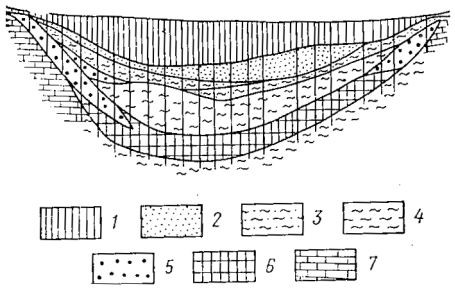


Рис. 65. Конседиментационная депрессия (мульда) на Керченском месторождении, геологический разрез (по Ю. Ю. Юрку и др.):
1 – лессовидные суглинки; 2 – пески и алевриты; 3 – глины песчаные; 4 – глины; 5 – икряные, обломочные и обломочно-оолитовые руды; 6 – табачные оолитовые руды; 7 – известняки

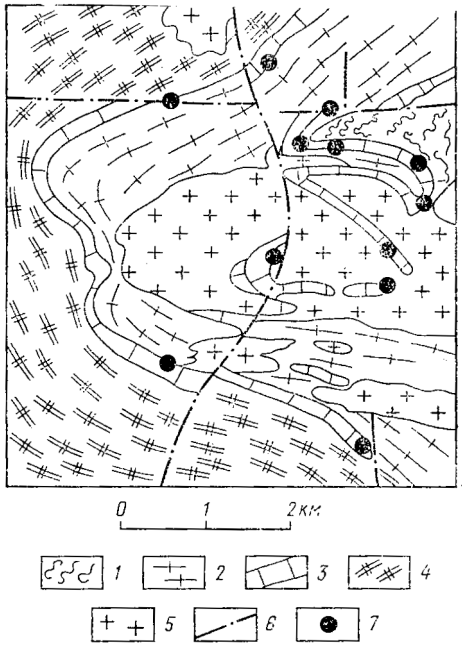


Рис. 66. Куранахское флогопитовое поле в Южной Якутии, приуроченное к гранитогнейсовому куполу (по Б. П. Фоменкову):
1 – верхний гнейсовый горизонт; 2 - продуктивные горизонты (мраморы, ткальцитифиры); 3 – средний гнейсовый горизонт; 4 – нижний гнейсовый горизонт; 5 - граниты; 6 – разрывные нарушения; 7 - флогопитовые месторождения

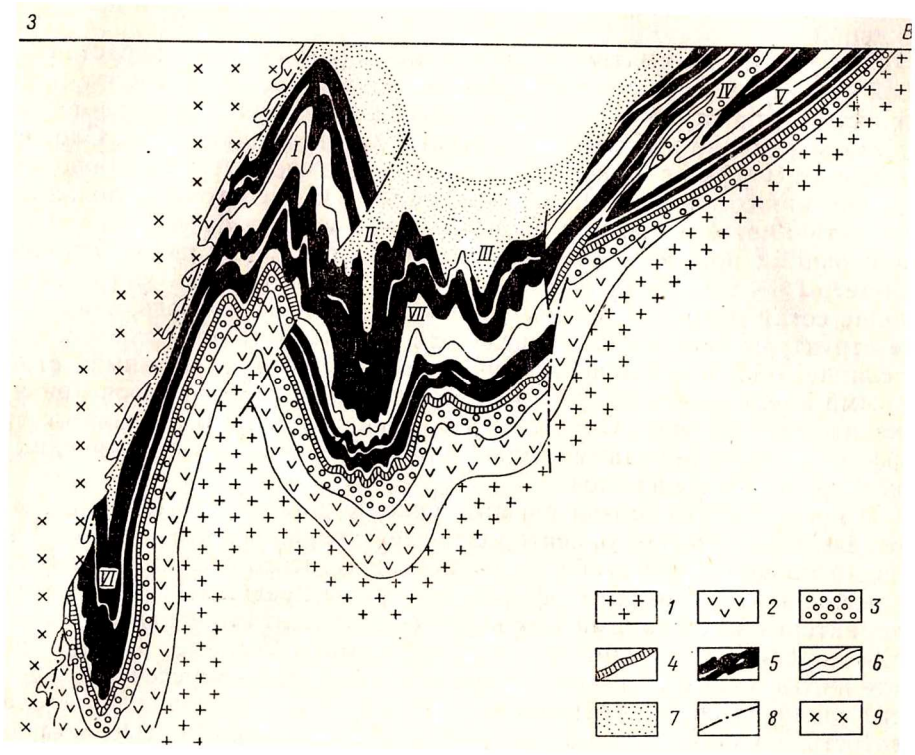


Рис. 67. Геологический разрез зеленосланцевой синклинальной зоны Криворожского железорудного бассейна (по Я. Н. Белевцеву):
1 – саксаганские плагиограниты; 2 – амфиболиты; 3 – нижняя свита криворожской серии; 4 – тальк-карбонатный горизонт; 5 – железорудные горизонты средней свиты; 6 – сланцевые горизонты средней свиты; 7 – верхняя свита; 8 – тектонические перемещения; 9 – кировоградские микроклин-плагиоклазовые граниты. *I* – Тарапако-Лихмановская антиклиналь; *II* – Западно-Ингулецкая мульда; *III* – Восточно-Ингулецкая мульда; *IV* – Саксаганская антиклиналь; *V* – Саксаганская синклиналь; *VI* – Лихмановская синклиналь; *VII* – Советская антиклиналь

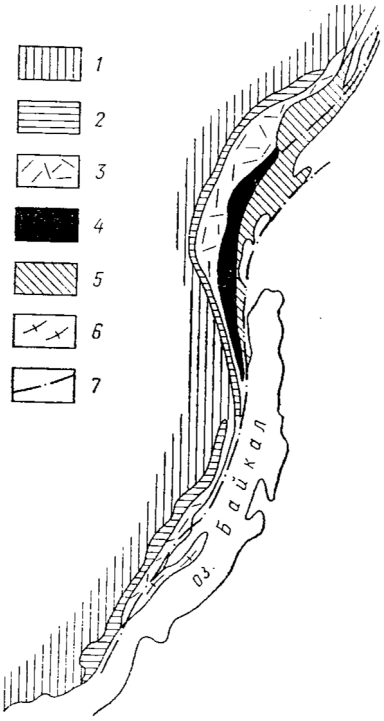


Рис. 68. Схема Даванской зоны смятия в Прибайкалье (по М. П. Лобанову):
1 – терригенные отложения нижнего палеозоя; 2 – терригенно-карбонатные отложения верхнего протерозоя; 3 – Прибайкальский вулкано-плутонический пояс среднего протерозоя; 4 – метаморфические (вплоть до палингенных гранитов) и метасоматические образования (в том числе редкометальные метасоматиты) Даванской зоны смятия; 5 – осадочно-метаморфические образования архея Байкальской глыбы; 7 – главнейшие разломы

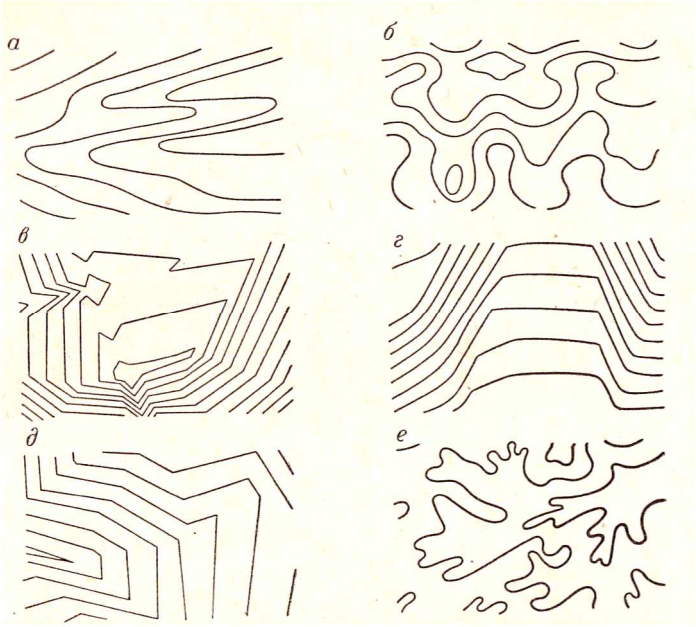


Рис. 69. Некоторые виды геологических поверхностей (по А. В. Королеву и П. А. Шехтману):
а – сложно гофрированная (изогипсы); *б* – куполообразно-волнистая (изогипсы); *в* – зазубренно-волнистая (изолонги); *г* – сундучо-волнистая (изогипсы); *д* – коробленая (изолонги); *е* – топографическая (горизонтали)

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

КОМПЛЕКТ ЗАДАНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

дисциплина ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенции:

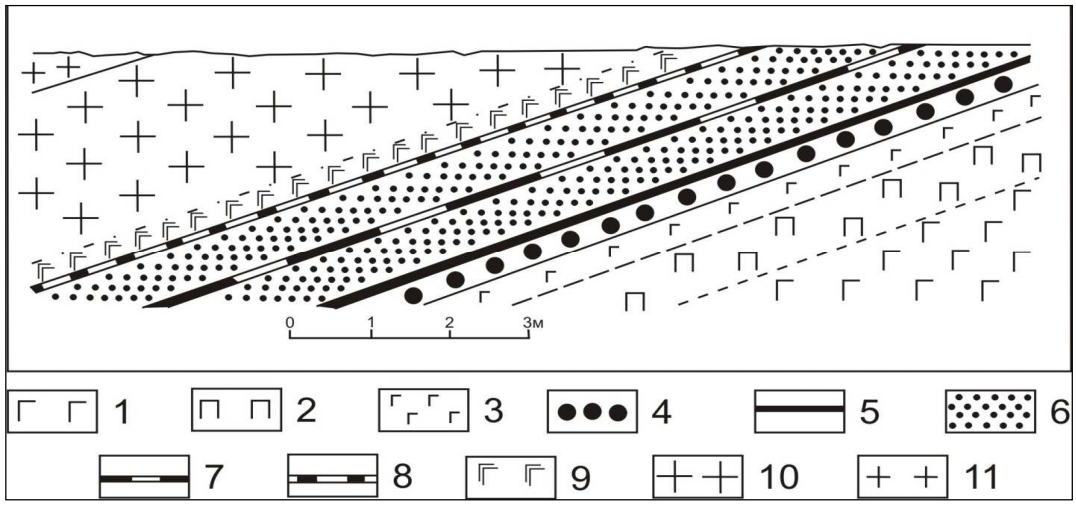
ПК-3 *(знать:* требования к содержанию, оформлению и документации геологических наблюдений; *уметь:* выделить, исследовать и задокументировать структурные элементы рудных полей; *владеть*: методическими и инструктивными материалами по документации геологических наблюдений*)*

ПСК-1.1 *(знать: теоретические* основы крупномасштабных и детальных прогнозно-поисковых исследований; *уметь:* составлять и анализировать основные виды геолого-структурной документации; *владеть:* методологией и практическими навыками прогнозно-поисковых исследований в пределах рудных полей)

Задание: на основании анализа геологического строения месторождения выделить и охарактеризовать структурные элементы рудного поля, геолого-структурные типы рудных тел, геолого-структурный тип рудного поля.

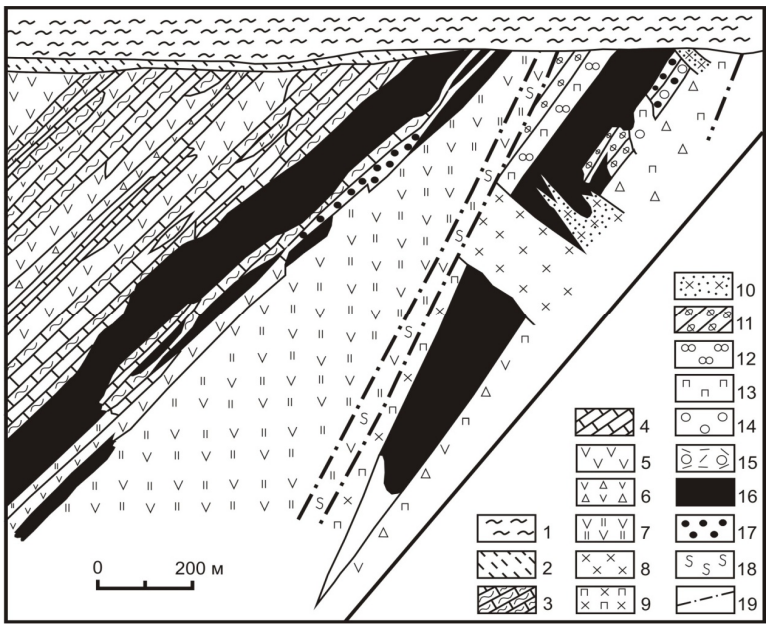
Работа выполняется на основании контрольных графических материалов. Один вариант соответствует одному месторождению. Количество вариантов практически не ограничено. Примеры вариантов задания приводится ниже.

Вариант 1. Месторождение платиноидов Риф Меренского



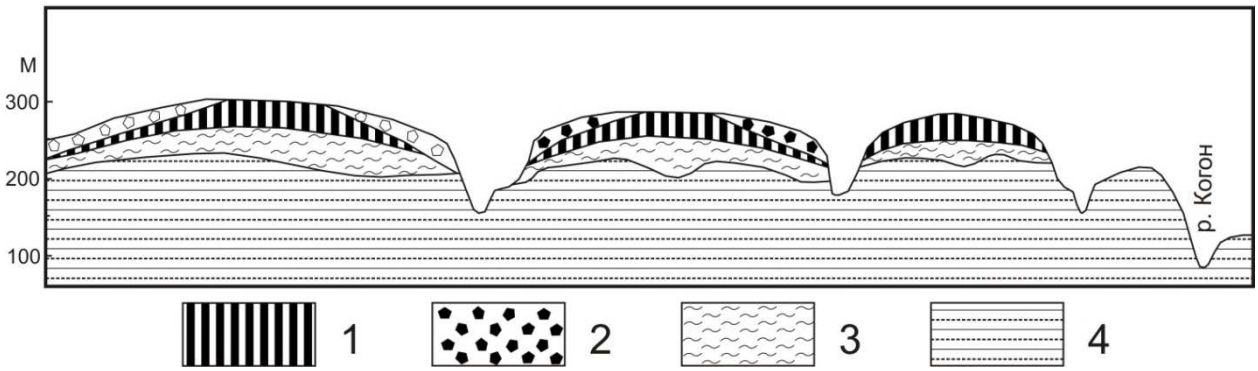
1 – пятнистый норит; 2 – пироксеновый норит; 3 – пятнистый анортозитовый норит; 4 – Риф Меренского: крупнозернистый норит с платиной; 5 – нижний хромит с платиной; 6 – рудное тело; 7 – средний хромит с платиной; 8 – верхний хромит; 9 – норит висячего бока; 10 – пятнистый анортозит; 11 – анортозит

Вариант 2. Сарбайское месторождение железа



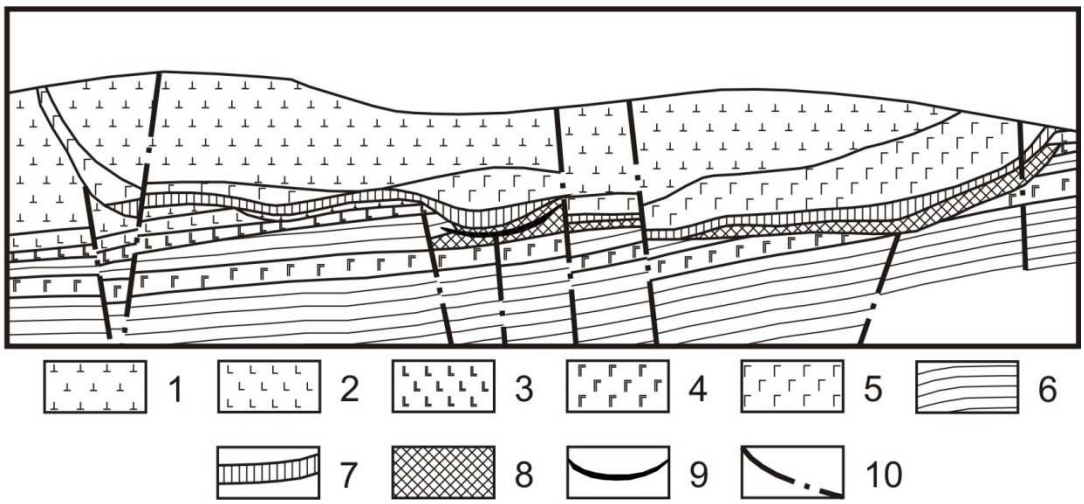
1 – мезо-кайнозойские отложения; 2 – глины древней коры выветривания палеозойских пород; 3 – туффиты алевролитовые, пелитовые; 4 – известняки битуминозные с прослоями туфогенного материала; 5 – туфы среднего состава с прослоями андезитов порфировой структуры; 6 – туфы и туфобрекчии среднего состава; 7 – туфобрекчии альбитизированные; 8 – диориты в том числе порфировой структуры; 9 – диориты жильные, дорудные; 10 – кварц-пироксеновые диориты, порфировой структуры, послерудные; 11 – ороговикованные туффиты; 12 – скаполитовые метасоматиты; 13 – пироксеновые скарны и скарнированные породы; 14 – гранатовые скарны и скарнированные породы; 15 – эпидот-актинолитовые породы; 16 – магнетитовые руды; 17 – вкрапленники магнетитовых руд; 18 – зоны милонитизации пород и руд; 19 – тектонические нарушения

Вариант 3. Месторождение бокситов Боке



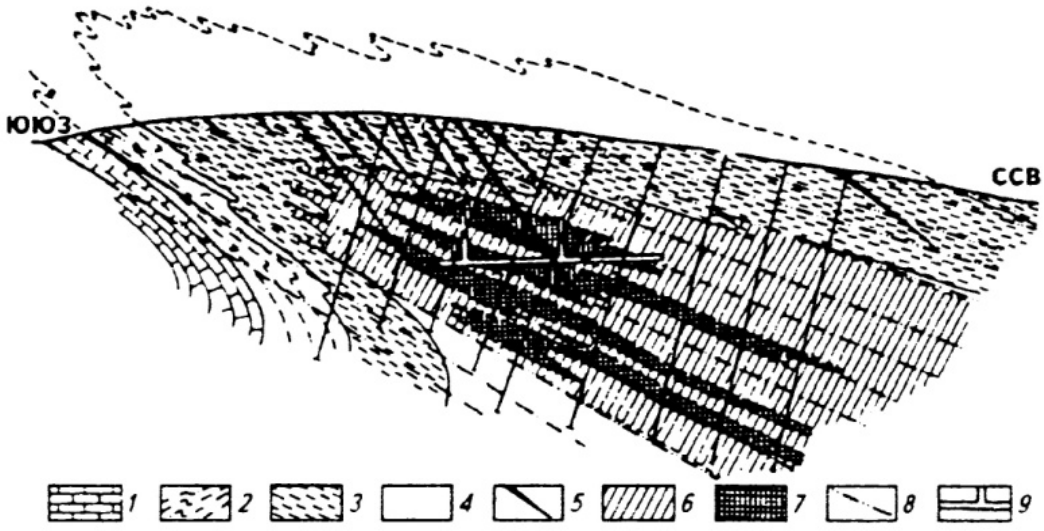
1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – граптолитовые сланцы и другие терригенные породы

Вариант 4. Месторождение никеля Норильск-I



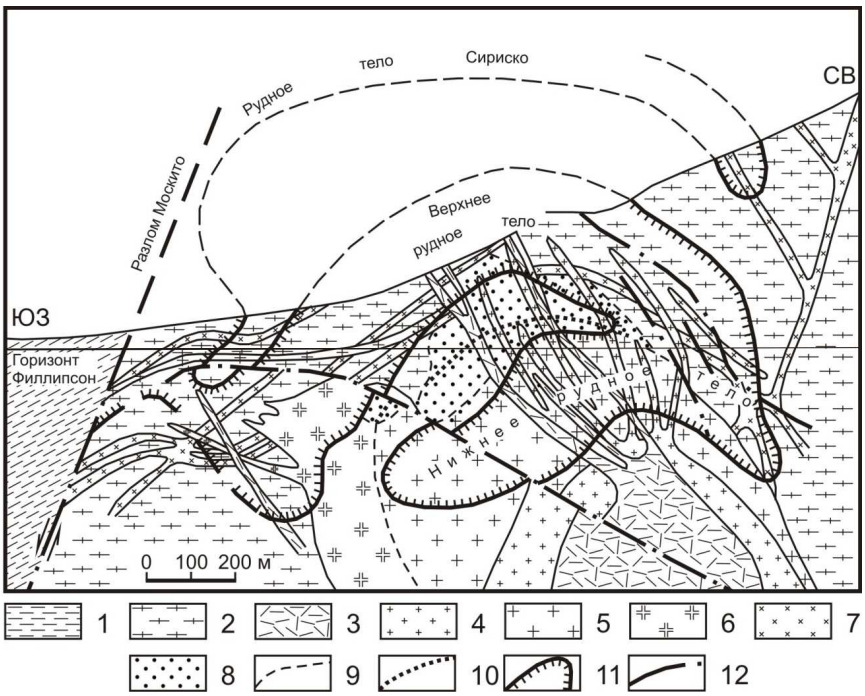
1 – эффузивы нерасчлененные; 2 – лабрадоровые базальты; 3 – титан-авгитовые базальты; 4 – силы титан-авгитовых долеритов; 5 – габбро-долеритовая интрузия Норильск I; 6 – осадочные породы тунгусской серии; 7 – вкрапленные руды в интрузии; 8 – вкрапленные руды в породах экзоконтакта; 9 – жильные руды; 10 – тектонические нарушения

Вариант 5. Месторождение золота Сухой Лог



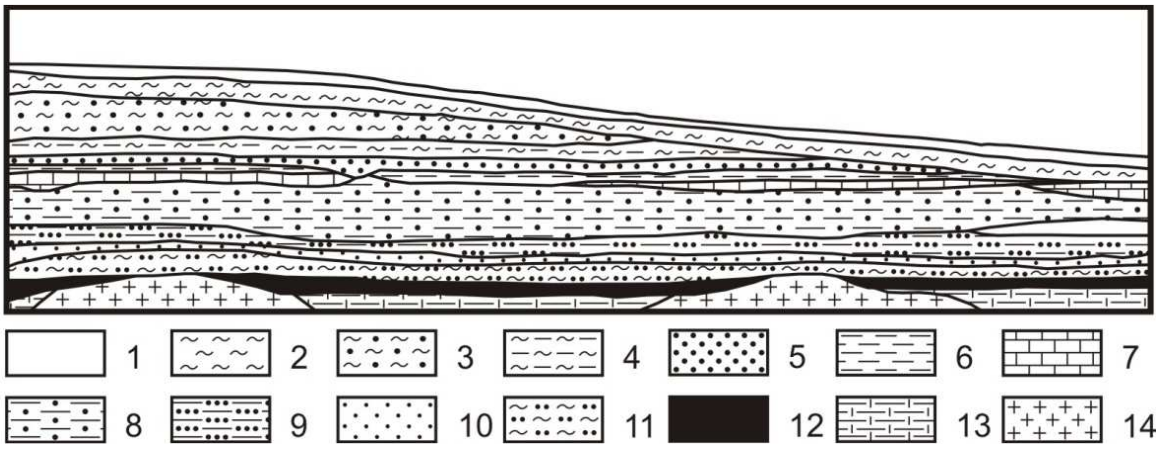
1 – известковистые алевролиты и алевросланцы; 2 – алевросланцы и алевролиты, преимущественно грубозернистые; 3 – «углистые» филлитовидные алевролиты; 4 – углистые кварцево-серицитовые алевросланцы; 5 – кварцевые жилы; 6-7 – ореол развития золото-сульфидной минерализации: 6 – умеренной; 7 – повышенной; 8 – кливаж; 9 – подземные горные выработки

Вариант 6. Молибденовое месторождение Клаймакс



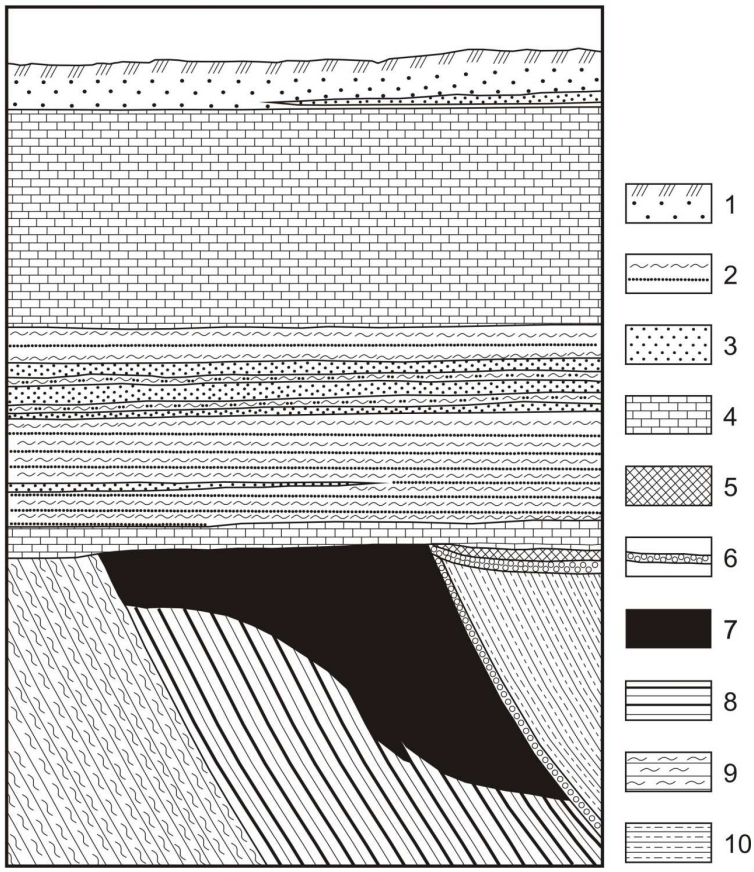
1 – осадочные породы палеозоя; 2 – докембрийские граниты и кристаллические сланцы; 3-7 – породы кайнозойского магматического комплекса порфировой структуры (этапа тектоно-магматической активизации): 3 – поздние дайки риолитов порфировой структуры; 4 – внутрирудные порфировые дайки; 5 – центральный массив порфировых пород штока Клаймакс; 6 – Юго-Западный массив штока Клаймакс; 7 – монцониты порфировой структуры; 8 – сильноокварцованные породы; 9 – граница сильноокварцованных пород; 10 – предполагаемое положение контакта пород в зоне окварцевания; 11 – контур молибденового оруденения с содержанием Mo 0,2 %; 12 – разрывные нарушения

Вариант 7. Никопольское месторождение марганца



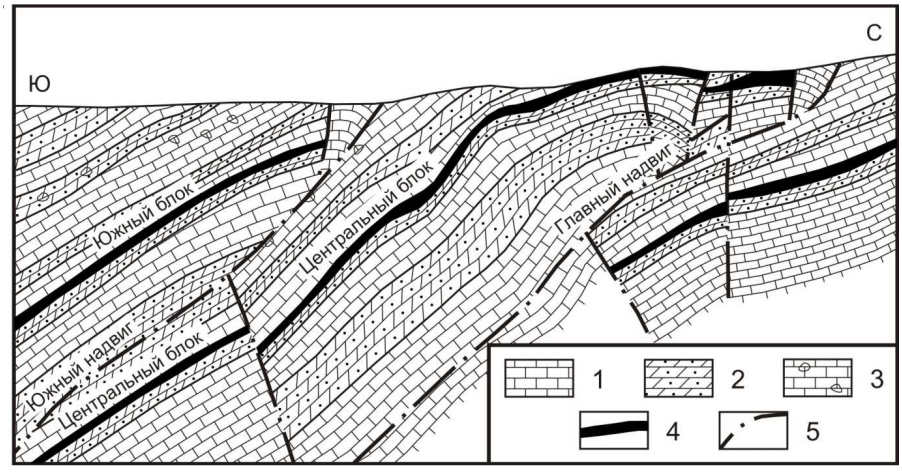
1 – ПРС; 2 – лёсс; 3 – глина красная; 4 – глина бурая; 5 – песок; плиоценовые отложения*:* 6 – глина серо-зеленая; 7 – известняки; миоценовые отложения: 8 – глина серо-белая; 9 – глина черная; 10 – песок зеленый; олигоценовые отложения: 11 – глина зеленая; 12 – марганцевая руда; 13 – каолин; 14 – докембрийские кристаллические породы

Вариант8. Месторождение железа Яковлевское



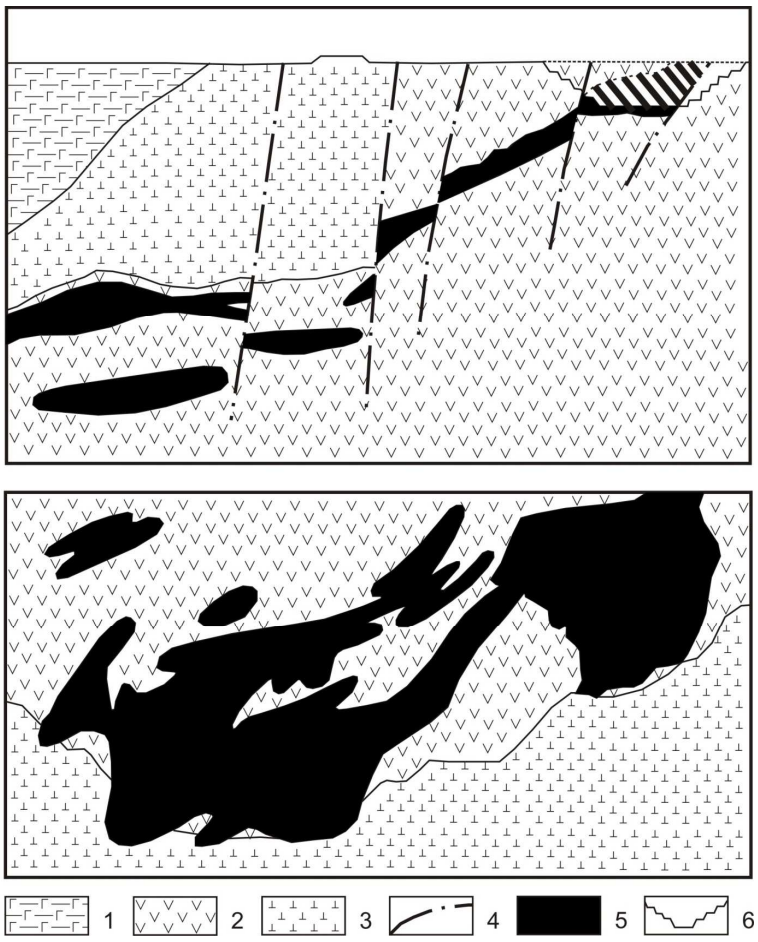
1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Вариант 9. Миргалимсайское месторождение полиметаллов



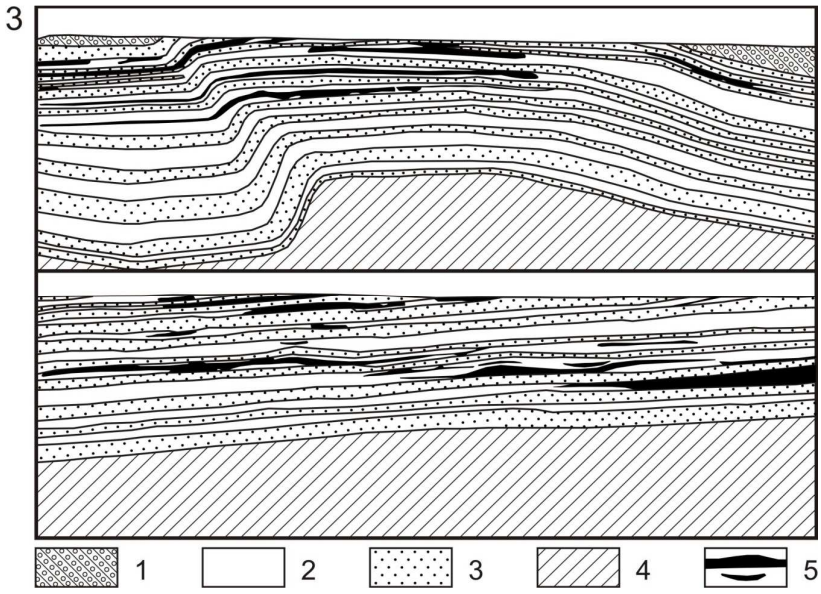
1-3 – породы верхнего девона: 1 – известняки; 2 –доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

Вариант 10. Месторождение хрома Алмаз-Жемчужина



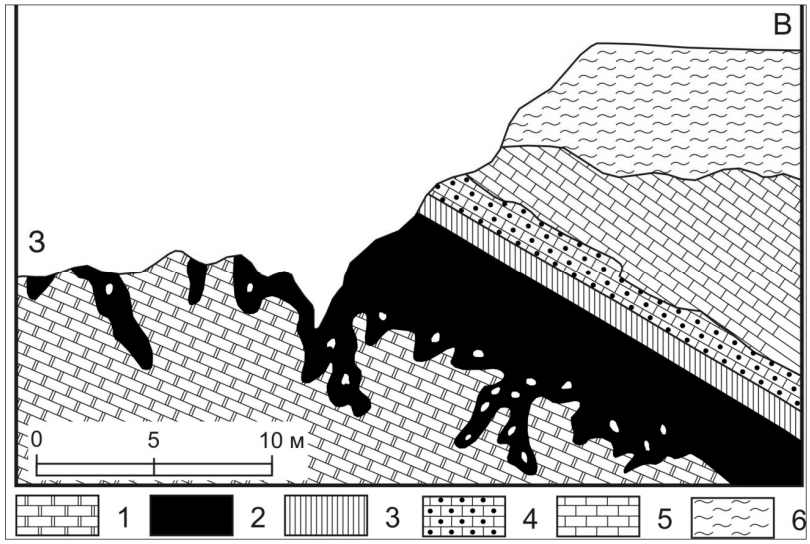
1 – габброамфиболиты; 2 – серпентиниты по дунитам; 3 – серпентиниты по перидотитам; 4 – разрывные нарушения; 5 – хромитовые тела; 6 – контур карьера.

Вариант 11. Джезказганское месторождение меди



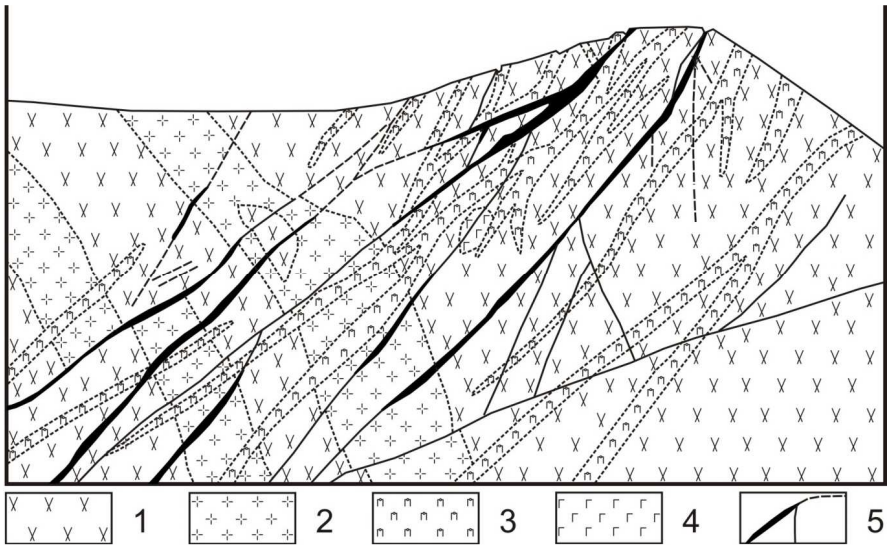
1 – нижнепермская красноцветная толща песчаников; 2 – рудоносные серые песчаники; 3 – безрудные красные песчаники и аргиллиты; 4 – нижнепермские песчаники и известняки; 5 – рудные тела.

Вариант 12. Месторождение бокситов Красная Шапочка



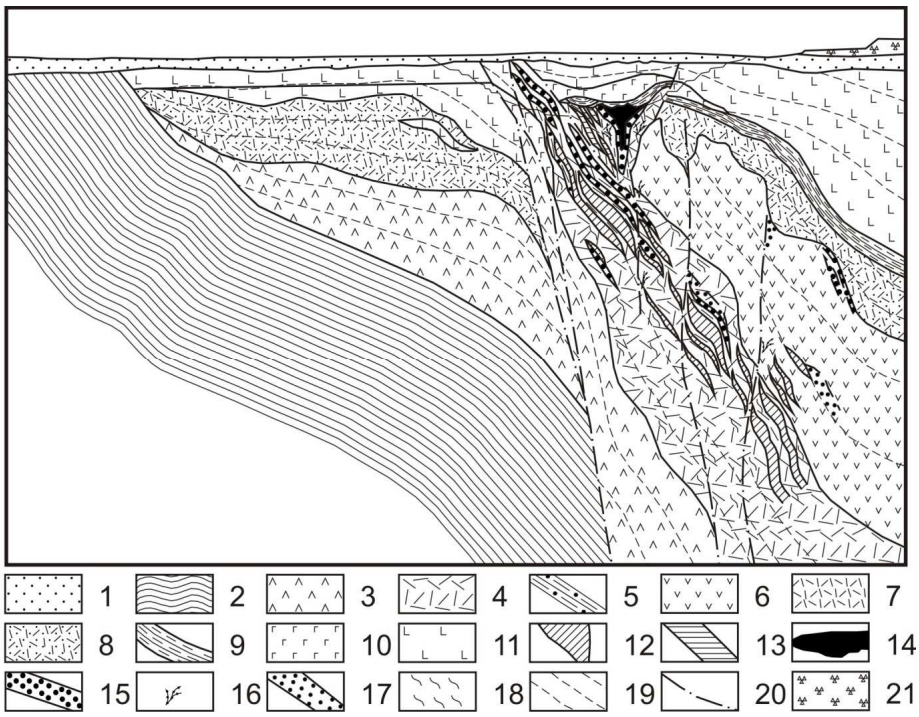
1 – вулканогенно-осадочные породы сосьвинской свиты (S_2); 2 – слоистые известняки (D_1-S_2); 3 – массивные известняки с прослоями сланцев петропавловской свиты (D_1-S_2); 4 – бокситы красные; 5 – бокситы зеленовато-серые; 6 – мергели; 7 – известняки надрудной толщи (D_2); 8 – кайнозойские глинистые отложения; 9 – надвиги; 10 – сбросы.

Вариант 13. Джидинское месторождение вольфрама



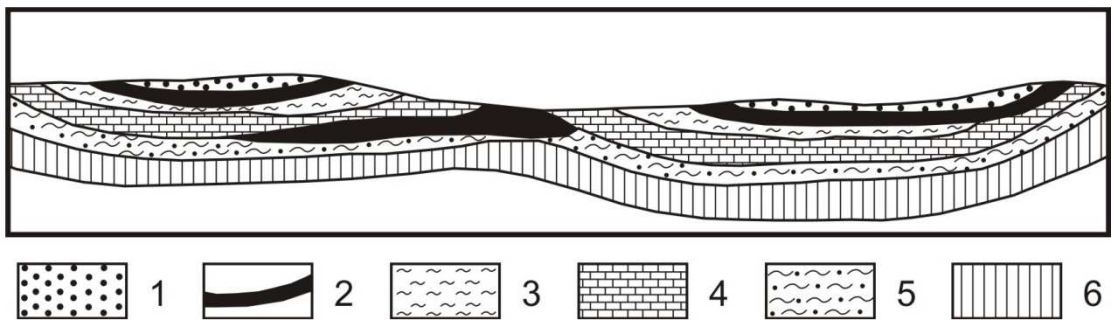
1 – кварцевые диориты; 2 – граниты порфировой структуры; 3 – лампрофиры; 4 – горнблендиты; 5 – кварцево-вольфрамовые жилы.

Вариант 14. Гайское месторождение меди



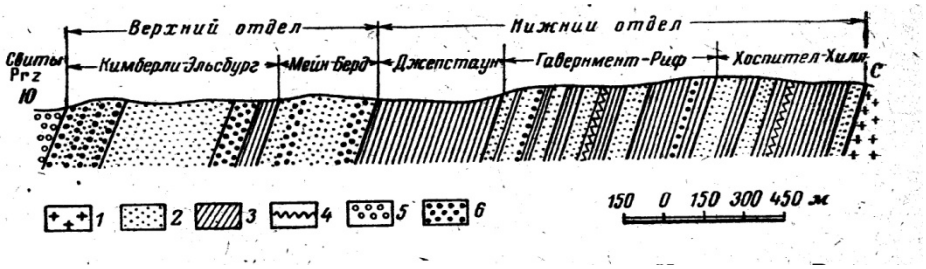
1 – мезо-кайнозойские песчано-глинистые отложения; 2 – породы основания Гайской палеовулканической структуры – переслаивание кремнистых и кремнисто-глинистых пелитовых туффитов, туфопесчаников, углистых алевролитов (D_1?); *вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Гайской палеовулканической структуры:* 3 – андезидацитовая толща; 4-5 – риолитовая толща: 4 – лавы, кластолавы, брекчиевые лавы, туфы; 5 – чередование кремнистых пелитовых туффитов и сплошных серно- и медноколчеданных руд; 6 – дацитовая толща; 7-8 – риодацитовая толща: 7 – окварцованные, серицитизированные и минерализованные пирокласты риолитового состава; 8 – туфы риодацитового состава с прослоями туффитов, кварцевые риолиты; 9 – переходный горизонт (переслаивание перемытых туфов с туфопесчаниками, туффитами, шлако-туфами базальтов, кремнями); 10-11 – базальтоидная толща: 10 – долериты, кварцевые долериты, габбродолериты; 11 – миндалекаменные и шлаковые лавы, лавобрекчии; туфы, туффиты пироксен-плагиопорфировых базальтов. *Сульфидная минерализация:* сплошные руды: 12 – серноколчеданные и бедные медноколчеданные; 13 – медноколчеданные и медно-цинковоколчеданные с повышенным содержанием меди и цинка; 14 – богатые медноколчеданные (включая борнитовые) и медно-цинковоколчеданные. *Прожилково-вкрапленная минерализация и продукты разрушения рудных тел:* 15 – медноколчеданная и медно-цинковоколчеданная кондиционная руда; 16 – прожилки и штокверки халькопирит-пиритового и халькопиритового состава, фиксирующие зоны переотложенного оруденения; 17 – горизонты и участки развития рудокластов сплошных серноколчеданных и бедных медноколчеданных руд. *Прочие обозначения:* 18 – сланцеватость; 19 – слоистость; 20 – синвулканические разрывные длительно развивающиеся нарушения; 21 – отвалы карьера

Вариант 15. Керченское месторождение железа



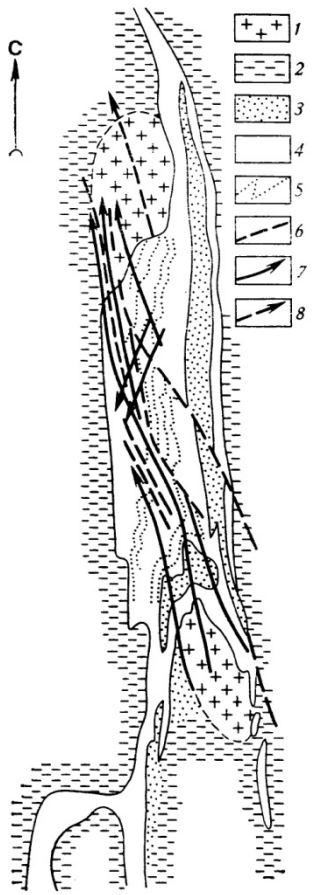
1 – глины и пески верхнекиммерийские; 2 – рудные слои; 3 – глины и известняки нижнекиммерийские; 4 – известняки, угли, пески понтические; 5 – глины, мергели, пески мэотиса; 6 – отложения сармата

Вариант 16. Золото-урановое месторождение Витваттерсранд



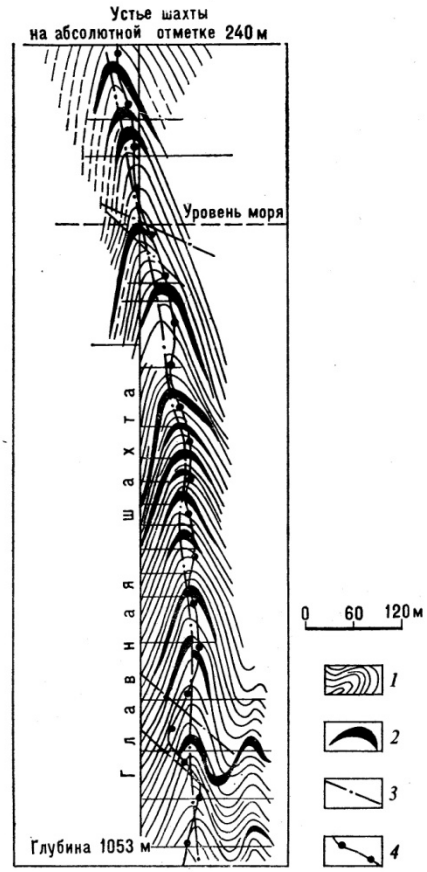
1 – древние граниты; 2 – кварциты; 3 – сланцы; 4 – смятые слои; 5 – мандельштейны; 6 – золотоносные конгломераты (рифы).

Вариант 17. Месторождение золота Колар



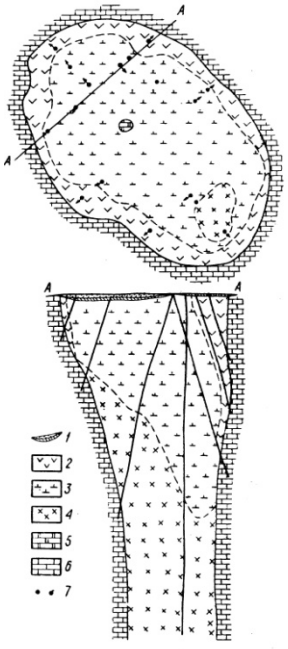
1 – граниты; 2 – гнейсы Пенинсула; 3 – гнейсы Чемпион; 4 – сланцевый пояс Колар; 5 – золотоносные залежи; 6 – разломы; 7 – оси кулисообразных наложенных

Вариант 18. Месторождение золота Бендиго



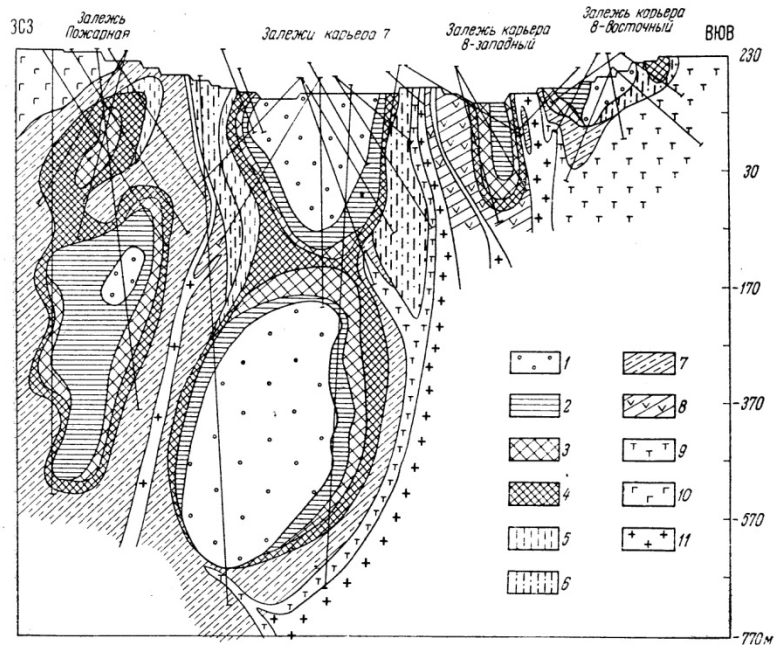
1 – сланцы и песчаники силурийского возраста; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения; 4 – дайки лампрофиров

Вариант 19. Месторождение алмазов Трубка Мир



1 – элювиально-делювиальный слой; 2 – измененный кимберлит желтого цвета; 3 – измененный кимберлит зеленого цвета; 4 – малоизмененный кимберлит зелено-черного цвета; 5 – крупный ксенолит («риф») карбонатных пород усть-кутской свиты; 6 – карбонатная порода усть-кутской свиты; 7 – буровые скважины.

Вариант 20. Баженовское месторождение асбеста



1 – перидотиты; 2 – перидотиты с отороченными жилами асбеста; 3 – перидотиты и серпентиниты с крупной сеткой жил асбеста; 4 – серпентиниты с мелкой сеткой жил асбеста; 5 – серпентиниты с мелкопрожилом; 6 – серпентиниты с просечками и единичными жилами асбеста; 7 – серпентиниты рассланцованные с асбестом; 8 – серпентиниты рассланцованные; 9 – оталькованные серпентиниты, тальковые, такльк-карбонатные, тальк-хлоритовые породы; 10 – габбро; 11 – дайки диоритов, диорит-аплитов, кварцевых порфиров, гранодиоритов.

Методические указания по выполнению контрольной работы прилагаются в виде отдельного документа.

Критерии оценивания: правильность определения структурных элементов 0-1 балл, геолого-структурных типов рудных тел – 0-2 балла, геолого-структурного типа рудного поля 0-5 баллов.

Критерии оценки:

оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если работа получает 3-5 баллов;

оценка «незачет» выставляется обучающемуся, если работа получает 0-2 балла.

Автор: _____ Никулина И. А., доцент, к.г.-м.н.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.02.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Никулина И. А.., доцент, к.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

№№ работ	Название
	Введение
1	Детальное геологическое прогнозирование
2	Геометризация рудоконтролирующих поверхностей
3	Анализ массовых замеров мелкой трещиноватости

Введение

Прикладную часть дисциплины «Прогноз и поиски в пределах рудых полей» составляют вопросы методики детальных и локальных прогнозно-поисковые работы с целью обнаружения новых рудных тел или их частей. Прогнозно-поисковые работы в пределах рудных полей, в отличие от региональных исследований, имеют следующие особенности: 1) локальный масштаб объектов прогнозирования и поисков, 2) значительно большая плотность сети наблюдений, 3) специфические методы прогнозных построений.

На первом этапе ГРР при региональном геологическом изучении недр и прогнозировании полезных ископаемых объектами прогноза являются рудные районы, узлы, зоны, на втором этапе, при поисках и оценке – рудные поля и рудные тела. На третьем этапе, при разведке и освоении месторождений, объекты прогноза и поисков еще более крупные. Разведка проводится в пределах отдельных частей рудных тел, предназначенных для первоочередной разработки. При эксплуатационной разведке прогнозируется распределение в пространстве *качественно разнородных участков рудных тел* – наиболее богатых (рудных столбов, лент и пр.) и, наоборот, обедненных.

Плотность наблюдений отличается *максимальной частотой* по сравнению с ранними стадиями. Так эксплуатационной разведке, как правило, соответствует расстояние между разведочными выработками первые десятки метров.

Методика локального прогнозирования достаточно специфична и ориентируется на генетический тип изучаемой минерализации. Однако информационной базой для прогноза во всех случаях является *локальное геологическое картирование* во всех его видах – структурное, минералогическое, геохимическое, метасоматическое, технологическое и др. Соответственно, разработано большое количество как универсальных, так и достаточно специфических методов.

Теоретические вопросы геологического картирования в пределах рудных полей детально рассмотрены в монографии А. Ф. Коробейникова [4].

Основой прогнозно-поисковых работ в пределах рудных полей служит детальное геологическое картирование исследуемой территории в масштабах 1:25000 – 1:1000. Целью детального геологического картирования является, в первую очередь, определение и уточнение рудоконтролирующих факторов: стратиграфо-литологических, магматических, структурных, геоморфологических, метаморфических и др. При картировании обязательно учитываются результаты предшествующих геологосъемочных, геофизических, геохимических, а также геологоразведочных работ. Методика картирования должна полностью соответствовать действующим инструктивным материалам МПР РФ и методическим указаниям ведущих НИИ – ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ, ВИМС.

При изучении рудных полей необходимо принимать во внимание генетические и промышленные типы оруденения. Так, при картировании осадочных месторождений главную роль должны играть литолого-стратиграфические исследования. Для рудных полей магматического генезиса первостепенное значение имеют структурно-петрологические наблюдения. Исследования метаморфических и гидротермальных объектов состоят в изучении литолого-петрологических особенностей в сочетании с элементами складчатой и разрывной тектоники. Картирование полей с россыпными

объектами выполняется на основе геоморфологической и четвертичной специализированной съемки.

Кроме того, при прогнозировании и поисках в пределах рудных полей применяются специализированные виды геологического картирования: структурное, метасоматическое, минералогическое, геохимическое, геолого-технологическое.

Структурное картирование рудных полей заключается в уточнении разрезов рудовмещающих пород, анализе их форм, условий залегания и петрографического состава, детальном изучении тектоники рудного поля и в особенности рудоконтролирующих структур, включая мелкую трещиноватость и микротектонику. В зависимости от генезиса рудного поля применяются разные методы структурного картирования, основные из которых будут рассмотрены в следующем разделе.

Метасоматическое картирование является необходимой частью исследования гидротермальных месторождений, рудные тела которых сопряжены с ореолами околорудных изменений. Метод состоит в изучении минералого-геохимической зональности ореолов, составлении метасоматических колонок и выделении стадий метасоматоза (ранней щелочной, кислотного выщелачивания, поздней щелочной, нейтрализации растворов – по Д.С. Коржинскому), моделировании рудно-метасоматического процесса и определении места оруденения в этом процессе. Более подробное знакомство с методикой изучения околорудных метасоматитов предусмотрено действующим учебным планом в курсе «Методы изучения МПИ».

Минералогическое картирование, или топоминералогия, представляет собой, в первую очередь, метод научных исследований. Суть его состоит в изучении распределения в пространстве отдельных минералов и их типоморфных характеристик, либо парагенетических ассоциаций минералов. При этом анализируются как содержание минералов, так и их количественные соотношения. Наиболее распространенными являются, кварцеметрическая и пиритометрическая съемка.

Геохимическое картирование в пределах рудных полей осуществляется в соответствии с действующими инструктивными и методическими материалами. Важнейшие приемы геохимических исследований рассматриваются в дисциплине «Геохимические методы поисков». В качестве некоторой особенности можно отметить, что в масштабе рудного поля целесообразно использовать только литохимический метод – по коренным и рыхлым отложениям.

Наконец, геолого-технологическое картирование предназначено для выделения технологических типов и сортов руд с целью управления качеством продукции и разработки рациональной схемы отработки месторождения. Эти работы являются одной из важнейших задач эксплуатационной разведки на действующих горнодобывающих предприятиях. Вопросы геолого-технологического картирования рассматриваются в курсе «Горнопромышленной геологии».

Методы структурного картирования рудных полей

При геологической съемке структурное картирование является дополнением к геологическому картированию и служит для уточнения и детализации тектонического строения территории. Но при изучении структуры рудного поля структурное картирование – основной метод исследований.

Методы структурного картирования чрезвычайно разнообразны. Их можно объединить в 2 группы: картировочные и аналитические. К картировочным относятся структурная съемка, морфометрический, морфогенетический, морфоструктурный, палеофациальный, палеовулканический, структурно-петрологический и другие методы. Аналитические методы включают: анализ мелкой трещиноватости, микроструктурный, тектонофизический и т.п. [4].

Картировочные методы направлены на построение специальных структурных карт. Их разнообразие связано с различием генетических типов месторождений. На магматических месторождениях применяется структурно-петрологический метод, на гидротермальных – морфогенетический (палеотектонический), на вулканических, соответственно, палеовулканический. Для месторождений выветривания эффективен, в первую очередь, палеоклиматический метод, для осадочных – палеофациальный, палеогеографический и палеогеоморфологический. Анализ метаморфогенных месторождений включает изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод).

Перечисленные картировочные методы аналогичны по своей сути.

Структурно-петрологические (палеоплутонические) исследования состоят в последовательном выполнении следующих работ: а) выделение фаций плутонитов – главных и дополнительных фаз, жильных серий, фаций сателлитов; б)анализ их размещения в пределах рассматриваемой площади; в)реставрация истории становления плутонических тел; г)определение места оруденения в этой истории; д)выявление рудоносных фаз и оконтуривание перспективных участков.

Палеовулканический метод включает: а) выделение вулканических фаций; б)анализ их размещения; в) палеовулканические реконструкции; г) определение места оруденения в вулканическом процессе; д) выявление рудоносных и оконтуривание рудоносных участков.

Палеофациальные работы объединяют: а)выделение фаций осадочных пород; б)анализ их распространения; в)реставрация палеофациальных условий; г)определение места оруденения в палеофациальной обстановке; д)выявление рудоносных структур и прогноз.

Изучение рудоносных структур метаморфических комплексов (палеометаморфический метод), в свою очередь, это: а)выделение метаморфических фаций и минеральных ассоциаций; б)анализ их размещения; в)реставрация истории формирования комплекса; г)определение места оруденения в нем; д)выявление рудоносных фаций и прогноз.

Некоторой спецификой отличаются морфогенетический (палеотектонический или палеогидротермальный) и морфоструктурный (палеогеоморфологический) методы.

Морфогенетический метод применяется для глубоко вскрытых гидротермальных месторождений и заключается в реставрации направления движения потока рудообразующих растворов, оценке вертикальной протяженности и степени эродированности месторождений.

Морфоструктурный метод применяется для экзогенных и полигенных месторождений. Он основан на сопоставлении рельефа поверхности с ее геологической

структурой; исследовании морфоструктуры, возникшей при взаимодействии экзогенных и эндогенных факторов.

Наконец, два из названных выше картировочных методов являются универсальными, то есть они применимы к месторождениям любого генезиса. Это структурная съемка и морфометрический анализ.

Структурная съемка – это построение специальных структурных карт, на которых показывают разрывные и складчатые нарушения и их характеристики.

Морфометрический анализ состоит в изучении связи оруденения с рельефом продуктивных структурных поверхностей. Изучение рельефа осуществляется методом его геометризации. В результате устанавливаются рудообразующие деформации и реконструируется механизм формирования месторождения.

Аналитические методы картирования предполагают проведение специфических структурных исследований. Из них наибольшим распространением пользуется *анализ мелкой трещиноватости*. Он включает массовые замеры трещин, статистическую обработку замеров и собственно анализ. Метод имеет широкие возможности, он позволяет определять: 1)региональный план тектонических деформаций (осей тектонических напряжений); 2)локальные вариации плана деформаций; 3)тип, генезис и этапы рудообразующих деформаций; 4)возрастные взаимоотношения оруденения с различными геологическими телами; 5)механизм рудообразования в целом (в совокупности с другими методами). Применение метода не требует каких-либо особых приспособлений или навыков, он общедоступен и дает разнообразные и достаточно определенные данные.

Тектонофизический анализ базируется на основных положениях тектонофизики, основоположником которой является М.В. Гзовский. Тектонофизический анализ также заключается в реставрации плана тектонических напряжений, то есть ориентировки осей тектонических деформаций. Основой анализа является также изучение мелкой трещиноватости. Положение осей устанавливается по ориентировке сопряженных систем трещин, осей складчатости, плойчатости и другим признакам. Определенная неоднозначность состоит в правильном выделении сопряженных систем, для чего разработан целый ряд признаков. Оси деформации определяются как линии пересечения сопряженных систем в результате графических построений на специальной сетке.

Микроструктурный анализ основан на определении ориентировки минералов в горных породах и рудах, возникшей в результате тектонических (метаморфических, метасоматических и др.) процессов. Метод позволяет сделать выводы о структурных услових формирования рудовмещающих пород и руд. Микроструктурный анализ заключается в отборе ориентированных образцов, изготовлении из них ориентированных шлифов и последующем изучении их на столике Федорова с замером ориентировки оптических осей. Метод отличается трудоемкостью, он требует большой точности и аккуратности, высокой квалификации исполнителя. При этом он должен сочетаться с другими методами, и результаты его не всегда интерпретируются однозначно.. Кроме того, в классических вариантах микроструктурного анализа используются только одноосные минералы – кварц, кальцит, слюды, хотя позднее разработаны модификации и для других минералов – барита, оливинов, пироксенов, рудных минералов.

Структурно-петрофизический анализ основан на изучении физико-механических свойств горных пород (петрофизических свойств). С помощью специальных структурно-петрофизических диаграмм выделяются деформированные и недеформированные породы, реставрируются палеотектонические поля напряжений, этапы развития рудоносных структур. Метод использует математическое моделирование физико-механических свойств горных пород, руд, полей напряжений для разных механизмов деформаций.

В рамках практических занятий при изучении дисциплины «Структуры рудных полей» предусматривается освоение трех наиболее распространенных методов: двух картировочных и одного аналитического. Первая работа состоит в прогнозировании новых рудных тел в пределах медноколчеданного рудного поля на палеовулканической основе, вторая работа заключается в исследовании рудоконтролирующей поверхности с помощью геометризации морфометрическим методом, и третья – анализ массовых замеров мелкой трещиноватости. Теоретические основы методов рассматриваются в лекционной части курса, а также в методических указаниях по самостоятельной работе. В данном пособии приводится описание практической части работ.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Детальное геологическое прогнозирование

Цель учебной работы по детальному прогнозированию состоит в том, чтобы получить представление о задачах, решаемых при количественном прогнозировании и познакомиться с методами, которые применяются при решении этих задач.

Задание разработано на примере Бурибайского медноколчеданного месторождения, расположенного на Южном Урале. Медноколчеданное оруденение – ведущий для Урала промышленный тип медных руд. Заблаговременное выявление прогнозных ресурсов разных категорий является залогом обеспечения сырьем меднорудных предприятий региона. В качестве прогнозной основы использована схематическая геологическая геолого-структурная карта Бурибайского рудного поля масштаба 1:25000, составленная в 1984 г. В. Ф. Рудницким и Н. Б. Папуловым; данные по рудным объектам взяты из отчета о научно-исследовательской работе "Условия размещения медноколчеданных месторождений и оценка перспектив на Бурибайском и Маканском рудных полях" 1986 г., авторами которого являются В. Ф. Рудницкий, В. В. Масленников, Н. Б. Папулов и др. В целях оптимизации обучающих функций задания допущены некоторые отступления от карты и параметров рудных проявлений.

Задание базируется на методике количественного геологического прогнозирования, применяемой в нашем институте с начала 70-х годов. основоположником ее был заведовавший кафедрой геологии месторождений полезных ископаемых в 1968-1977 гг. проф. П. А. Шехтман. Позднее это направление возглавлял проф. В. В. Бабенко.

Задание состоит из двух частей. Первая часть заключается в выявлении рудоконтролирующих факторов и оценке их относительной значимости, а вторая – в выделении перспективных площадей. Для выполнения первой части задания используется эталонный участок карты, в пределах которого сосредоточены практически все известные в Бурибайском рудном поле проявления медноколчеданных руд. Они представлены Бурибайским месторождением, ныне отработанным, Ново-Бурибайской рудной залежью, рудопроявлениями Подсобное хозяйство, Шанхай, Красный Маяк, а также рядом рудных подсечений. Вторая часть задания – собственно прогнозирование, выполняется на смежном с эталонным участке, в пределах которого проявлений минерализации в настоящее время не установлено. Поскольку задание носит учебный характер, процесс прогнозирования в нем предельно упрощен. Прогнозная оценка базируется в рассматриваемой методике на геолого-статистических методах и включает довольно большой объем вычислений. Для их реализации составлена программа под названием "Учебная работа по количественному прогнозированию", рассчитанная на компьютерный класс кафедры.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ОЦЕНИВАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Геология рудного района

Рассматриваемый рудный район расположен в пределах вулканического пояса, представленного здесь двумя структурными зонами – Восточной и Западной. Восточная зона сложена андезито-базальтовой формацией и представляет собой островную дугу. В Западной зоне развита формация натриевых базальтов-риолитов, которая рассматривается как основание островодужного комплекса, либо как отложения междугового бассейна.

В геологическом строении района участвуют (Рис. 1) две свиты – нижняя и верхняя. Нижняя свита развита в пределах Западной зоны и включает две толщи – метадолеритовую и базальтовую. Первая, метадолеритовая (диабазовая), толща представлена афировыми и порфировыми метаморфизованными долеритами, образующими пакеты крутопадающих даек и силлоподобные залежи при подчиненном присутствии лав. Вторая, базальтовая, толща сложена подушечными и трубчатыми лавами подводных базальтов (спилитов), среди которых встречаются дайки метадолеритов и изредка прослои переотложенных гиалокластитов. Верхняя свита слагает, главным образом, Восточную структурную зону. Она включает лавы и пирокластические разности пироксен-плагиоклазовых порфировых дацито-андезитов, андезибазальтов и базальтов, которые сменяются вверх по разрезу вулканогенно-терригенными породами: туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфоконгломератами. Интрузивные образования района представлены габбро и габбродиоритами, залегающими в виде крутопадающих дайкообразных и штокообразных тел.

В структурном отношении район представляет собой тектонический блок, длинной осью ориентированный в север-северо-западном направлении. С запада и востока блок ограничен разломами субмеридионального (355°) простирания, с севера и юга – субширотными (60°). Субмеридиональные разломы вмещают интрузивные тела диоритов, габбродиоритов и габбродолеритов, субширотные трассируются пакетами даек метадолеритов. Долериты и подводные базальты образуют в пределах блока вытянутые в субмеридиональном направлении вулканические поднятия. В ядрах поднятий выходят долериты, на крыльях залегают потоки базальтов. Поднятия с длинных сторон окаймляются депрессионными структурами (кальдерными рвами) шириной около 500 м при размерах поднятий от 3х7 до 8х20 км. Поднятия разделены субширотными разломами.

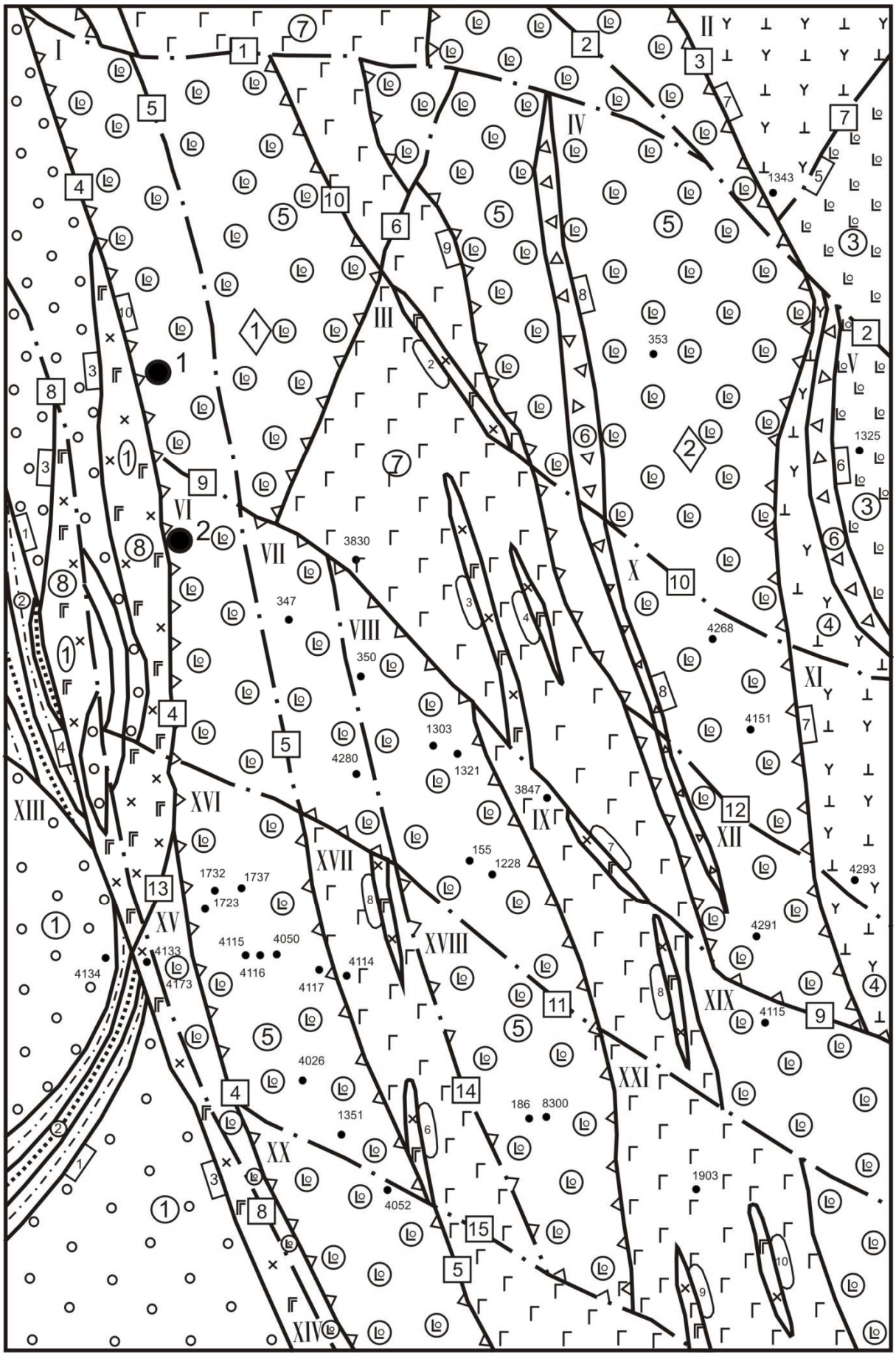
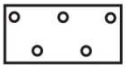


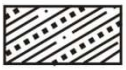
Рис. 1. Геологическая карта эталонного участка. Масштаб 1:25000

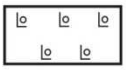
Условные обозначения к рисункам 1 и 2

Литология

Верхняя свита

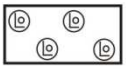

Туфоконгломераты

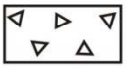

Туфопесчаники и туфоалевролиты

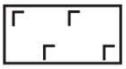

Базальты и андезибазальты


Дациты и андезидациты

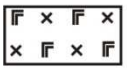
Нижняя свита


Подушечные лавы подводных базальтов

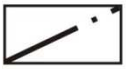

Переотложенные гиалокластиты

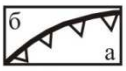

Долериты и базальты долеритовой толщи

Интрузивные породы


Габбродиориты

Структурные элементы


Разломы



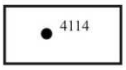
Контуры палеодепрессий (а) и разделяющих их поднятий (б)


Геологические контакты

Рудные объекты

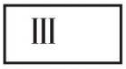


Месторождения

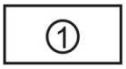


Рудные скважины

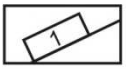
Нумерация структур



Номера ГОБ



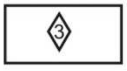
Номера литологических толщ



Номера геологических контактов



Номера разломов



Номера вулканоструктур



Номера магматических тел

Эталонное рудное поле

Эталонное рудное поле приурочено к крылу одного из вулканических поднятий. Оно представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении горст-антиклиналь размером 4х18 км, сложенную породами нижней свиты. С запада горст-антиклиналь ограничена глубинным разломом с амплитудой свыше 600 м, с востока перекрывается более поздними вулканогенными образованиями верхней свиты. Северная и южная границы поля проводятся по субширотным нарушениям.

Пакеты даек и компактные микропорфировые базальты образуют в центральной части рудного поля вулканическую гряду (вал) шириной 0,5-2,5 км, вытянутую в субмеридиональном направлении на расстояние 16 км. В центральной части гряды к западу отходит небольшой пальцевидный отрог размером в плане 0,25-1,5 км (Рис. 1). Склоны гряды имеют пологое (до 30, реже до 45°) падение и покрыты подушечными лавами подводных базальтов толщи. На склонах выделяются узкие депрессионные структуры, которые характеризуются присутствием в них, наряду с шаровыми лавами, прослоев вулканогенно-осадочных отложений.

В рудном поле установлены две палеодепрессии. Одна из них находится на восточном склоне вулканической гряды, имеет овальную форму и размеры 1х6 км. Вторая откартирована на западном склоне гряды. Размеры ее значительно больше, а конфигурация осложнена отрогом вулканической гряды, разделяющим юго-восточную часть палеодепрессии на две полосы. Западная часть палеодепрессии срезана глубинным разломом. Поствулканические разломы северо-западного простирания разделяют рудное поле на ряд блоков более высокого порядка.

Характеристика рудных объектов

Минерализация эталонного рудного поля представлена двумя месторождениями – одним средним и одним мелким, четырьмя проявлениями и рядом рудных подсечений (Рис. 1).

Месторождение 1 расположено в нижней базальтовой толще, в северном замыкании западной палеодепрессии. Образовано оно тремя линзами. Основной по запасам является Южная линза. Ее мощность достигает 65 м, длина по простиранию 350 м. Линза протягивается по азимуту 345° с падением на запад под углом 45-50°. В поперечном сечении линза имеет ступенчатую форму, которая определяется сочетанием крутопадающих зон дробления с пологими межпластовыми зонами рассланцевания. По простиранию рудное тело резко выклинивается на юге без сокращения мощности, а на севере расщепляется на две апофизы с образованием раздува в месте расщепления. Руды месторождения представлены, в основном, массивным и, в меньшей степени, вкрапленным типами и состоят из пирита, халькопирита и сфалерита. Среднее содержание меди 3,5 %, цинка – 1 %. Руды сопровождаются метасоматитами кварц-хлоритового, хлорит-кварцевого, карбонат-хлорит-кварцевого, кварц-хлорит-серицитового состава.

Месторождение 2 находится в 500 м к югу от месторождения 1 в сходной геолого-структурной обстановке на более глубоком уровне. Представлено оно двумя параллельными линзами западного падения (угол 35-40°). По простиранию длина залежи составляет около 100 м, по падению – 200 м. Суммарная мощность линз достигает 25 м, среднее содержание меди 2,3 %.

Проявления 3, 4, 5 приурочены к центральной части западной палеодепрессии. Они образуют две зоны. Первая включает проявление 3 и располагается в западном борту Западной палеодепрессии. Здесь вскрыты медные, медно-цинковые и серные массивные и прожилково-вкрапленные руды, сопряженные с серицит-хлорит-кварцевыми метасоматитами. Вторая зона контролируется депрессионной структурой более высокого порядка, осложняющей восточный борт той же палеодепрессии. Зона включает вкрапленную медную и цинковую минерализацию проявлений 4 и 5. Проявление 6 размещается в Восточной палеодепрессии. Оно представлено вкрапленными цинковыми рудами и сульфидной минерализацией в хлорит-кварцевых и серицит-хлорит-кварцевых породах. Проявления изучены недостаточно и четко не оконтурены, поэтому на карте эталонного рудного поля (Рис. 1) они представлены в виде отдельных рудных подсечений (скважин).

Сводная характеристика рудных объектов дана в таблице 1.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выявление рудоконтролирующих факторов

Составление кадастра минерализованных блоков

Первая часть работы – выявление рудоконтролирующих факторов, базируется на анализе карты эталонного участка, расположенной на бланке задания слева (Рис. 1). Геологические контакты, разрывные нарушения и границы палеовулканических структур делят площадь эталонного рудного поля на отдельные участки, в пределах которых геологическая ситуация одинакова. Эти участки называются геологически однородными блоками (ГОБ). 21 из них являются минерализованными, то есть содержат рудные объекты – месторождения, проявления или рудные подсечения. Они и используются для выявления и оценки рудоконтролирующих факторов. Масштаб минерализации, заключенной в каждом таком блоке, определяется вариантом задания в виде содержания полезного компонента (меди), мощности рудной зоны или произведения этих параметров – метропроцента (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика рудных объектов

Номера ГОБ	Номера объектов	Варианты														
		Мощность рудного тела, м						Содержание меди, %				Метропроценты, м%				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	I	65,00	32,50	130,00	88,00	43,30	3,50	1,75	7,00	5,30	2,30	227,50	56,88	910,00	466,40	99,59
2	8303	1,40	0,70	2,80	2,10	0,90	0,20	0,10	0,40	0,30	0,13	0,28	0,07	1,12	0,63	0,12
3	3850	10,00	5,00	20,00	15,00	6,70	1,00	0,50	2,00	1,50	0,67	10,00	2,50	40,00	22,50	4,49
4	353	0,50	0,25	1,00	0,75	0,30	0,16	0,08	0,32	0,75	0,11	0,08	0,02	0,32	0,18	0,03
5	1325	0,98	0,49	2,00	1,46	0,65	0,05	0,04	0,10	0,07	0,03	0,49	0,01	0,20	0,10	0,02
6	II	25,00	12,50	50,00	38,00	17,70	2,30	1,15	4,60	3,50	1,50	57,50	14,38	230,00	133,00	26,55
7	347	9,30	4,60	18,60	14,00	6,20	0,13	0,07	0,26	0,19	0,09	1,21	0,32	4,84	2,66	0,56
	4280	9,70	4,90	19,40	14,20	6,40	0,34	0,17	0,68	0,51	0,23	3,30	0,83	13,19	7,24	1,47
8	350	2,90	1,45	5,80	3,30	2,00	0,07	0,04	0,14	0,11	0,05	0,20	0,06	0,81	0,36	0,10
	1303	2,00	1,00	4,00	3,00	1,40	0,06	0,03	0,12	0,09	0,04	0,12	0,03	0,48	0,27	0,06
	1321	1,20	0,60	2,40	1,80	0,80	0,64	0,32	1,28	0,96	0,43	0,77	0,12	3,07	1,73	0,34
	155	13,60	6,80	27,20	20,40	9,00	0,20	0,10	0,40	0,30	0,14	2,72	0,68	10,88	6,12	1,26
	4288	21,70	10,75	43,40	32,00	14,70	0,84	0,42	1,68	1,26	0,56	18,33	4,52	72,91	40,32	8,23
9	3847	5,00	2,50	10,00	7,50	3,30	0,06	0,03	0,10	0,08	0,03	0,25	0,08	1,00	0,60	0,10
10	4286	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	0,16	0,08	0,32	0,24	0,09	0,08	0,02	0,32	0,18	0,30
	4151	3,10	1,55	6,20	4,70	2,00	0,25	0,13	0,50	0,38	0,18	0,78	0,20	3,10	1,79	0,36
11	4293	1,04	0,52	2,08	1,56	0,72	0,07	0,04	0,14	0,11	0,05	0,73	0,02	0,29	0,17	0,01
12	4291	1,00	0,50	2,00	1,50	0,67	0,04	0,02	0,08	0,06	0,03	0,01	0,01	0,16	0,09	0,02
13	4134	16,00	8,00	32,00	24,00	10,70	0,21	0,11	0,42	0,32	0,14	3,36	0,88	13,44	7,68	1,50
14	4135	3,00	1,50	6,00	4,50	2,00	0,25	0,13	0,50	0,38	0,18	0,75	0,20	3,00	1,71	0,36
15	4173	4,10	2,05	8,20	6,30	2,70	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	2,05	0,51	8,20	4,73	0,89

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
16	1732	3,60	1,80	7,20	5,40	2,40	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,04	0,02	0,14	0,11	0,02
	1737	1,40	0,70	2,80	2,10	0,90	0,02	0,01	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,11	0,06	0,01
	1723	0,30	0,15	0,60	0,45	0,20	0,84	0,42	1,68	1,26	0,63	0,25	0,06	1,01	0,57	0,13
	4115	28,20	14,10	56,40	32,30	19,99	1,62	0,81	3,24	2,41	1,12	45,68	11,42	182,74	77,84	21,28
	4116	3,80	1,90	7,60	5,70	2,50	0,55	0,23	1,10	0,80	0,37	2,09	0,44	8,36	4,56	0,93
	4117	5,90	2,85	11,80	8,70	4,00	0,20	0,10	0,40	0,30	0,14	1,18	0,29	4,72	2,61	0,56
	4050	14,00	7,00	28,00	21,00	9,20	0,50	0,25	1,00	0,75	0,33	7,00	1,75	28,00	15,75	3,04
	4026	3,80	1,90	7,60	5,70	2,50	1,05	0,53	2,10	1,58	0,70	3,99	1,01	15,96	9,01	1,75
	1351	4,50	2,25	9,00	6,80	3,00	0,13	0,07	0,26	0,20	0,09	0,59	0,16	2,34	1,36	0,27
	3840	6,50	3,25	13,00	9,80	4,30	0,20	0,10	0,40	0,30	0,13	1,30	0,33	5,20	2,94	0,56
17	4114	4,70	2,35	9,40	7,00	3,10	0,05	0,03	0,10	0,08	0,03	0,24	0,07	0,94	0,56	0,09
18	186	12,00	6,00	24,00	18,00	8,00	0,88	0,44	1,76	1,32	0,60	10,56	2,64	42,24	23,76	4,80
	8300	16,95	8,49	33,00	25,40	11,00	0,95	0,48	2,00	1,43	0,67	16,10	4,08	66,00	36,32	7,37
19	4118	1,20	0,60	2,40	1,80	0,80	0,30	0,15	0,60	0,45	0,20	0,36	0,09	1,44	0,81	0,16
20	4062	1,10	0,55	2,20	1,60	0,70	2,50	1,25	5,00	3,75	1,80	2,75	0,69	11,00	6,00	1,26
21	1903	1,10	0,55	2,20	1,60	0,70	0,05	0,03	0,10	0,08	0,03	0,05	0,02	0,22	0,13	0,02

Работа по выявлению рудоконтролирующих факторов начинается с описания признакового множества минерализации – с составления кадастра минерализованных ГОБ. Кадастр представляет собой таблицу, столбцы которой соответствуют описываемым ГОБ, а строки – признакам, фиксируемым в каждом из них. Формуляр кадастра с образцом заполнения приводится в таблице 2. При заполнении кадастра для сокращения записей данные целесообразно кодировать, то есть использовать цифровые и буквенные обозначения, которые оформляются в виде словаря кодов (дескрипторов). Дескрипторный словарь для выполнения данного задания представлен в таблице 3.

Геологические тела, участвующие в строении территории (разломы, вулканоструктуры, толщи горных пород, магматические тела и геологические контакты), нумеруются. Нумерация необходима для последующей статистической обработки информации. При заполнении кадастра номер описываемого тела обязательно фиксируется и вся снимаемая с карты информация заносится строго в соответствующую ему строку.

Составление расчетных таблиц

Когда кадастр минерализованных ГОБ полностью заполнен, собранную в нем информацию нужно подготовить к машинной обработке, Удобнее всего представить ее в табличной форме. Фрагмент такой таблицы для одного из оцениваемых признаков – ориентировки разломов, приводится ниже в таблице 4.

Строки таблицы отвечают номерам описываемых геологических тел (в нашем примере разломов), а столбцы – градациям оцениваемого признака (направлению простирания). В клетки таблицы заносятся значения масштаба минерализации, соответствующие номеру ГОБ, определяемые вариантом задания. Так, если разлом с номером 1 имеет субширотное простирание, а масштаб минерализации описываемого блока составляет 88,0, то число 88,0 следует занести в клетку, находящуюся на пересечении первой строки и второго столбца (не считая крайнего левого с номерами разломов). Если же разлом с номером 3 северо-западный, а масштаб минерализации блока, который он образует, 2,10, то число 2,10 следует занести в клетку на пересечении третьей строки и четвертого столбца (табл. 4). Поскольку с каждым разломом, как правило, связано несколько рудных объектов, то в каждую клетку попадает не одно, а несколько значений масштаба минерализации. Их следует разделять знаком ";" или писать столбиком мелким шрифтом. Например, разлом № 15 имеет северо-западную ориентировку, и с ним связаны 4 объекта с масштабом минерализации 14,40, 9,40, 28,50 и 2,20. Эти значения и записываются в клетку на пересечении четвертой строки и первого столбца (табл. 4).

Всего рекомендуется составить 9 таблиц для оценки влияния на размещение минерализации всех признаков, описанных в кадастре ГОБ и их градационных значениях:

Таблица 2

Кадастр минерализованных ГОБ

Номера ГОБ	1	2	…	21
Масштаб минерализации	1,75	0,10	…	0,03
Оцениваемые признаки				
Разломы				
номер	1	3		11
	4	7		15
	5			
	9			
ориентировка	2	4		4
	1	3		4
	1			
	4			
Вулканоструктуры				
номер	1	5		4
тип	1	2		2
Вмещающие породы				
номер	5	4		7
свита	2	1		2
фация	1	1		2
петрохимический состав	2	3		2
Магматические тела				
номер	1	-		9
				10
ориентировка	1	-		1
				1
Геологические контакты				
номер	2	5		9
	9	7		
	10			
тип	1	2		2
	2	1		
	1			
ориентировка	1	3		1, 4
	1	4		
	1			
сочетание пород в контакте	1/5	3/4		5/7
	5/7	4/5		
	5/8			

Таблица 3

Дескрипторный словарь

Признаки	Характеристики признаков	Цифровой код	Буквенный код
Разломы			
Ориентировка*	субмеридиональная	1	м
	субширотная	2	ш
	северо-восточная	3	в
	северо-западная	4	з
Вулканоструктуры			
тип	депрессии	1	д
	поднятия	2	п
Вмещающие породы			
толщи	туфоконгломераты	1	
	туфопесчаники, туфоалевролиты	2	
	базальты и андезибазальты	3	
	дацито-андезиты	4	
	подушечные лавы подводных базальтов	5	
	переотложенные гиалокластиты базальтовой толщи	6	
	метадолериты и базальты долеритовой толщи	7	
	габбродиориты	8	
свиты	верхняя	1	в
	нижняя	2	н
фации	эффузивная	1	э
	субвулканическая	2	св
	вулканогенно-осадочная	3	во
петрохимический состав	основной-средний (базальты и андезибазальты, габбродиориты)	1	ос
	основной (базальты, долериты)	2	о
	средний-кислый (дацито-андезиты)	3	кс
Геологические контакты			
тип	межформационный (между разными свитами)	1	фор
	межфациальный (между разными толщами одной свиты)	2	фац
сочетание пород в контакте	туфоконгломераты – туфопесчаники и туфогравелиты	1 (1/2)	
	туфоконгломераты – подводные базальты	2 (1/5)	
	туфоконгломераты - габбродиориты	3 (1/8)	
	туфопесчаники и туфоалевролиты – габбродиориты	4 (2/8)	
	базальты и андезибазальты – дацито-андезиты	5 (3/4)	
	базальты и андезибазальты – гиалокластиты	6 (3/6)	
	дацито-андезиты – подводные базальты	7 (4/5)	
	подводные базальты – гиалокластиты	8 (5/6)	
	подводные базальты – метадолериты	9 (5/7)	
	подводные базальты – габбродиориты	10 (5/8)	
	метадолериты – габбродиориты	11 (7/8)	

* Аналогичным образом кодируется ориентировка магматических тел и геологических контактов

Таблица 4

Ориентировка разломов

Градации / Номера	Субмеридиональ-ные	субширотные	северо-восточные	северо-западные
1		88,0 0,75		
2				0,75 1,46
3				2,10
…	…	…	…	…
15				14,40 9,40 28,50 2,20

Оценки

1) ориентировка разломов,

2) тип вулканоструктур,

3) свиты вмещающих пород,

4) фации вмещающих пород,

5) петрохимический состав вмещающих пород,

6) ориентировка магматических тел,

7) тип геологических контактов,

8) ориентировка геологических контактов,

9) сочетание пород в контакте.

Обработка информации

Обработка информации выполняется с применением ПЭВМ по специально составленной программе. Программа состоит из трех частей.

Первая часть предназначена для расчета натуральных оценок значимости признаков. Оценки рассчитываются по следующей схеме:

1) ввод исходных данных,

2) печать исходных данных и проверка ввода,

3) определение суммарных оценок отдельных геологических тел в каждой градации (в каждой клетке исходной таблицы),

4) определение суммарных оценок градаций (в каждом столбце исходной таблицы),

5) определение средних суммарных оценок отдельных геологических тел каждой градации (столбца),

6) расчет величины, обратной коэффициенту вариации, по каждой градации (столбцу),

7) определение коэффициента рудоносности – отношения суммарной оценки каждой градации к сумме оценок всех градаций данного признака,

8) расчет натуральных оценок значимости каждой градации как произведение трех величин:

- средней суммарной оценки данной градации,

- величины, обратной коэффициенту вариации,

- коэффициента рудоносности,

9) вывод результатов.

После того, как все таблицы просчитаны, распечатанные результаты просматриваются и анализируются. Для дальнейшей обработки выбираются оценки, отличные от нуля. Эти оценки нумеруются и обрабатываются с помощью второй части программы, предназначенной для приведения рассчитанных описанным способом оценок к единой десятибалльной шкале, упорядочения их и расчета средней оценки. Эти операции выполняются в следующей последовательности:

1) ввод исходных данных (номеров отобранных для дальнейшей обработки градаций признаков и их оценок),

2) печать исходных данных и проверка ввода,

3) нахождение максимальной оценки и упорядочение оценок по убыванию,

4) приведение оценок к единой десятибалльной шкале путем деления на максимальное значение и умножения на 10,

5) расчет средней приведенной оценки,

6) вывод результатов.

Третья часть программы используется позже для выделения перспективных площадей и будет рассмотрена ниже.

Программа написана в диалоговом режиме, что позволяет студентам вести обработку информации практически самостоятельно.

Систематика РФ

Получив упорядоченный массив градаций признаков и их оценок, можно приступать к отбору и систематизации РФ. В данной учебной работе рекомендуется в качестве РФ рассматривать те признаки, оценки которых выше, чем средняя. Эти признаки, то есть рудоконтролирующие факторы, следует систематизировать по видам и значимости в контроле оруденения и сформулировать на основе этой систематики геолого-структурную позицию прогнозируемого оруденения.

Обычно систематику РФ представляют в виде таблицы, строки которой отвечают рудоконтролирующим факторам разного масштаба, а столбцы – факторам разного вида. В нашей небольшой учебной работе анализируются РФ только одного масштаба – контролирующие рудные тела и месторождения. Среди них можно выделить четыре вида: разрывные, вулканоструктурные, литологические и магматические. Например, в одном из вариантов может быть получен следующий набор факторов (в скобках даны оценки значимости):

1) вулканические депрессии (10,0),

2) субмеридиональные разломы (8,5),

3) базальты подводной толщи (8,4),

4) контакт базальтовой и долеритовой толщи (6,3),

5) субширотные разломы (4,5),

6) дайки габбродиоритов субмеридиональной ориентировки (4,2).

В табличном виде их систематика будет выглядеть следующим образом (табл. 5).

Таблица 5

Систематика рудоконтролирующих факторов

Разрывные	Вулканоструктурные	Литологические	Магматические
Субмеридиональные разломы (8,5) Субширотные разломы (4,5)	Вулканотектонические депрессии (10,0)	Базальты подводной толщи (8,4) Контакт подводных базальтов и долеритов (6,3)	Субмеридиональные дайки габбродиоритов (4,2)

Проанализировав таблицу, можно сформулировать геолого-структурную позицию рудных тел: это геологические блоки, приуроченные к вулканотектоническим депрессиям, сложенные базальтами подводной толщи, прорванными дайками габбродиоритов субмеридиональной ориентировки, и ограниченные субмеридиональными и субширотными разломами и контактами базальтовой и долеритовой толщ.

Таким образом, мы сформировали модель благоприятной геолого-структурной позиции оруденения. Поиск таких позиций на оцениваемой территории и есть собственно прогнозирование – вторая часть прогнозной оценки, выполнение которой рассматривается ниже.

Прогнозная оценка территории

Прогнозная оценка выполняется в пределах второго участка карты, приведенного на бланке задания справа (Рис. 2). Здесь также в результате пересечения разных геологических тел образуются геологически однородные блоки, которые нужно пронумеровать. Вторая часть работы выполняется в следующей последовательности.

Составление кадастра оцениваемых ГОБ

Практически поиски благоприятных для размещения оруденения геолого-структурных позиций реализуется в анализе геологической ситуации в каждом оцениваемом ГОБ. При этом фиксируется проявление или отсутствие РФ из установленного набора. Оценки значимости действующих РФ в каждом блоке суммируются. Эта сумма и является оценкой перспективности блока.

Информация для машинной обработки оценок и выделения перспективных ГОБ также должна быть организована в виде таблицы, называемой кадастром перспективных ГОБ. Строки этой таблицы соответствуют оцениваемым ГОБ (с номерами в нашем задании с 22 по 56), а столбцы – выявленным выше рудоконтролирующим факторам. В клетки таблицы заносятся приведенные оценки значимости этих факторов. Если фактор в блоке не действует, то вместо оценки в соответствующую клетку ставится 0. Если фактор представлен в блоке несколько раз (например, блок образован двумя субмеридиональными разломами или содержит три дайки габбродиоритов), то его оценка увеличивается во столько же раз (удваивается, утраивается и т. д.). Если взять в качестве примера рассмотренный выше набор РФ (п. 4.1.4), то фрагмент кадастра оцениваемых ГОБ может выглядеть следующим образом (табл. 6).

Выделение перспективных ГОБ

Для решения этой задачи используется третья часть той же программы для ПЭВМ. Она включает следующие операции:

1) ввод исходного массива номеров оцениваемых ГОБ и приведенных оценок относительной значимости дей2ствующих в них РФ,

2) печать массива и проверка ввода,

3) определение суммарной оценки РФ для каждого оцениваемого блока (оценки перспективности ГОБ),

4) печать суммарных оценок,

5) сортировка оценок перспективности ГОБ по убыванию,

6) нахождение средней оценки перспективности (1-й средней оценки),

7) печать номеров и оценок перспективных ГОБ, имеющих оценки выше 1-й средней,

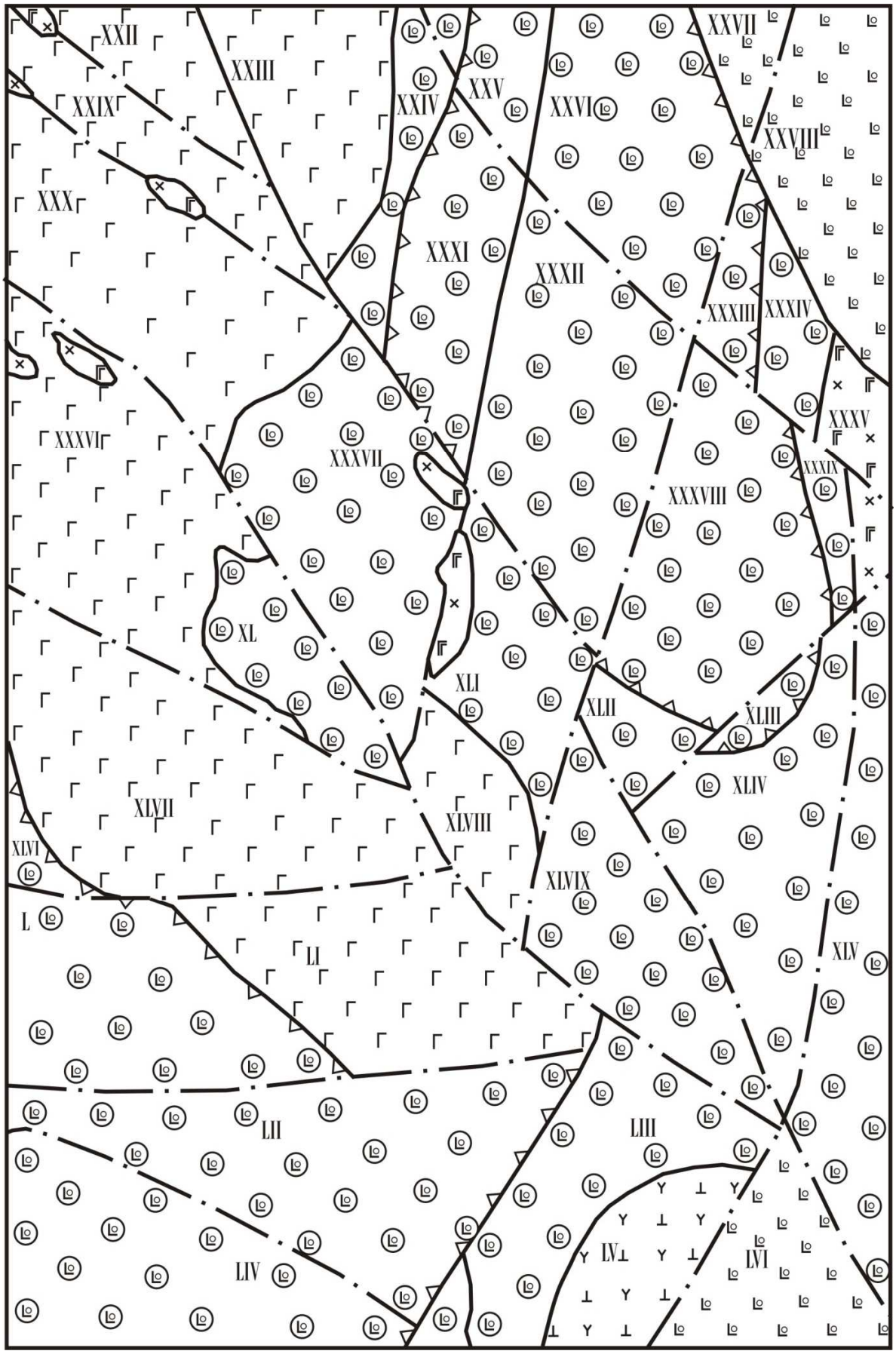


Рис. 2. Геологическая карта оцениваемого участка. Масштаб 1:25000

Таблица 6

Кадастр оцениваемых ГОБ

Оценки РФ / Номера ГОБ	Вулканические депрессии	Субмеридиональные разломы	Базальты подводной толщи	Контакт базальтов и долеритов	Субширотные разломы	Дайки габбродиоритов субмеридионального простирания
	10,0	8,5	8,4	6,3	4,5	4,2
22	0	0	0	0	0	0
…						
31	10,0	8,5	8,4	0	0	
…						
49	0	8,5	8,4	6,3	4,5	0
…						
56	0	0	0	0	0	0
Оценки перспективности						

8) нахождение средней оценки для перспективных ГОБ (2-й средней оценки),

9) печать номеров и оценок перспективных ГОБ 1-й очереди, имеющих оценки выше 2-й средней.

Таким образом, вначале определяются оценки перспективности каждого блока, рассчитываемые как суммы действующих в нем РФ. Затем они упорядочиваются по убыванию и вычисляется среднее значение. Блоки, оценки которых выше средней, считаются перспективными площадями 2-й очереди. После этого определяется средняя оценка только для них, и ГОБ с оценками выше второго среднего значения выделяются как перспективные площади 1-й очереди.

Оконтуривание перспективных ГОБ

Перспективные блоки 1-й и 2-й очередей показываются на карте оцениваемого участка разной штриховкой. Компактные группы таких блоков оконтуриваются геологическими границами в качестве прогнозных участков. Геологическими границами служат разломы, оси складок (на нашей карте их нет), контуры вулканоструктур, границы магматических тел, стратиграфические и литологические контакты. Для этих участков могут быть подсчитаны прогнозные ресурсы разных категорий (в зависимости от масштаба). В настоящей работе подсчет прогнозных ресурсов не рассматривается, это тема отдельного задания.

Проверка надежности прогноза

Для проверки надежности прогнозных построений нужно подсчитать оценки перспективности минерализованных ГОБ эталонного участка и сравнить полученные результаты с известным данными о масштабе минерализации в эталонном рудном поле. Если они близки, значит, прогноз выполнен достаточно реально, если нет – возможно, где-то допущена ошибка.

Описание перспективных площадей

Выделенным перспективным площадям для удобства дальнейшей работы следует дать названия. Лучше всего использовать для этой цели геграфимческие и

топографические привязки (названия рек, ручьев, озер, горных вершин, населенных пунктов и т. п.). Можно также отразить в названиях перспективных участков их положение на карте (Северный, Южный, Центральный и др.). В крайнем случае, подойдет и простая нумерация. После этого перспективные площади должны быть описаны по следующей схеме:

а) название (или номер);

б) местоположение на карте;

в) геологические границы;

г) слагающие их ГОБ и их оценки;

д) степень перспективности;

е) наличие в их пределах известных рудных объектов, их масштаб;

ж) категории прогнозных ресурсов;

з) примечания (подмеченные особенности, соображения по дальнейшему изучению и пр.).

Описание перспективных площадей является заключительной частью прогнозной оценки. Выполнив его, можно приступать к оформлению работы.

Оформление работы

Законченная работа должна включать в себя следующие материалы:

1) кадастр минерализованных ГОБ;

2) расчетные таблицы;

3) натуральные оценки значимости признаков в их градационных значениях;

4) приведенные оценки признаков;

5) систематику РФ с оценками их относительной значимости;

6) кадастр оцениваемых ГОБ;

7) оценки перспективности оцениваемых ГОБ;

8) прогнозную карту;

9) пояснительную записку.

В записке характеризуется геолого-структурная позиция известной минерализации (на основе систематики РФ и их оценок), дается описание выделенных перспективных площадей, приводятся результаты проверки надежности прогнозирования, делаются заключительные выводы.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Геометризация рудоконтролирующих поверхностей

Методика построений в изолиниях

Геометризация рудоконтролирующих структур предполагает последовательное выполнение следующих операций.

Подготовка исходных разрезов и планов.

Основой построений в изолиниях служат геологические разрезы и планы. К исходным материалам предъявляются следующие требования:

1)на них особенно тщательно должны быть отстроены те геологические поверхности, которые намечены к геометризации;

2)все достоверное должно быть четко отделено от предполагаемого;

3)разрезы и планы должны быть увязаны между собой.

Для увязки и корректировки первичных материалов рекомендуется способ построения сводных геологических разрезов и планов. Сводный геологический разрез получается при проектировании следа интересующей нас поверхности со всех разведочных линий на один профиль. Для получения сводного плана рассматриваемая поверхность проектируется со всех погоризонтных планов на один гипсометрический уровень. Сводные разрезы и планы позволяют откорректировать наименее надежные из исходных материалов, с малым числом разведочных подсечений, по наиболее надежным, с наибольшим количеством пересечений. Кроме того, эти построения дают возможность выявить и увязать между собой крупные перегибы поверхности по вертикали (горизонтальные ребра) и в плане (вертикальные ребра).

Выбор геометризуемой поверхности

Геометризуемая поверхность должна быть теснее всех других связана с минерализацией, контролировать ее размещение. Для геометризации могут быть выбраны:

а) лежачий бок рудного тела;

б) его висячий бок;

в) условная поверхность, проходящая по середине мощности;

г) какой-либо выдержанный прослой внутри рудного тела;

д) поверхность рудоконтролирующей структуры (разлома, контакта).

Выбор плоскости проекции

Плоскостью проекции может быть любая из координатных плоскостей – горизонтальная или вертикальная широтная либо меридиональная. Горизонтальная плоскость применяется, если угол падения проектируемой поверхности менее 50°. Выбор вертикальной плоскости определяется средним азимутом простирания: если простирание ближе к меридиану – выбирается меридиональная плоскость, если ближе к широте – широтная. Наклонные или произвольно ориентированные плоскости неудобны для применения на практике. Плоскость, параллельная проектируемой поверхности, например, позволяет получить наименьшее площадное искажение объекта. Однако при этом теряется связь изолиний с элементами залегания, в результате чего любые геологические построения на такой проекции значительно усложняются.

Выбор сечения изолиний

Сечение изолиний определяет детальность и точность изображения геометризуемой поверхности. Оно зависит от углов падения поверхности и масштаба проекции. Для расчета величины сечения используется следующая формула:

$$d = tg\ \beta \times M/100, \text{ где}$$

d – сечение изолиний, м;

β – средний угол падения поверхности, град.;

М – знаменатель масштаба проекции.

Перенос на основу структурного плана всех точек проектируемой поверхности

Выносятся все точки, лежащие как на разрезах и планах, так и вне их. Возле каждой точки указывается расстояние до плоскости проекции, выраженное в метрах.

Проведение опорных изолиний

Опорными являются наиболее надежные изолинии, проведенные по данным буровых и горных работ.

Вынос крупных перегибов поверхности

Фиксация на проекции крупных перегибов и разрывов, отраженных на исходных геологических материалах и установленных на сводных планах и разрезах.

Проведение всех изолиний, опирающихся на интерполированные данные

Лучше проводить изолинии не плавными линиями, а ломаными. В этом случае изображение структуры получается более отчетливым, а способ изображения будет вполне соответствовать его точности.

Построение изолиний позволяет выделить в пределах исследуемой поверхности грани – плоские участки с одинаковыми элементами залегания и разделяющие их ребра – перегибы. В пределах одной грани изолинии параллельны между собой, и расстояние между ними одинаковое. Изменение угла наклона или расстояния между изолиниями говорит о наличии перегиба – ребра. Грани и ребра являются составными элементами рельефа.

Размеры граней и ребер определяют их порядок. Обычно выделяется три порядка структурных элементов поверхности. К первому порядку относят наиболее крупные части рудоконтролирующей поверхности, визуально отличающиеся по своей ориентировке. Второй порядок присваивается более мелким граням и ребрам, отраженным на исходных геологических материалах. Наконец, самые мелкие участки поверхности, выделившиеся при построении изолиний, принадлежат к третьему порядку.

В изолиниях можно изображать какие угодно свойства полезных ископаемых и горных пород. Для некоторых свойств изолинии получили специальные наименования: изопахиты – линии равных мощностей, изоволи – линии равных содержаний и др.

Изображение структуры в изогипсах

Если угол падения проектируемой поверхности не более 50°, выбирается горизонтальная плоскость проекции. В этом случае рельеф поверхности изображается в изогипсах.

Изогипсы – линии равного удаления от горизонтальной плоскости проекции. При построении структурного плана в изогипсах на координатную основу, прежде всего,

наносятся все известные точки проектируемой поверхности. Выделяется четыре вида таких точек: а) определенные разведочными пересечениями; б) взятые с планов вдоль линий выходов; в) интерполированные точки с геологических разрезов; г) рассчитанные от опорных горизонтов геологической карты. Особенно важны точки, установленные на осях складок или у тектонических разрывов.

Приступая к построению изогипс, прежде всего, нужно провести те отрезки изолиний, которые опираются на достоверные точки. Затем намечают на плане положение тектонических линий – осей складок и разрывов. Крупные тектонические линии обычно выявляются геологическими разрезами и планами. Их наиболее вероятное положение на структурном плане и наклон относительно геометризуемой поверхности находится в пределах точности интерполяции. Положение более мелких нарушений намечается на основании достоверных отрезков изолиний и элементов залегания.

Затем на тектонических линиях намечаются точки с отметками изогипс и строятся все изогипсы методом интерполяции отметок удаления. Лучше проводить их не плавными, а ломаными.

Изображение структуры в изолонгах

Изолонги – это линии равного удаления проектируемой поверхности от вертикальной плоскости проекции. Структурные планы в изолонгах строят в том случае, если угол падения геометризуемой поверхности превышает 50°.

При проектировании на вертикальную плоскость проекции необходимо учитывать следующие условия.

1. Вертикальная плоскость проекции, подобно горизонтальной, должна быть ориентирована определенным образом: либо по широте, либо по меридиану. Из этих двух положений плоскости проекции выбирается о, при котором она составляет наименьший угол с объектом проектирования. Это обеспечивает наименьшее искажение поверхности на проекции.

Выбор плоскости проекции, параллельной геометризуемой поверхности, только на первый взгляд позволяет избежать искажений, так как геологические поверхности отличаются изменчивостью элементов залегания и волнистостью рельефа. В то же время при использовании произвольно ориентированной плоскости проекции чтение структурного плана значительно затрудняется, так как нарушается связь между элементами залегания и изолиниями.

2. Координатная сетка на вертикальной плоскости проекции разбивается так же, как и в других ортогональных проекциях. Вертикально на чертеже располагается ось высот, горизонтально в зависимости от ориентировки плоскости проекции – геодезическая ось широт или ось долгот. Третья координата точки обозначается числовой отметкой.

На долготной проекции юг располагается слева, север – справа, восток – впереди и запад – позади изображения. На широтной плоскости проекции запад будет слева, восток – справа, юг – впереди и север – позади изображения. Высотные отметки возрастают снизу вверх.

3. Точки данной проектируемой поверхности с одинаковыми числовыми отметками могут быть соединены изолиниями. Это и будут изолонги, представляющие собой проекции сечений изображаемого тела системой вертикальных плоскостей, расположенных параллельно плоскости проекции и удаленных одна от другой на одно и то же расстояние, равное заложению изолиний.

4. Изображение поверхности в изолонгах аналогично изображению в изогипсах или горизонталях и пригодно для проведения всех геометрических построений.

Чтение структурных планов

Изображение в изолонгах при небольшом навыке позволяет представить рельеф также наглядно, как и при изображении в изогипсах или горизонталях. При этом следует руководствоваться определенными правилами.

Наклон изолонг и расстояние между ними зависят от азимута и угла падения проектируемой поверхности.

Если исследуемая поверхность и плоскость проекции параллельны, то изолонги превращаются в горизонтали, а расстояние между изолонгами будет максимальным. Если поверхность и плоскость проекции перпендикулярны, то все изолонги сольются в одну линию, то есть расстояние между ними будет равно нулю. При всех промежуточных положениях поверхности наклон изолонг будет изменяться от 0 до 90° и будет направлен в сторону острого угла между проектируемой поверхностью и плоскостью проекции. Расстояние между изолонгами также будет характеризоваться промежуточными значениями.

Отсюда вытекают следующие правила чтения проекций в изолонгах.

1. Чем гуще расположение изолонг, тем больше угол между геометризуемой поверхностью и плоскостью проекции.

2. Изменение угла наклона изолонг при относительно постоянном расстоянии между ними указывает на преимущественное изменение азимута падения поверхности. Изменение расстояния между изолонгами при относительно постоянном угле наклона происходит в узких пределах и обычно не улавливается.

3. Одновременное изменение угла наклона изолонг и расстояния между ними указывает главным образом на изменение угла падения исследуемой поверхности.

Определение элементов залегания граней

Анализ рельефа продуктивной структурной поверхности начинается с определения элементов залегания граней проекции. Для этого используются простые геометрические зависимости. При этом предлагается следующий порядок действий.

Определение угла наклона изолонг к горизонту (δ). Угол наклона измеряется на проекции при помощи транспортира. Наклон изолонг на север условно принимается за положительный.

Определение расстояния между изолонгами по горизонтали (a) или по вертикали (h). За единицу расстояния принимается величина сечения изолонг. Если значения изолонг растут с юга на север, расстояние отмечается знаком «+», а с севера на юг – знаком «-».

Между расстоянием, выраженным в сечениях изолонг, и элементами залегания граней существуют следующие зависимости:

$$a = \operatorname{ctg} \varphi, \quad h = \operatorname{tg} \beta,$$

где φ – угол между простиранием грани и плоскостью проекции (отклонение простирания грани от меридионального направления); β – угол падения граней; φ и β определяются по тригонометрическим таблицам с точностью до 1°.

В большинстве случаев положение изолонг на плане позволяет применить только одну из величин φ или β. Другая величина определяется, исходя из соотношения:

$$\delta = \operatorname{arctg} (\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \varphi).$$

Указанная зависимость вычислена в виде таблицы 2.1. Более точные значения для крутых углов падения приведены в таблице 2.2.

Определение связи элементов рельефа со свойствами оруденения

Для выявления связи свойств оруденения с рельефом анализируемой поверхности на проекцию выносятся количественные характеристики минерализации, установленные по опорным точкам. В качестве количественных характеристик используются, как правило, содержание полезных компонентов и мощность рудных тел. По всем опорным точкам (разведочным пересечениям, выходам рудного тела на поверхность) определяются средние значения содержания и мощности, на основании которых, в свою очередь, рассчитываются средние параметры оруденения для каждой грани.

Зависимость между элементами залегания и характеристиками оруденения можно установить простым графическим способом с помощью трехмерных диаграмм. Такая диаграмма представляет собой таблицу, столбцами которой являются интервалы азимутов падения (отдельно для восточного и западного направлений падения), а строкам – интервалы углов падения. Каждой клетке таблицы соответствует группа граней с близкими значениями азимутов и углов падения, попадающими в один интервал. В клетки заносятся средние значения исследуемого параметра, рассчитанные для входящих в них граней. Далее для каждой клетки вычисляется среднее по данному параметру уже для группы граней, элементы залегания которых попадают в соответствующие интервалы. По этим значениям методом интерполяции проводятся изолинии и определяются полюса, соответствующие наиболее богатым (с максимальными содержаниями) и наиболее приоткрытым (с максимальной мощностью) граням. Для каждого полюса определяются азимут и угол падения, сравнение которых со средними элементами залегания продуктивной поверхности позволяет определить кинематический тип рудообразующих деформаций. Как отмечалось выше, приоткрывание граней, отклоняющихся от среднего простирания вправо, происходит при перемещениях типа правого сдвига, а граней, отклоняющихся влево – при левом сдвиге. В разрезе более пологие участки приоткрываются при взбросах, более крутые – при сбросах.

Сопоставляя количество и элементы залегания полюсов, выделившихся по содержанию и по мощности, можно сделать выводы об этапах рудообразования, природных типах руд и механизме формирования рудоконтролирующей структуры. Проанализировав распределение наиболее богатых и наиболее мощных руд в пределах плоскости проекции, легко определить структурные типы рудных тел, установить закономерности их размещения и сделать прогноз на фланги и глубокие горизонты геометризованной поверхности.

Порядок выполнения лабораторной работы по геометризации продуктивных структурных поверхностей

Исходные данные

Учебное задание выполняется на примере медноколчеданного месторождения (Рис. 2.2 Вып3 17).

Поверхность рудного тела разбурена системой картировочных вертикальных скважин по сети 50х20 м с целью оконтуривания его под наносами. Для изучения состава окисленных и первичных руд, определения границы между ними, а также для отбора технологических проб, пройден ряд шурфов с рассечками. Первичные руды вскрыты колонковыми скважинами по сети 200х100 м. В центральной части (профиль IV) пробурена глубокая скважина № 9, встретившая рудное тело видимой мощностью 35 м на отм. 0 м.

Установлено, что рудное тело имеет форму линзы, выклинивающейся на флангах и на глубину. Размеры линзы вблизи земной поверхности 550 м по простиранию при максимальной мощности 80 м. Близ поверхности до глубины 18-25 м развита зона окисления, представленная «железной шляпой». Протяженность рудного тела по падению составляет 400-450 м. Состав руд пирит-халькопирит-сфалеритовый.

Месторождение оценено как имеющее промышленное значение. Проектируются разведочные работы, предусматривающие сгущение сети буровых скважин и горных выработок в центральной части до 100х50 м, что соответствует категории В.

Одной из важнейших задач разведки является выяснение структуры рудного поля, особенностей внутреннего строения рудных тел, выделение промышленных типов и технологических сортов руд и условий их размещения. Линза залегает на контакте кварцевых риолитов (лежачий бок) и базальтов (висячий бок). Этот контакт, по всей видимости, представляет собой продуктивную структурную поверхность, контролирующую оруденение. Изучение рельефа продуктивной структурной поверхности является весьма эффективным методом решения перечисленных выше разведочных задач.

Таблица 2.1

Углы наклона изолонг к плоскости вертикальной проекции

(δ = arctg (tg β · sin φ), где δ – угол наклона изолонг, β – угол падения проектируемой поверхности, φ – угол между простиранием проектируемой поверхности и плоскостью проекции)

φ / β	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	φ / β
89	79	84	86	87	88	88	88	88	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89
85	45	63	71	76	78	80	81	82	83	83	84	84	84	85	85	85	85	85	85
80	27	44	56	63	67	71	73	75	76	77	78	78	79	79	80	80	80	80	80
75	18	33	44	52	58	62	65	67	69	71	72	73	74	74	75	75	75	75	75
70	14	25	35	43	49	54	58	60	63	65	66	67	68	69	69	70	70	70	70
65	11	20	29	36	42	47	51	54	57	59	60	62	63	64	64	65	65	65	65
60	9	17	24	31	36	41	45	48	51	53	55	56	57	58	59	60	60	60	60
55	7	14	20	26	31	36	39	43	45	48	49	51	52	53	54	55	55	55	55
50	6	12	17	22	27	31	34	37	40	42	44	46	47	48	49	50	50	50	50
45	5	10	15	19	23	27	30	33	35	37	39	41	42	43	44	45	45	45	45
40	4	8	12	16	20	22	26	28	30	33	34	36	37	38	39	40	40	40	40
35	4	7	10	13	17	19	22	24	26	28	30	31	32	33	34	35	35	35	35
30	3	6	8	11	14	16	18	20	22	24	25	27	28	28	29	30	30	30	30
25	2	5	7	9	11	13	15	17	18	20	21	22	23	24	24	25	25	25	25
20	2	4	5	7	9	10	12	13	14	16	17	17	18	19	19	20	20	20	20
15	1	3	4	5	6	8	9	10	11	12	12	13	14	14	15	15	15	15	15
10	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	9	9	10	10	10	10	10
5	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
β / φ	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	β / φ

Таблица 2.2

Детализация части таблицы с β от 65 до 89° и φ от 1 до 20°

φ / β	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	φ / β
89	45	63	72	76	79	81	81	83	84	84	85	86	86	87	87	89
88	27	45	56	63	68	72	74	76	77	78	80	82	83	84	84	88
87	19	34	45	53	59	63	67	69	71	73	76	78	79	80	81	87
86	14	27	37	45	51	56	60	63	66	68	71	74	76	77	78	86
85	11	22	31	39	45	50	54	58	61	63	67	70	72	74	76	85
84	9	18	26	34	40	45	49	53	55	59	63	67	69	71	73	84
83	8	16	23	30	36	41	45	49	52	55	59	63	66	68	70	83
82	7	14	20	26	32	37	41	45	48	51	55	60	63	66	68	82
81	6	12	18	24	29	34	38	41	45	48	53	57	60	63	65	81
80	6	11	17	22	27	31	35	38	41	44	50	54	57	60	63	80
78	5	9	14	18	22	26	30	33	36	39	44	49	52	55	58	78
76	4	8	12	16	19	23	26	29	32	35	40	44	47	51	54	76
74	3	7	10	14	17	20	23	26	29	31	36	40	44	47	50	74
72	3	6	9	12	15	18	21	23	26	28	33	37	40	44	46	72
70	3	5	8	11	14	16	19	21	23	25	30	34	37	40	43	70
68	2	5	7	10	12	15	17	19	21	23	27	31	34	37	40	68
66	2	4	7	9	11	13	15	17	19	21	25	29	32	35	38	66
β / φ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20	β / φ

Таблица 2.3

Определение азимутов падения граней

δ	+	-	-	+
a	+	-	+	-
α	270 + φ	270 – φ	90 + φ	90 – φ

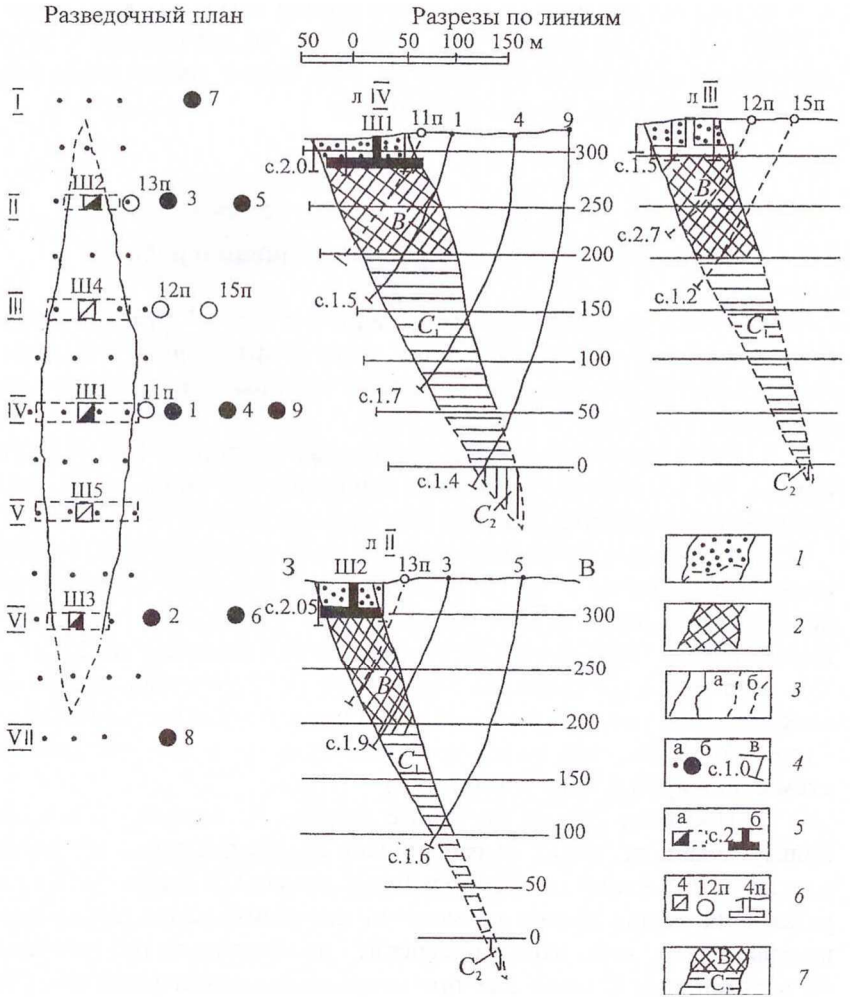


Рис. 2.2. Проект разведки медноколчеданного месторождения [Вопросы]:
1 – окисленные руды; 2 – первичные руды; 3 – контуры рудных тел: *а* – установленные, *б* – предполагаемые; 4 – скважины: *а* – картировочные, *б* – разведочные, *в* – среднее содержание по выработке; 5 – шурфы с рассечками: *а* – на плане, *б* – на разрезе; 6 – проектные выработки, их номера; 7 – контуры блоков разных категорий

Методические указания по выполнению работы

1. Каждый студент выполняет индивидуальную работу, так как на стандартный бланк задания, выданный преподавателем, самостоятельно наносит условную плоскость проекции и дорисовывает разрезы, пользуясь морфологическим приемом, что не позволяет получить одинаковые исходные данные.

2. В качестве геометризуемой поверхности следует принять лежачий бок рудной линзы, отвечающий контакту базальтов и риолитов, как наиболее тесно связанный с минерализацией.

3. Плоскость проекции, исходя из особенностей залегания рудного тела, должна быть вертикальной меридиональной. Располагается плоскость так, чтобы проектируемая поверхность находилась по одну сторону от нее. Удобнее всего поместить плоскость проекции к западу от рудного тела. Плоскость следует начертить на плане и показать на всех разрезах с учетом расстояния от рудного тела.

4. Масштаб проекции и сечение изолиний выбирается из соображений наглядности чертежа, учитывая размеры линзы. В нашем случае наиболее удобен масштаб 1:2000 и величина сечения 10 м.

5. Построение проекции начинается с нанесения на чертеж опорной сетки, образованной вертикальными линиями разрезов и горизонтальными линиями абсолютных отметок.

6. Следующим этапом является вынесение на проекцию опорных точек проектируемой поверхности, которые являются наиболее надежными. В первую очередь, это линия рельефа, построенная по разрезам, включая северную и южную границы линзы. Затем на основу переносятся точки пересечения лежачего бока оценочными буровыми скважинами – картировочными и колонковыми (№№ 2-9) и горными выработками – рассечки с шурфами по линиям II, IV и VI. В последнюю очередь отстраиваются проектные пересечения лежачего бока будущими разведочными скважинами (№№ 10-18) и рассечки с шурфами по линиям III и V, которые предварительно намечаются на плане и разрезах. Надежность (достоверность) проектных точек ниже, чем у реальных оценочных пересечений, тем не менее, они получены в соответствии с установленными правилами оконтуривания запасов и могут быть использованы для детализации рельефа поверхности. С этой же целью целесообразно учитывать и точки выклинивания линзы, построенные на разрезах также по правилам оконтуривания.

7. Для каждой из опорных точек определяется удаление от плоскости проекции, выраженное в метрах с учетом масштаба проекции.

8. Построение изолонг выполняется методом интерполяции между опорными точками. Изолонги проводятся ломаными линиями.

9. Изображение поверхности в изолонгах позволяет выделить в ее пределах грани – плоские участки с одинаковыми элементами залегания, и ребра – разделяющие их перегибы. В пределах одной грани изолонги параллельны и располагаются на одинаковом расстоянии друг от друга. Изменение угла наклона изолиний или расстояния между ними говорит о наличии перегиба. В этом случае следует провести дополнительное ребро. Перегибы рекомендуется проводить через опорные точки проекции. В качестве примера приводится проекция, построенная по Саурейскому барит-свинцовому месторождению на Полярном Урале ((Рис. 2.3 АР 2б).

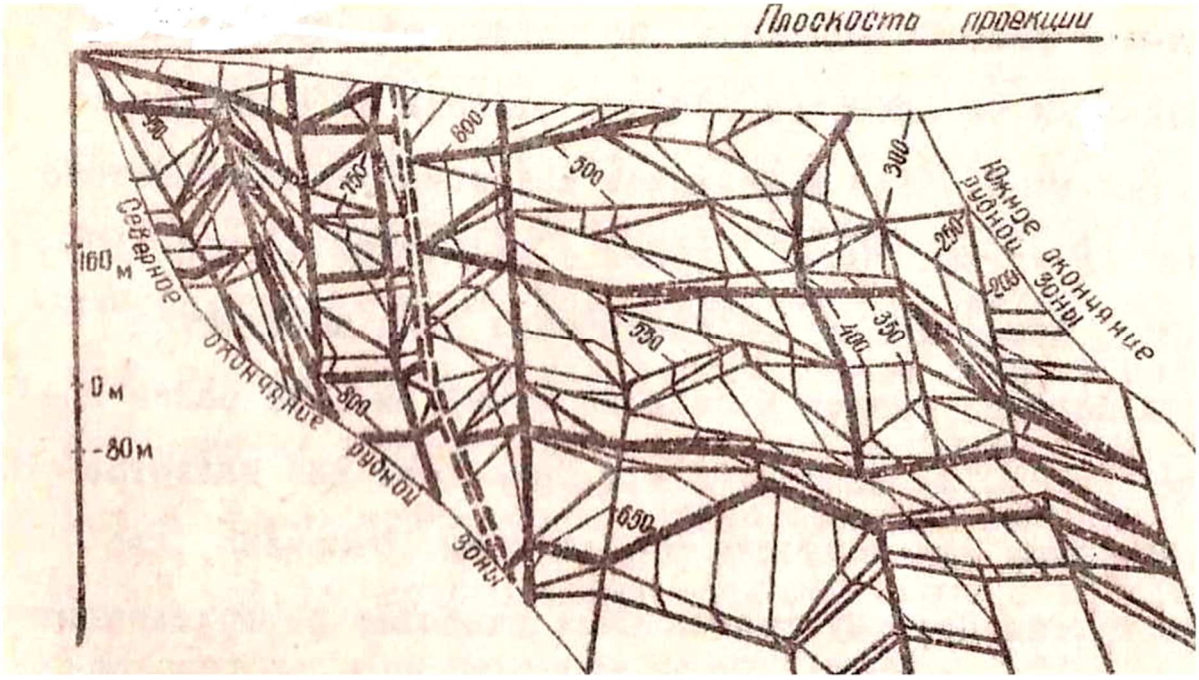


Рис. Продольная вертикальная проекция лежачего бока Главной рудной зоны Саурейского барит-свинцового месторождения (Полярный Урал)

10. Грани, выделенные при построении изолонг, нумеруются. Для каждой из них определяются элементы залегания (см. п. 2.8).

11. Для выявлении связи элементов рельефа продуктивной поверхности с оруденением у опорных точек проекции выписываются содержание меди и мощность рудного тела и для каждой грани рассчитывается среднее значение этих параметров.

12. Следующим этапом работы является построение трехмерных диаграмм, позволяющих определить элементы залегания граней с наиболее богатыми и мощными рудами. Примеры диаграмм для Саурейского месторождения представлены ниже (Рис. 2.4).

Диаграммы строятся в виде таблиц, столбцы которых отвечают азимутам падения, а строки – углам падения. Азимуты и углы предварительно разбиваются на интервалы. Шаг интервалов определяется обычными приемами, принятыми в матстатистике (например, по формуле Стерджесса).

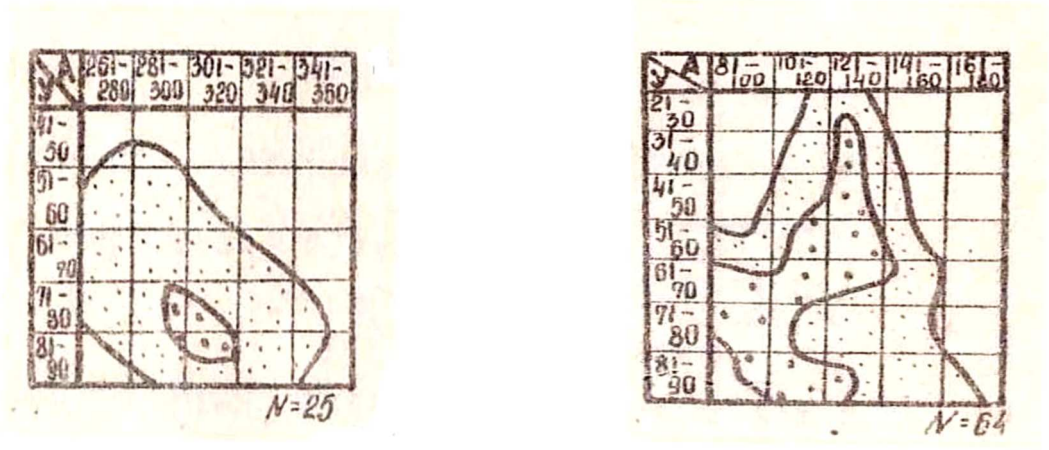


Рис. 2.4. Диаграммы зависимости содержания полезного компонента (слева) и мощности рудной зоны (справа) от элементов залегания рудоконтролирующей поверхности

На первой диаграмме в клетки таблицы проставляется среднее содержание меди во всех гранях, элементы залегания которых относятся к соответствующим интервалам азимута и угла падения. На вторую диаграмму таким же образом выносятся значения средней мощности рудного тела. Далее рассчитывается среднее содержание и мощность уже для каждой клетки диаграммы, после чего проводятся изолинии содержания и мощности. Изолинии позволяют выделить «полюса», соответствующие граням с наиболее высоким содержанием и меди и с наибольшей мощностью руд.

13. Грани с богатыми и мощными рудами отмечают на проекции штриховкой разного вида или закрашивают разными цветами. Их расположение покажет закономерности размещения богатых и мощных руд в пределах продуктивной структурной поверхности. Эти закономерности позволяют прогнозировать новые рудные тела в зоне контакта базальтов и риолитов, вмещающего изучаемое рудное тело. Для примера на рис. 2.5 приводится распределение разных типов руд для Саурейского месторождения.

14. Зная элементы залегания наиболее богатых и наиболее мощных участков оруденения, можно представить механизм рудообразующих деформаций. Для этого используются теоретические представления о закономерностях приоткрывания граней волнистых структурных поверхностей (см. п. 1.4.10, 1.4.11).

Направление горизонтальных смещений определяется по характеру волнистости поверхности в плане. Если азимут простирания богатых граней отклоняется от среднего по рудному телу вправо, то их приоткрывание возможно при правом сдвиге, если влево – при левом.

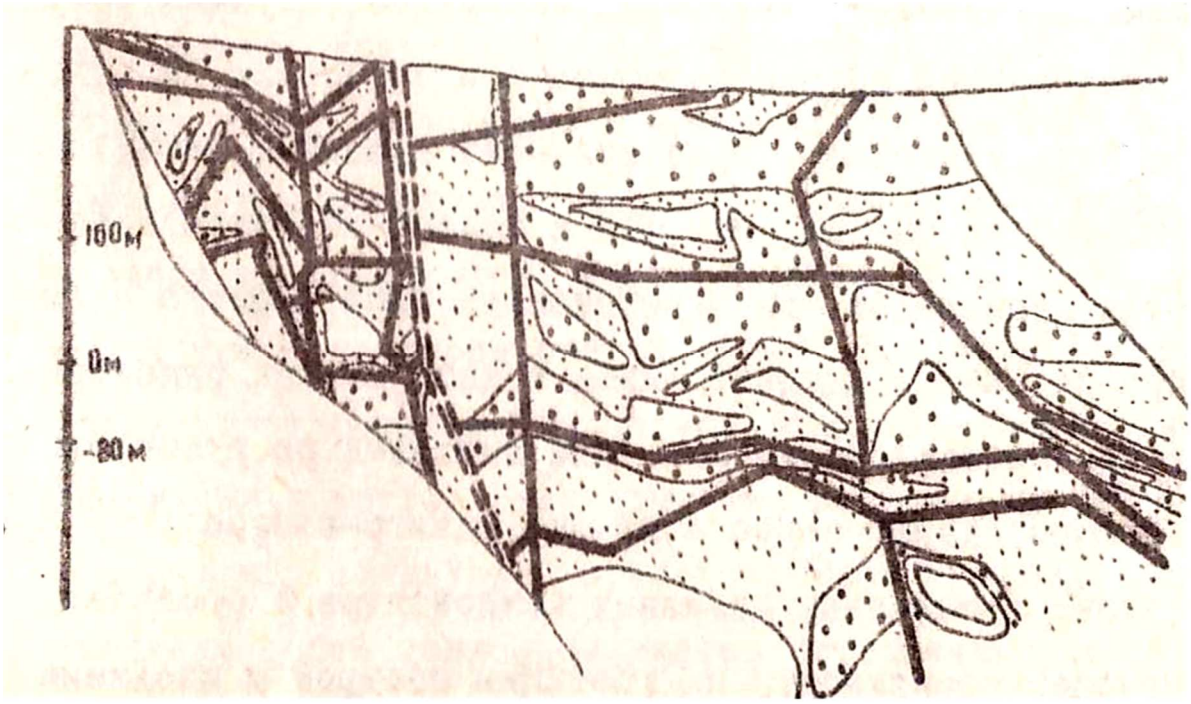


Рис. 2.5. Распределение разных типов рад в пределах рудоконтролирующей поверхности. Крупными точками показаны богатые руды, мелкими точками – средние, белыми оставлены участки с низким содержанием

Вертикальные смещения анализируются в разрезе. Если богатые грани располагаются на более пологих, по сравнению с общим углом падения рудной зоны,

участках, то они приоткрываются при взбросе. И наоборот, приоткрывание более крутых участков поверхности происходит при сбросе. Отметим, что рудообразование нередко происходит в несколько стадий. Тогда на трехмерных диаграммах выделится несколько полюсов, соответствующих разным стадиям.

15. После завершения работа должна быть оформлена в виде небольшого отчета. Отчет включает проекцию, таблицы расчета элементов залегания граней и параметров оруденения (средних значений содержания меди и мощности руды), трехмерные диаграммы и пояснительную записку с описанием полученных результатов и выводами.

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Анализ мелкой трещиноватости

Обработка результатов массовых замеров трещин

Массовые замеры трещин обрабатываются разными графическими способами с помощью диаграмм. Из всех способов наибольшую наглядность дают круговые диаграммы в изолиниях (Рис. 2.6 КШ94).

Основой круговой диаграммы в изолиниях служит полярная сетка. Она представляет собой круг диаметром 18 см, в котором проведены радиусы через 5^oи концентрические окружности через 5 мм. Эти окружности соответствуют углам падения через интервал 5° от 90° на внешней окружности до 0° в центре круга. Вдоль окружности по часовой стрелке надписываются азимуты от 0 до 360°.

Такая сетка удобна для нанесения 200-300 точек и обеспечивает точность нанесения около 2°, что соответствует точности замера компасом. Можно пользоваться полярными сетками любого размера и с другой густотой разграфки.

Для составления круговой диаграммы на полярную сетку накладывается калька с обозначенной окружностью и меридианом. Вначале на кальку точками наносится положение каждой трещины по ее элементам залегания. Затем определяется плотность трещиноватости. Для этого используется метод скользящего статистического окна. В качестве элемента статистического окна удобно взять площадки, образованные пересечением радиусов и окружностей сетки. Размер статистического окна зависит от количества замеров: чем больше точек, тем меньше может быть взято окно и тем точнее будут дальнейшие построения. При количестве точек 200-300 следует принять размер окна в 10°, при меньшем – в 15°.

Далее подсчитывается количество точек на площадке статистического окна, и это число подписывается в центре окна. Это удобно сделать на второй кальке, накладываемой поверх первой. При размерах окна в 10° в него входят четыре площадки, а центр придется на пересечение линий трафарета диаграммы. Около этого центра подписывается число точек, расположенных во всех четырех площадках. При следующем подсчете граница окна смещается только на один ряд площадок, то есть на 5° по дуге или по радиусу. Таким образом, центры окон последовательно окажутся на каждом пересечении линий диаграммы, а точки каждой площадки будут участвовать в четырех смежных числах плотности трещиноватости. Этим достигается усреднение показателей. Для внешней полосы площадок, лежащих между углами падения 85 и 90°, в подсчет плотности включаются противолежащие по диаметру площадки и полученные числа записываются на обоих концах диаметра.

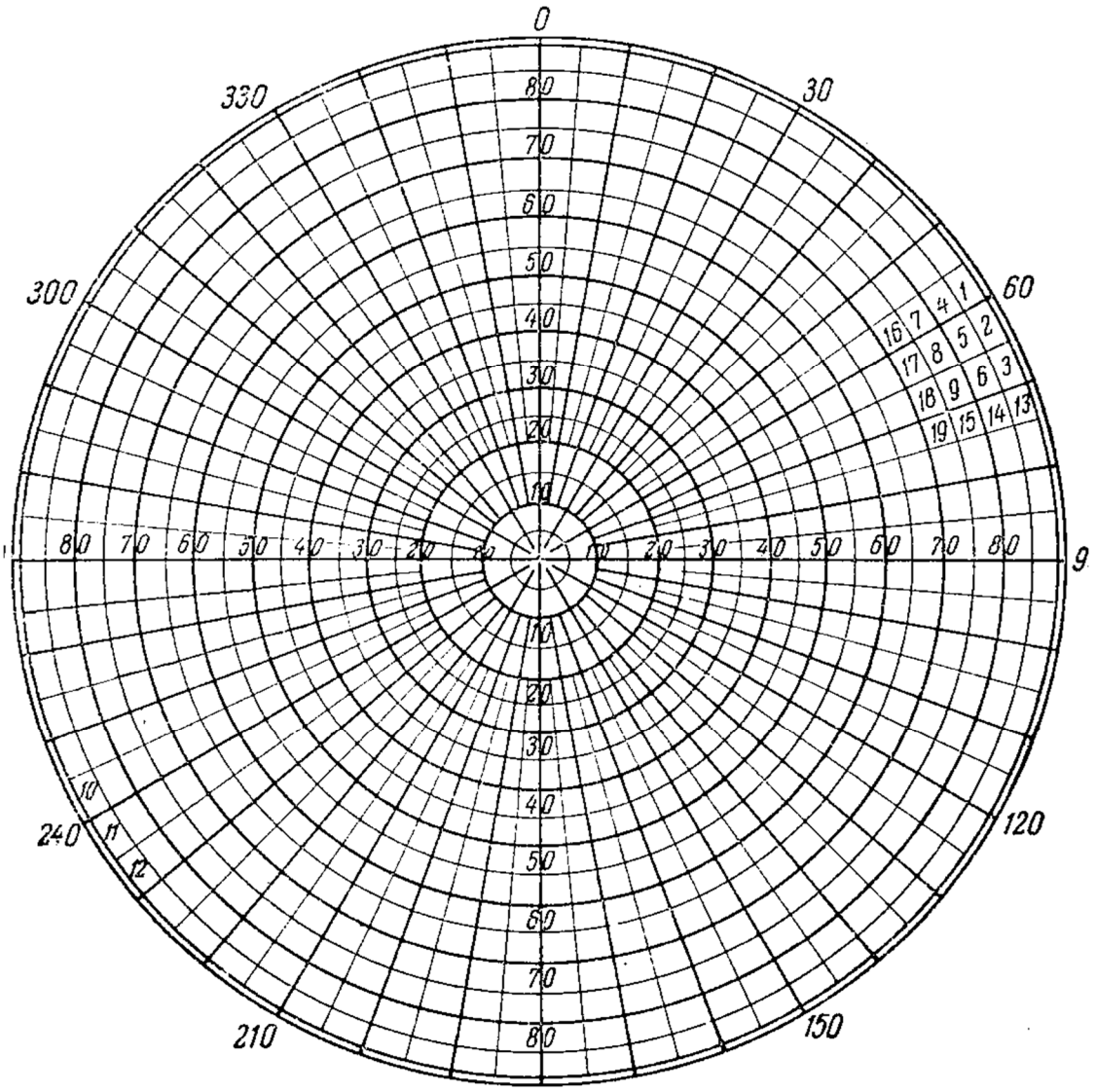


Рис. 2.6. Полярная сетка для круговой диаграммы

Третьим этапом обработки массовых замеров будет изображение плотности трещин в изолиниях. Изолинии удобно строить на той же второй восковке. Приемы их проведения обычны, с применением простой интерполяции. Значения изолиний лучше выбирать с неравными интервалами, что позволяет лучше изобразить нужные детали распределения трещин. Обычно интервал увеличивают по мере увеличения значения изолиний, например, 1 – 2 – 3 – 5 – 7 – 10 – 15 – 25 – 35 - 50. С помощью изолиний отчетливо выявляются участки сгущения трещин с расположенными на них точками наибольшего сгущения – полюсами, каждый из которых отвечает определенной системе трещин. Полюса нумеруются, для них определяются элементы залегания, которые и будут отвечать средним элементам залегания систем трещин.

Пример диаграммы показан на рис. 2.7 (КШ 95).

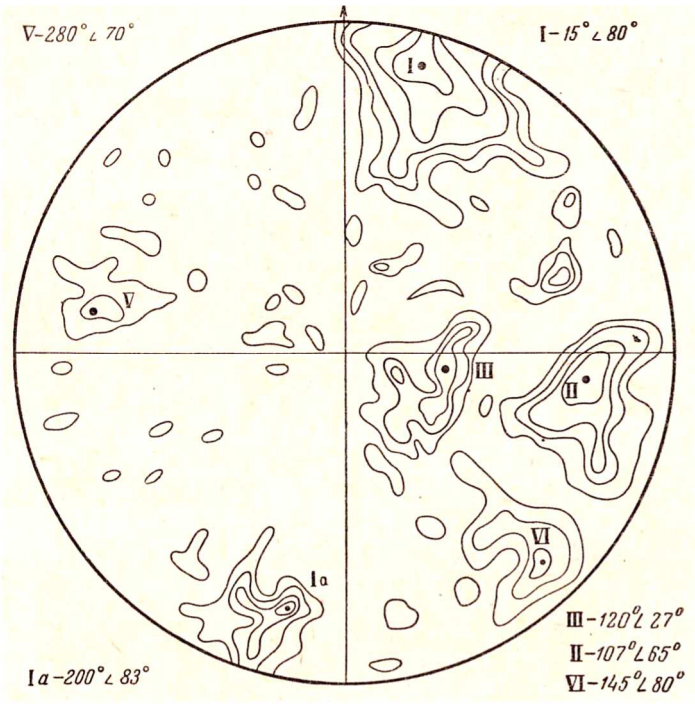


Рис. 2.7. Изолинии плотности трещин. 300 замеров. Изолинии 1 – 2 – 3 – 5 – 7 [КШ]

Недостатком градусной сетки является очень мелкий размер площадок в области малых углов падения. Поэтому если среди трещин преобладают пологие, применяется прием обращения углов падения. При обращении в центре сетки располагается угол 90°, а по внешнему кругу – 0°.

Анализ полученной круговой диаграммы в изолиниях позволяет решать разнообразные геологические задачи.

Определение плана тектонических деформаций

Для того чтобы определить план тектонических деформаций, вызвавших образование трещин, нужно установить ориентировку главных осей, которые рассматривались выше:

- ось А – вертикальная ось подъема. Вдоль нее происходит выжимание пород снизу вверх, их подъем и высвобождение;

- ось Б – горизонтальная ось сжатия. Вдоль нее развиваются наибольшие сжимающие напряжения;

- ось В – горизонтальная ось растяжения. Вдоль нее происходит боковое высвобождение пород, сопровождаемое относительным растяжением.

Разработаны достаточно точные аналитические методы определения ориентировки осей тектонических напряжений. Приближенно положение осей можно определить графически по диаграмме, установив сопряженные системы трещин и идентифицировав их в соответствии с моделью куба деформации (см. лекции).

Как правило, наиболее распространенными являются системы взбросов и надвигов C_1 и C_2, отвечающие трещинам рассланцевания и ориентированные перпендикулярно оси сжатия Б. Их можно выявить по максимальной плотности трещиноватости, а также следующим основным признакам: а) простирание отвечает простиранию общей тектонической структуры, б) падение переменное – от пологого до крутого, в) форма рельефа трещин – волнистая, г) смещение взбросовое, иногда очень значительное по амплитуде, д) наблюдается притирание стенок трещин и дробление прилегающих пород, е) приоткрывание трещин происходит на более пологих участках, причем проявляется яркая зависимость величины приоткрывания от формы рельефа поверхности трещин.

Установив на круговой диаграмме системы C_1 и C_2, через точки, обозначающие их полюса, можно провести прямую, вдоль которой и проходит ось сжатия Б. Тогда перпендикулярно ей в плоскости диаграммы пройдет ось растяжения В. Она должна совпадать с прямой, соединяющей полюса систем C_3 и C_4, если они нашли отражение на диаграмме. Параллельно оси Б будут располагаться крутопадающие трещины системы отрывов P_2, а параллельно оси В могут выделиться трещины сплющивания P_3. Диагонально ориентированные по отношению к осям Б и В крутопадающие сопряженные трещины представляют системы сдвигов C_5 и C_6. Пологие отрывы системы P_1 образуют полю вблизи центра диаграммы.

В реальных условиях обычно из девяти возможных направлений перемещения проявляется в среднем 5-6 систем трещин.

Пример идентификации направлений смещения представлен на рис. 2.8 (КШ 99).

Следует отметить также, что в условиях одностороннего сжатия будет формироваться только одна из пары сопряженных систем трещин.

Определение кинематического типа трещинообразующих деформаций

Чтобы определить кинематический тип деформаций, вызвавших возникновение трещин, нужно установить связь величины приоткрывания трещин с их элементами залегания. Для этого снова используется круговая диаграмма. Около каждой точки замера на диаграмме выставляется мощность трещины в миллиметрах или баллах. При обработке статистическим окном, в центре окна пишется не количество трещин, как при определении плотности трещиноватости, а суммарная мощность трещин, попадающих в пределы окна. По этим данным обычным порядком проводятся изолинии и выделяются полюса. Затем элементы залегания полюсов мощности трещиноватости сравниваются с элементами залегания полюсов плотности. При приоткрывании трещины в результате смещения стенок ее ориентировка несколько меняется. Так как смещение по трещинам, как правило, незначительное по величине, то и изменение элементов залегания измеряется первыми градусами. При этом, при горизонтальных смещениях меняется азимут падения, при вертикальных – угол. Если азимут падения полюса мощности сместился по сравнению с полюсом плотности вправо, смещение соответствует правому сдвигу, если влево – левому. Если угол падения полюса мощности более пологий, чем у полюса плотности, то смещение представлено взбросом, если более крутой – сбросом.

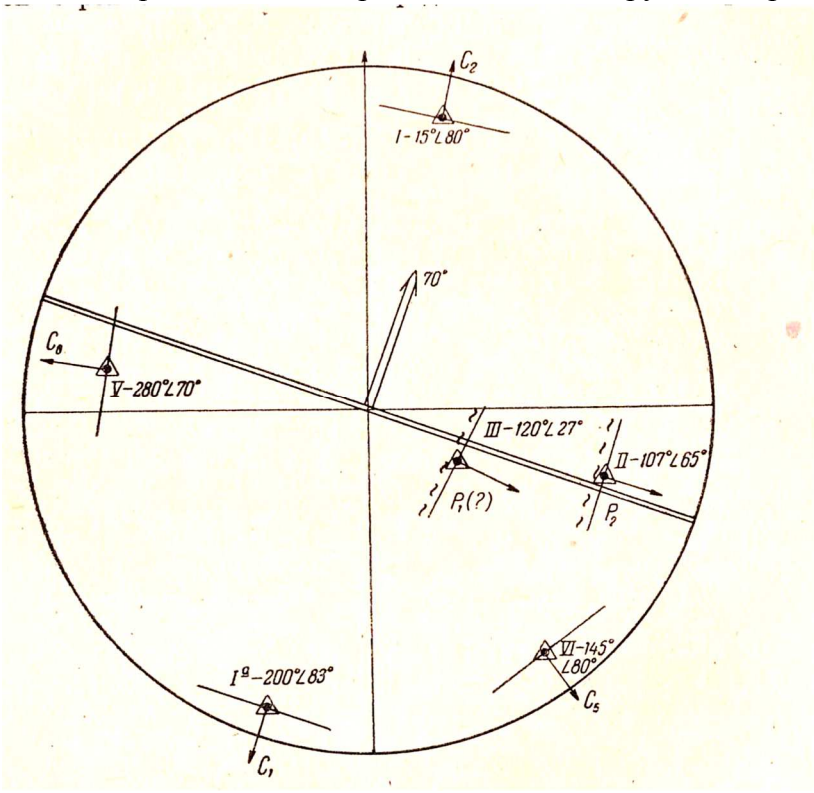


Рис. 2.8. Полюса плотности трещиноватости в кварцитовидных песчаниках [КШ]

Проанализировав подобным образом все системы трещин, выбираем преобладающий тип смещения, который и отвечает кинематическому типу трещинообразующих деформаций.

Определение условий размещения гидротермальной минерализации

При отложении в трещинах гидротермальных минералов, как и при приоткрывании, их ориентировка несколько изменяется. Первоначально трещины имеют залегание, выраженное основным полюсом – полюсом плотности трещиноватости. Затем в процессе приоткрывания и заполнения минеральными прожилками трещины приобретают иное залегание.

Если минерализованных трещин достаточно много, как это бывает при анализе мелкой трещиноватости в пределах рудных тел, трещины выносятся на круговую диаграмму разными знаками, отражающими минеральный состав их заполнения. Затем трещины также обрабатываются статистическим окном, выделяются полюса минерализованных трещин, которые сравниваются с полюсами изолиний плотности трещиноватости, как это описано выше при анализе приоткрываний. Различие в элементах залегания указывает на характер движений в период минералообразования.

Если минерализация проявлена слабо, то можно просто отметить трещины, в которых отмечены жильные минералы, разными знаками, также отражающими состав заполнения. Установив системы трещин, с которыми связана гидротермальная минерализация, можно на основе анализа приоткрываний определить кинематику минералообразующих деформаций.

Пример решения рассмотренной задачи показан на рис. 2.9 (КШ 100).

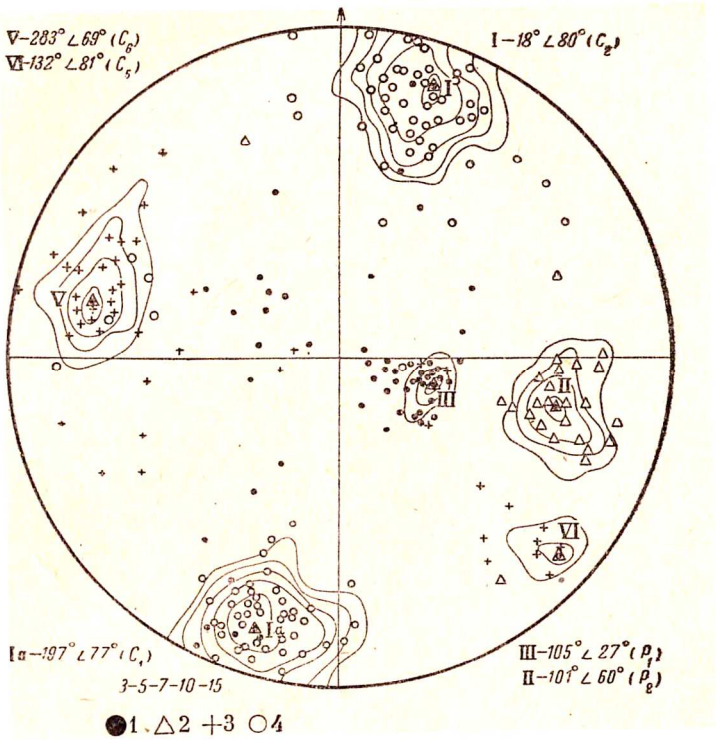


Рис. 2.9. Определение полюсов минерализованных трещин [КШ]:
1 – кальцит, 2 – кальцит с пиритом, 3 – кварц, 4 – руда

Порядок выполнения лабораторной работы по обработке массовых **замеров мелкой трещиноватости**

Исходные данные

Каждый студент получает свой вариант задания в виде журнала замеров мелкой трещиноватости на одной из станций. Замеры сопровождаются описанием геологии станции, характеристикой пород с указанием элементов залегания. Варианты заданий приводятся в текстовом приложении.

Для выполнения задания используется также круговая диаграмма и прозрачная бумага – калька или восковка.

Методические указания по выполнению работы

1. Калька накладывается на круговую диаграмму и закрепляется скрепками. На кальке проводится внешний круг диаграммы и меридиональный диаметр (0-180°). Каждая трещина выносится на кальку по азимуту и углу падения в виде точки, расположенной в ячейке, соответствующей ее элементам залегания.

2. Определяется плотность трещиноватости. Для этого точки, обозначающие трещины, обрабатываются методом скользящего статистического окна, объединяющего 4 ячейки сетки (10° по азимуту и 20° по углу падения).

Практически эта процедура выполняется следующим образом. Поверх листа с точками накладывается еще один лист прозрачной бумаги, на который также наносится внешний круг и меридиональный диаметр диаграммы. Каждое пересечение окружностей и радиусов сетки рассматривается как центр статистического окна из четырех ячеек. Эти пересечения удобно отмечать небольшим крестиком. Подсчитывается число точек-трещин на площадке статистического окна, включая его границы. Это число записывается в центре окна. Затем окно смещается на одну ячейку по окружности или по радиусу диаграммы. В результате у каждого крестика-пересечения окажется число, показывающее плотность трещиноватости в данном окне. Важно, что точки каждой ячейки будут участвовать в четырех смежных числах плотности трещиноватости, что дает усреднение показателей.

На диаграмме плотности трещин с помощью приемов интерполяции строятся изолинии. Начинать удобно с самых больших значений. Интервалы между изолиниями, как отмечалось выше, лучше брать неравными. Изолинии выявляют места максимального сгущения трещин – полюса плотности трещиноватости. Эти полюса нумеруются, для них по диаграмме определяются элементы залегания.

3. По расположению полюсов плотности трещиноватости можно реставрировать план тектонических деформаций, то есть определить положение осей сжатия и растяжения.

Для этого с помощью модели куба деформаций и с учетом элементов залегания пород, в которых измерялись трещины, нужно идентифицировать выделенные системы трещин с направлениями смещения в кубе деформаций.

Как правило, параллельно простиранию пород или плоскости их рассланцевания располагаются количественно самые распространенные системы сопряженных взбросов C_1 и C_2. Перпендикулярно им проходит ось сжатия Б. Определив ориентировку оси сжатия, несложно восстановить положение других осей и систем трещин.

4. Следующий этап работы состоит в определении кинематического типа тектонических нарушений, вызвавших развитие трещиноватости.

Для этого снова используется калька с точками, обозначающими трещины. Возле каждой точки теперь выносится число, характеризующее мощность трещины. Если применять группировку трещин, предложенную в п. 2.3.2, то это будут числа от 1 до 5. Затем эти числа также обрабатываются методом скользящего статистического окна, проводятся изолинии и выделяются полюса мощности трещиноватости.

5. От полюсов плотности трещиноватости полюса мощности будут смещены на некоторое расстояние, обычно не более 5-10° как по углу, так и по азимуту падения. Направление этих смещений позволяет определить кинематику трещинообразующего напряжения. Если полюс мощности смещен относительно полюса плотности по азимуту вправо, то горизонтальная составляющая тектонического движения отвечает правому сдвигу, если влево – то левому сдвигу. Соответственно, по углу падения, если полюс мощности залегает круче, чем полюс плотности, смещение отвечает сбросу, если положе – взбросу.

6. Третья задача работы – выделение систем приоткрытых трещин, благоприятных для локализации оруденения. На диаграмме плотности трещиноватости отмечаются трещины, которых заполнены продуктами гидротермального генезиса – кварцем, кальцитом и т. п. Определяются системы, к которым принадлежат минерализованные трещины. Эти системы и будут, скорее всего, наиболее благоприятны для рудной минерализации.

7. Законченная работа оформляется в виде небольшого отчета, который включает все диаграммы, пояснительную записку и выводы.

Приложение
Варианты заданий к РГР № 3

Станция 1

Проявление Евьюганское

Находится в 250 м от слияния р. М. Ханмей и р. Евьеган, вниз по правому берегу р. М. Ханмей. В крутопадающем склоне правого берега проходит распадок шириной около 50м с почти отвесными бортами и широким плоским дном по которому сбегает небольшой ручей, впадающий в р. М. Ханмей.

У слияния рек Евьеган и М. Ханмей на прилегающей к долине плоской части берега, в 50-80 м от берегового обрыва, сохранились старые буровые скважины с остатками труб.

Оруденение прослежено в юго-восточном борту, впадающем в р. М. Ханмей. Рудная зона залегает согласно направлению рассланцевания (гнейсоватости) и падает на ЮВ С Аз 110' под углом 70'.

Вмещающие породы – гнейсы, амфиболиты и кристаллические сланцы ханмехойской свиты PR_1.

Зона выделяется среди них интенсивным ожелезнением и прослеживается от вершины берегового обрыва до уреза воды. Рудные минералы - пирит, возможно халькопирит. Вкрапленность тонкая, располагается также согласно с рассланцеванием.

Породы и рудная зона разбиты многочисленными, разноориентированными системами трещин, среди которых резко преобладают север-северо-восточные с восток-юго-восточным падением. Поперечные и диагональные системы проявлены значительно меньше.

Согласно с рассланцеванием наблюдаются кварцевые жилы невыдержанной мощности, нередко разбудинированные. Кварц характерен также для рудной зоны, где развиваются березитоподобные метасоматиты.

№№	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	347	59	1	2	5	
2	243	88	1	1	5	
3	111	64	1	2	5	
4	328	29	1	1	1	
5	158	49	1	1	1	
6	2	46	1	1	5	
7	354	61	1	1	5	
8	236	67	1	2	5	
9	248	69	1	1	5	
10	137	46	1	1	2	Обломочный материал
11	23	79	2	1	1	Обломки
12	117	63	1	1	5	Кварц
13	353	86	1	1	1	Обломки
14	124	51	1	2	5	Обломки
15	264	45	1	1	5	
16	127	59	1	1	2	Кварц
17	129	59	1	2	3	Обломки
18	192	24	1	1	5	
19	13	62	2	1	5	
20	232	68	2	1	1	
21	128	57	1	2	3	Обломки

22	144	44	1	1	2	Обломки
23	344	48	1	2	5	
24	107	74	1	2	5	
25	114	63	1	1	1	
26	298	37	1	1	5	
27	27	88	2	2	2	Обломки
27	356	24	1	1	5	
27	316	22	1	1	5	
27	322	51	1	1	5	
27	159	44	1	1	2	Обломки
27	4	48	1	1	5	г/о Fe
27	112	69	1	1	5	г/о Fe
27	127	68	2	3	2	
27	303	44	1	1	5	
27	321	38	1	1	5	
27	226	76	2	1	1	
27	112	70	1	1	3	
27	124	68	1	1	3	Кварц
27	272	42	1	1	5	
27	344	56	1	1	5	
27	124	56	1	1	3	Кварц
27	177	83	2	1	5	
27	164	87	2	1	3	
27	339	66	1	1	5	
27	126	74	1	1	1	
27	178	42	1	1	1	г/о Fe
27	97	71	2	1	1	г/о Fe
27	111	52	1	2	2	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	117	58	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	127	48	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	108	51	1	1	1	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	298	54	1	1	5	г/о Fe
27	126	78	1	1	2	
27	144	69	1	1	2	г/о Fe
27	152	69	2	1	2	Кварц
27	26	86	2	1	2	Обломки
27	86	34	1	1	1	
27	314	81	1	2	2	Обломки
27	318	82	1	1	2	Обломки
27	293	73	2	2	2	Обломки
27	334	69	1	1	5	г/о Fe
27	142	51	1	1	4	г/о Fe, кварц, сульфиды
27	79	51	1	2	3	г/о Fe, рудные охры
27	118	81	1	2	3	г/о Fe, рудные охры
27	142	64	1	1	2	г/о Fe
27	68	67	2	1	1	г/о Fe
27	127	64	1	2	2	Обломки
27	322	42	1	1	5	г/о Fe
27	326	58	1	2	5	
27	291	44	1	1	5	г/о Fe
27	94	72	2	1	1	Обломки
27	326	29	1	1	5	г/о Fe
27	119	62	1	1	1	

27	108	68	1	2	1	
27	107	66	2	1	1	Обломки
27	115	59	2	1	2	Кварц
27	301	69	1	1	3	Обломки
27	110	69	1	2	3	
27	328	39	1	1	1	
27	331	21	1	2	3	
27	333	38	1	1	1	
83	117	67	1	3	4	Обломки
84	327	49	1	1	5	
85	92	80	2	1	3	Кварц ,г/оFe
86	135	49	2	1	2	Обломки
87	125	84	1	1	4	Кварц
88	128	50	1	1	4	Обломки
89	252	2	1	1	5	
90	108	73	1	1	2	Кварц
91	83	79	2	1	3	г/о Fe
92	217	27	1	1	2	
93	114	79	1	1	2	Обломки, г/оFe
94	111	68	1	1	3	г/о Fe
95	32	36	1	1	1	
96	104	72	2	1	1	
97	235	40	1	1	5	
98	243	74	1	1	3	
99	2	82	2	2	3	Обломки
100	113	76	1	1	1	г/о Fe
101	193	39	2	1	2	Обломки
102	115	74	1	1	4	Кварц
103	296	64	1	1	5	
104	118	81	1	1	2	Кварц
105	206	86	2	2	3	г/о Fe
106	10	65	1	2	5	
107	290	48	1	1	5	
108	106	56	2	2	4	Обломки
109	101	61	1	1	1	
110	337	60	1	1	5	
111	292	75	1	1	5	
112	54	43	1	1	5	
113	57	43	1	1	4	Обломки
114	213	54	2	2	2	Обломки
115	54	28	1	1	2	Обломки
116	52	36	1	1	5	
117	72	253	1	1	2	Обломки
118	136	69	1	1	4	г/о Fe, рудные охры, кварц
119	302	73	1	1	5	
120	2	3	1	1	4	
121	138	57	1	1	5	
122	130	67	1	1	5	
123	180	89	1	1	5	
124	23	88	1	1	3	
125	240	52	1	1	5	
126	225	71	1	1	5	
127	108	53	1	1	3	Кварц
128	128	60	1	1	4	Обломки
129	5	82	1	2	4	Обломки
130	325	83	1	1	1	

131	135	64	1	1	5	
132	122	76	1	1	3	Кварц
133	95	89	1	1	5	
134	65	76	1	1	5	
135	197	53	1	1	4	Обломки
136	337	81	1	1	5	
137	342	76	1	1	5	Кварц
138	121	56	1	1	4	Обломки
139	66	48	1	1	1	
140	244	78	2	2	4	Обломки
141	301	81	2	1	5	
142	219	18	1	1	4	
143	98	87	2	2	5	
144	236	70	1	1	2	Обломки
145	142	53	2	2	1	
146	217	52	2	2	1	
147	10	67	2	1	2	Обломки
148	27	51	2	1	2	Обломки
149	162	60	1	1	1	
150	124	68	1	1	1	
151	2	59	2	1	2	Обломки
152	88	78	1	1	2	Обломки
153	10	58	1	1	5	
154	11	53	2	1	1	
155	156	46	2	2	2	Обломки
156	144	57	2	1	2	Обломки
157	353	84	1	2	5	
158	18	44	1	2	5	
159	149	49	2	1	1	
160	6	61	2	1	1	
161	231	70	2	1	5	
162	8	57	2	1	5	Обломки
163	216	74	1	1	3	
164	65	49	1	1	4	Кварц
165	161	67	2	1	3	Халцедон
166	143	74	1	2	4	Обломки
167	134	69	1	2	4	Кварц
168	351	74	1	1	5	
169	139	79	1	1	2	Обломки
170	356	59	1	1	5	
171	247	74	1	1	5	
172	216	25	1	1	1	
173	144	56	1	1	1	Обломки
174	147	51	2	3	3	Обломки
175	152	64	2	1	1	
176	162	52	2	1	1	
177	126	72	1	1	3	Кварц
178	147	62	1	1	1	
179	153	64	1	2	2	Обломки
180	232	74	1	1	2	Обломки
181	238	63	1	1	3	Обломки
182	235	63	1	1	1	
183	228	61	1	1	2	Обломки
184	336	44	1	1	5	
185	344	42	1	1	5	
186	210	56	1	1	4	Кварц
187	192	49	1	1	2	Обломки

188	289	61	1	1	5	
189	220	56	1	1	1	
190	244	61	1	1	4	
191	133	31	1	2	2	Обломки
192	139	41	1	1	2	г/о Fe
193	116	36	1	1	3	г/о Fe
194	8	66	1	1	5	Кварц, сульфиды
195	103	34	1	2	5	г/о Fe
196	333	48	1	1	5	г/о Fe, кварц, сульфиды
197	73	37	1	1	5	
198	109	56	1	1	5	
199	139	26	1	1	2	
200	118	62	1	1	4	Обломки
201	153	53	1	1	4	Обломки
202	154	46	1	1	4	Обломки
203	315	43	1	1	5	
204	179	34	1	1	2	
205	160	50	1	1	4	Обломки
206	139	51	1	1	3	Обломки
207	132	59	1	2	3	Обломки
208	317	27	1	1	5	
209	200	30	1	1	2	Обломки
210	163	41	1	1	3	Обломки
211	168	44	1	1	4	Обломки
212	132	60	1	1	4	Обломки
213	159	44	1	1	2	Обломки
214	134	48	1	1	2	
215	338	41	1	1	5	
216	191	43	1	1	5	
217	139	55	2	1	5	
218	151	53	1	1	4	
219	331	31	1	2	5	
220	144	51	1	1	3	
221	220	13	1	1	5	
222	323	34	1	1	5	
223	149	49	1	1	4	
224	155	43	1	1	4	
225	25	35	1	1	5	
226	320	57	1	1	5	
227	329	46	1	1	5	
228	299	57	1	2	5	
229	309	47	1	1	5	
230	295	61	1	1	2	
231	267	74	1	1	3	
232	255	72	2	1	3	
233	0	79	1	2	5	
234	138	71	1	1	2	Обломки
235	257	14	1	2	2	
236	116	66	1	1	5	
237	315	56	1	2	5	
238	288	75	1	2	5	
239	258	24	1	2	5	
240	310	41	1	1	5	
241	4	67	1	1	5	
242	324	48	1	1	3	
243	254	74	1	1	5	

244	124	56	1	1	2	
245	321	48	1	1	5	
246	62	39	1	1	5	
247	144	44	1	2	4	
248	158	31	1	2	4	Кварц
249	228	11	1	2	5	
250	317	53	1	2	4	
251	214	16	1	1	2	
252	125	45	1	1	1	Кварц
253	143	39	1	1	1	
254	163	59	1	1	1	
255	130	56	1	1	1	
256	137	53	1	1	1	Кварц
257	66	76	1	1	1	
258	128	67	1	1	4	
259	146	33	1	1	5	
260	111	40	1	1	2	
261	83	12	1	1	1	
262	342	41	2	1	1	Обломки
263	15	52	2	1	1	
264	22	53	2	1	1	
265	173	36	1	1	1	
266	104	53	2	1	1	Кварц
267	192	49	2	1	5	
268	145	62	2	1	1	
269	265	89	2	1	1	
270	182	26	1	1	2	
271	120	65	1	1	4	Обломки
272	315	23	1	1	4	Обломки
273	298	42	2	1	3	
274	139	48	2	1	4	
275	95	51	1	1	1	
276	251	34	1	1	1	
277	269	35	1	1	1	
278	350	83	1	1	1	Обломки
279	3	55	1	1	1	Обломки
280	95	89	1	1	1	
281	73	40	1	1	1	Обломки
282	58	36	1	1	1	
283	156	42	1	1	5	
284	56	51	1	1	4	
285	285	75	2	1	4	
286	30	52	2	1	1	
287	104	15	1	1	4	
288	55	69	2	1	5	
289	129	42	1	2	4	
290	116	48	2	1	5	
291	9	66	2	1	6	
292	200	28	2	1	5	
293	301	57	2	2	2	
294	332	51	1	1	5	
295	324	47	2	1	2	
296	155	49	2	1	3	Обломки
297	251	62	1	1	5	
298	240	76	2	1	5	
299	9	79	1	1	1	Обломки
300	96	75	2	1	5	

Станция 2

Расположена перед резким поворотом реки Малый Ханмей на запад перед слиянием с рекой Евъеган, в 500 метрах от него на левом берегу реки Малый Ханмей. Среди кристаллических сланцев проходит зона сульфидной минерализации с большим количеством как свежих сульфидов ,так и характерных светло-желтых танов. Кроме пирита визуально наблюдаются блеклые руды, дающие охры, типичные для сурьмы и мышьяка.

Зона выделяется в виде полосы ожелезнённых пород видимой мощностью-5 метров, протягивается через все обнажения и уходят в склон, протяжённость зоны в обнажении не менее 100 метров.

Минерализация, как и на Евъюганском объекте, залегает согласно с вмещающими метаморфизмами ,представленными здесь кристаллическими сланцами мусковит -полевошпатового состава с отдельными зёрнами гранатов. Ориентировка сланцеватости близка к Евъеганскому- Азимут падения 130,угол 65.

На геологической карте П.С Примоносова рудная зона т.н 08-814 располагается в одном разломе северо-западного направления с Евъеганским объектом и ,возможно, является фрагментом единого крупного проявления.

№ пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Ширина	Минеральное заполнение	
1	125	58	1	1	1	Обломки	
2	127	68	1	1	2	Обломки	
3	124	85	1	1	1	Кварц	
4	122	69	1	1	1	Кварц	
5	181	46	1	1	1		
6	202	72	2	1	1		
7	124	63	1	1	1	г/о Fe	
8	147	80	1	1	1	Кварц	
9	227	73	2	1	5	г/о Fe	
10	113	60	2	1	5		
11	178	62	1	1	5		
12	92	86	1	1	5		
13	285	62	2	1	1		
14	324	36	1	1	4	Кварц	
15	302	44	1	1	1		
16	142	49	2	1	5		
17	36	29	1	1	5		
18	103	48	1	1	5		
19	122	56	2	1	5		
20	18	59	2	1	5		
21	348	18	2	1	1	Кварц	
22	319	79	2	1	4		
23	243	78	2	1	4		
24	222	88	2	1	5		
25	224	89	2	1	1		
26	236	86	1	1	5		
27	128	40	1	1	1		
28	117	8	1	1	1		
29	308	2	1	1	1	г/о Fe	
30	134	28	1	1	1	Обломки	
31	48	21	1	1	1	г/о Fe	
32	49	23	1	1	1	Обломки	
33	248	89	2	1	1		
34	237	87	2	1	5		
35	225	54	2	1	5		
36	221	76	2	1	5	г/о Fe	
37	263	56	2	1	1		

38	193	42	2	2	5		
39	142	51	2	1	1	г/о Fe	
40	27	42	1	1	1		
41	355	40	1	1	1		
42	162	57	1	1	2	Обломки	
43	190	61	1	1	1		
44	72	74	1	1	1	Обломки	
45	95	66	1	1	1	Рудная охра	
46	140	52	2	1	5		
47	356	48	2	1	1	Обломки	
48	144	27	2	1	1		
49	143	64	2	1	1		
50	99	74	2	1	1		
51	142	6	2	1	1		
52	165	42	1	1	4		
53	212	71	1	1	4		
54	164	51	1	1	4		
55	330	42	1	1	1	Рудная охра	
56	234	56	1	1	1	Обломки	
57	148	36	1	1	1		
58	164	64	1	1	1	Кварц	
59	170	52	2	1	1		
60	160	15	2	1	4	г/о Fe	
61	147	44	2	1	5	г/о Fe	
62	213	72	1	1	3		
63	79	75	2	1	5		
64	138	66	2	1	5		
65	110	5	2	1	5		
66	165	68	1	1	1	Обломки	
67	86	33	2	1	1		
68	161	35	2	1	5		
69	126	66	2	1	1		
70	130	43	2	1	5		
71	126	89	2	1	5		
72	105	17	2	1	1		
73	95	82	2	1	5		
74	182	48	2	1	3	Обломки	
75	247	66	2	1	3		
76	198	74	2	1	5		
77	156	76	2	1	1		
78	144	58	2	1	1		
79	219	73	1	1	1		
80	111	64	1	1	1		
81	164	63	2	1	1		
82	132	60	2	2	4	г/о Fe	
83	179	48	2	1	1	г/о Fe	
84	155	65	2	1	5		
85	62	63	2	1	1	г/о Fe	
86	74	87	1	2	2		
87	143	64	2	1	1	г/о Fe	
88	129	71	1	1	5	г/о Fe	
89	139	57	1	1	1		
90	137	64	2	1	1	Обломки	
91	245	65	2	1	1	Обломки	
92	136	57	2	1	1	Обломки	
93	45	69	1	1	2		
94	178	46	2	2	1		

95	122	62	2	1	2		
96	185	74	1	1	2		
97	164	4	1	1	1		
98	242	63	1	1	1		
99	38	28	2	1	2		
100	160	42	2	1	1	г/о Fe,обломки	
101	78	56	1	1	1		
102	113	49	1	1	1		
103	137	61	1	1	1	г/о Fe	
104	132	74	1	1	4		
105	62	45	1	1	1	г/о Fe	
106	225	22	2	1	2		
107	201	58	1	1	1	Рудная охра	
108	48	74	2	1	1		
109	265	70	1	1	1		
110	25	72	2	1	1		
111	338	47	2	1	2		
112	85	71	1	1	4	г/о Fe	
113	164	29	2	1	4		
114	257	54	2	1	1		
115	243	57	2	1	5		
116	355	78	2	1	1		
117	133	54	1	1	2		
118	177	67	1	1	5		
119	191	86	1	1	5		
120	137	89	2	1	5		
121	92	71	2	1	5		
122	157	68	2	1	1		
123	111	75	2	1	1		
124	166	55	1	1	5	Обломки	
125	214	74	1	1	5	Кварц	
126	79	74	2	1	3		
127	122	56	2	1	2		
128	295	76	1	1	1		
129	326	55	1	1	1		
130	335	66	1	1	1		
131	136	62	1	1	1		
132	115	51	1	1	1		
133	154	62	1	1	5		
134	355	60	1	1	1	Обломки	
135	310	15	1	1	1		
136	22	37	2	1	1		
137	120	36	1	1	2	Обломки	
138	123	42	1	1	5		
139	126	44	1	1	5		
140	98	35	1	1	1		
141	140	50	2	1	2	г/о Fe	
142	146	39	1	1	1	Рудная охра	
143	162	71	2	1	2	г/о Fe	
144	147	26	2	1	4	Кварц	
145	153	27	1	2	3	г/о Fe,рудная охра	
146	58	26	2	1	4	г/о Fe	
147	323	35	2	1	5	г/о Fe	
148	82	53	2	1	5	г/о Fe	
149	15	40	1	1	2		
150	112	60	2	1	5		
151	109	39	2	1	1		

152	126	62	1	1	5		
153	106	39	1	1	5	Кварц	
154	17	61	1	2	5	г/о Fe	
155	252	69	2	1	5		
156	139	56	2	2	4	Обломки	
157	116	42	1	1	2	Обломки	
158	38	43	1	2	5	г/о Fe	
159	34	9	1	1	5	г/о Fe	
160	124	76	1	1	2	Обломки	
161	346	29	2	1	5		
162	31	58	2	1	5	г/о Fe	
163	218	26	1	1	5	г/о Fe	
164	318	42	1	1	5	г/о Fe	
165	17	38	1	1	5	г/о Fe	
166	117	62	1	1	3	Обломки	
167	344	14	2	2	5		
168	122	66	1	2	2	г/о Fe,рудная охра	
169	351	53	1	1	5	г/о Fe	
170	36	49	1	1	5	Кварц	
171	124	47	2	2	5	г/о Fe	
172	122	49	1	1	1		
173	2	44	1	1	5	г/о Fe	
174	24	74	2	1	2	г/о Fe	
175	224	16	1	1	4	г/о Fe	
176	138	49	1	1	3	Обломки	
177	125	51	1	1	2	Обломки	
178	28	73	2	1	2	г/о Fe	
179	126	49	1	1	2	г/о Fe	
180	111	54	1	2	2	г/о Fe	
181	359	37	2	1	1	г/о Fe	
182	199	71	2	2	5	г/о Fe	
183	115	52	1	1	3	Кварц,рудная охра,г/оFe	
184	135	42	1	1	2	Кварц	
185	135	47	1	1	5	Кварц,г/оFe	
186	116	50	1	1	5	г/о Fe,кварц	
187	255	14	1	1	5		
188	293	47	2	1	5		
189	122	50	2	1	2	г/о Fe	
190	127	55	2	1	1	г/о Fe	
191	310	22	1	1	5		
192	218	75	1	1	5	г/о Fe.кварц	
193	143	51	2	1	1	г/о Fe	
194	134	61	2	1	2	г/о Fe.кварц	
195	176	2	1	1	5	г/о Fe	
196	225	76	1	1	5	г/о Fe	
197	122	50	2	1	2	г/о Fe	
198	231	58	2	1	5	г/о Fe	
199	57	52	1	1	5	г/о Fe	
200	283	46	1	1	2	Обломки	
201	56	48	1	1	5	г/о Fe	
202	62	82	1	1	4	г/о Fe	
203	316	57	1	1	4	г/о Fe	
204	219	78	1	1	5	г/о Fe	
205	140	56	2	2	2	г/о Fe	
206	142	53	2	1	1	г/о Fe	
207	136	51	2	1	1	г/о Fe	

208	42	49	1	1	5	г/о Fe	
209	125	54	1	1	2	г/о Fe,кварц	
210	117	53	2	1	2	г/о Fe	
211	126	51	1	1	3	г/о Fe	
212	141	59	2	1	2	г/о Fe	
213	330	29	2	1	2	Обломки	
214	204	61	1	1	5	г/о Fe	
215	253	81	1	1	3	г/о Fe	
216	130	61	1	1	2	г/о Fe	
217	120	62	2	1	1	г/о Fe	
218	116	64	2	1	2	г/о Fe	
219	5	36	1	2	3	г/о Fe	
220	128	57	1	2	2	г/о Fe	
221	133	55	1	2	2		
222	130	56	2	1	1	г/о Fe,	
223	124	54	1	2	3	г/о Fe	
224	115	57	1	2	2	г/о Fe	
225	333	39	1	2	5	г/о Fe	
226	337	32	1	1	5	г/о Fe	
227	31	86	2	1	1	Рудная охра	
228	314	39	1	1	5	г/о Fe	
229	324	38	1	1	5	г/о Fe,кварц	
230	134	54	1	1	1	г/о Fe	
231	251	44	1	1	5	г/о Fe	
232	119	77	1	1	4	Кварц	
233	173	73	1	1	4	Кварц	
234	128	66	1	2	4	Кварц	
235	2	27	2	2	5	г/о Fe	
236	163	55	1	2	1	г/о Fe	
237	345	31	2	2	5	г/о Fe	
238	128	51	1	1	1	Рудная охра	
239	127	50	1	1	1	г/о Fe	
240	124	49	1	2	1	г/о Fe	
241	128	55	1	1	2	г/о Fe,кварц	
242	136	53	1	1	1	г/о Fe,рудная охра	
243	6	35	1	1	5		
244	9	57	1	1	5	г/о Fe	
245	329	36	2	2	1	г/о Fe	
246	323	35	1	1	1	г/о Fe	
247	150	34	2	1	5	г/о Fe	
248	148	36	2	1	4	г/о Fe,кварц	
249	1	42	2	1	5	г/о Fe	
250	279	62	2	1	1		
251	108	52	1	1	4	Кварц	
252	346	39	2	1	5	г/о Fe	
253	124	56	1	2	4	Кварц,рудная охра	
254	125	63	1	2	2		
255	139	64	1	1	2	г/о Fe	
256	119	64	1	1	4	г/о Fe,кварц	
257	159	68	1	1	4	г/о Fe,кварц	
258	21	84	1	1	5	г/о Fe	
259	225	61	1	1	2	г/о Fe	
260	317	25	1	1	5		
261	15	51	1	1	5	г/о Fe,кварц	
262	129	57	2	2	2	г/о Fe	
263	146	49	2	1	3		
264	32	74	2	1	2	г/о Fe	

265	131	49	2	1	1	г/о Fe	
266	156	54	1	1	5	г/о Fe,кварц	
267	43	86	2	1	1	г/о Fe	
268	133	50	2	1	2	г/о Fe	
269	320	52	1	1	1	г/о Fe,кварц	
270	324	46	2	1	5	г/о Fe	
271	257	61	1	1	5	г/о Fe	
272	134	49	1	1	1	г/о Fe,рудная охра	
273	266	61	1	1	5	г/о Fe,рудная охра	
274	291	78	2	1	5	г/о Fe	
275	241	75	1	2	4	г/о Fe	
276	357	33	1	2	5		
277	151	48	2	1	2	г/о Fe	
278	143	47	2	1	3		
279	141	47	2	1	2	г/о Fe	
280	30	50	1	1	5		
281	343	33	1	1	5		
282	126	67	1	2	2	г/о Fe	
283	330	41	1	2	5		
284	131	52	2	2	4		
285	156	50	1	2	4	г/о Fe	
286	118	44	1	2	3	г/о Fe	
287	112	60	1	1	2	г/о Fe	
288	285	64	1	1	5	г/о Fe	
289	326	40	1	1	5		
290	129	49	2	1	1	г/о Fe	
291	46	85	2	1	3	г/о Fe	
292	310	32	1	1	5	г/о Fe	
293	50	78	1	1	5	г/о Fe	
294	5	43	1	1	5	г/о Fe	
295	343	37	1	2	5		
296	24	58	1	1	5		
297	77	85	1	1	5		
298	118	54	1	1	3	г/о Fe	
299	282	41	2	1	5		
300	138	46	2	2	2	г/о Fe,рудная охра	

Станция 3

Крупный коренной скальный выход, начинающийся у уреза воды и протягивающийся вверх по склону крутого берегового обрыва до его верхней границы.

Обнажение сложено очковыми амфиболитами с характерным идиоморфным плагиоклазом. В породах присутствует вкрапленность зерен граната, красного цвета, разного размера и густоты. Гранаты располагаются неравномерно, обогащая отдельные слои.

В породе присутствует также вкрапленность метаморфического пирита как свежего, так и выщелоченного , размер зерен 1-2 мм, форма кубическая деформированная до прямоугольно параллелепипедной.

Амфиболиты интенсивно рассланцованы, трещины рассланцевания значительно преобладают над другими количественно ,как и в соседних обнажениях Ханмейхойской свиты, они имеют юго-восточное падение Аз пад.160,угол пад.55.

Обнажение расположено а приконтинентальной зоне палео - океанического комплекса , в 400м от выхода протрузии серпентинитов, фиксирующих одну из ветвей надвига, ограничивающего палео континент. Ниже по берегу они сменяются тектоническими хлоритовыми сланцами, за которыми уже обнажены серпентиниты сложного строения в комплексе с габбро.

№№ ПП	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	245	39	1	1	5	
2	210	37	1	1	5	
3	247	5	2	2	5	
4	279	64	1	1	5	
5	230	55	1	1	5	
6	255	10	1	2	5	
7	249	40	1	1	1	
8	262	89	1	1	4	Обломки
9	180	43	2	1	5	Обломки
10	173	48	1	1	1	Обломки
11	152	46	1	1	1	
12	243	52	2	1	5	
13	272	89	2	1	1	
14	130	60	2	1	1	
15	270	0	2	1	1	
16	220	25	2	1	1	
17	270	26	2	1	1	
18	246	87	2	1	5	
19	140	15	1	1	1	
20	250	6	1	1	1	
21	290	40	1	2	5	
22	258	75	1	2	5	
23	320	46	2	1	1	
24	264	72	1	1	1	
25	292	32	1	1	1	
26	273	40	1	1	1	
27	145	64	1	1	1	
28	149	43	1	2	5	
29	162	70	1	1	5	
30	149	57	2	1	5	
31	275	30	1	2	5	
32	130	35	1	2	5	Обломки
33	226	82	1	2	5	Обломки
34	252	19	1	1	1	
35	164	72	1	1	3	Обломки
36	301	50	1	1	1	
37	324	35	1	1	1	Обломки,кварц.
38	304	46	2	1	1	
39	276	39	1	1	1	Обломки
40	247	63	1	1	1	
41	200	30	2	2	5	Обломки
42	195	12	1	1	1	
43	152	37	2	1	5	Обломки
44	145	0	1	1	1	
45	146	89	2	1	1	
46	151	74	2	1	1	
47	161	52	2	1	5	
48	145	48	1	1	1	
49	173	15	1	1	1	
50	185	89	1	1	1	
51	273	81	1	2	5	
52	172	64	1	1	1	
53	156	54	1	2	1	
54	192	54	2	1	5	
55	282	40	1	1	1	Обломки

56	322	25	2	1	5	Обломки
57	210	73	2	1	5	Обломки
58	220	76	1	1	5	Обломки
59	296	75	1	1	5	Обломки
60	182	53	1	1	5	
61	164	10	1	1	5	
62	276	3	2	1	1	
63	236	52	1	1	1	
64	260	15	1	1	1	
65	240	75	1	1	5	
66	345	5	1	1	1	
67	250	12	2	1	1	
68	255	87	2	1	2	
69	276	55	2	1	2	
70	248	56	2	1	2	
71	270	69	1	1	1	
72	254	16	1	1	1	
73	240	52	1	1	5	
74	223	48	1	1	1	
75	335	76	1	1	5	
76	327	12	1	1	1	
77	215	70	1	1	1	
78	176	87	1	1	1	
79	146	86	1	1	5	
80	141	87	1	1	5	
81	189	32	1	1	5	
82	132	76	1	1	1	
83	129	11	1	1	1	
84	271	77	1	1	5	
85	212	49	2	1	1	
86	172	47	1	2	5	
87	166	35	2	1	1	
88	145	54	2	1	5	
89	160	36	2	1	5	
90	167	28	2	1	1	
91	280	62	1	2	5	
92	319	54	1	1	5	
93	324	47	2	2	5	
94	321	56	1	2	5	
95	230	60	1	1	1	
96	301	57	2	1	1	
97	315	46	2	1	1	
98	287	59	1	2	5	
99	215	56	2	1	1	
100	126	46	2	1	5	
101	90	12	1	1	1	
102	92	10	1	1	1	
103	132	87	1	1	5	
104	122	43	1	1	5	
105	120	87	1	1	5	
106	164	37	1	1	5	
107	190	30	1	1	1	
108	184	89	2	1	1	
109	332	44	2	1	5	
110	289	42	2	1	1	
111	252	83	2	1	1	
112	273	71	2	1	1	

113	246	73	1	1	1	
114	182	64	1	1	1	
115	154	36	1	1	1	
116	152	60	1	2	5	Кварц
117	170	46	1	1	5	Кварц
118	163	76	1	1	5	
119	260	82	1	2	5	Обломки
120	248	76	2	1	5	
121	242	89	2	1	5	
122	237	67	1	1	5	Кварц
123	5	56	2	2	5	Обломки
124	173	29	2	1	1	
125	22	39	1	1	1	
126	0	55	1	2	2	
127	6	55	2	2	5	
128	30	50	1	2	5	
129	10	46	2	2	5	
130	16	57	2	1	5	
131	29	51	2	1	5	
132	173	60	2	1	5	Обломки
133	30	70	2	1	5	
134	27	50	2	2	5	Кварц
135	15	53	1	1	5	
136	20	35	2	1	5	Обломки
137	230	66	1	1	5	
138	26	47	1	1	5	
139	155	54	2	1	1	
140	29	49	2	1	5	
141	152	55	2	1	1	
142	67	30	2	1	5	
143	56	15	2	1	5	
144	191	5	2	1	5	Обломки
145	150	52	1	1	1	
146	43	59	2	1	5	
147	148	87	1	1	1	
148	320	76	2	1	1	
149	250	55	1	1	1	
150	135	45	1	1	5	
151	95	74	1	1	5	
152	192	6	1	2	5	
153	270	77	1	2	5	г/оFe
154	102	57	1	1	5	
155	151	44	1	1	4	Обломки
156	301	46	1	1	5	
157	130	59	1	1	2	Обломки
158	180	41	2	1	5	
159	77	87	1	1	5	
160	76	69	1	2	5	
161	181	52	1	1	2	Обломки
162	341	45	2	1	1	Обломки
163	143	59	1	1	5	
164	77	71	1	2	2	Обломки
165	139	54	1	1	5	
166	336	39	2	2	2	
167	235	72	1	1	5	
168	56	88	1	1	5	
169	151	53	2	1	1	Обломки

170	64	75	1	1	5	
171	164	44	1	2	2	Обломки
172	77	86	1	1	5	
173	156	48	1	2	1	
174	164	43	1	2	4	Обломки
175	343	61	1	1	1	
176	156	47	1	2	4	Обломки,кварц.
177	155	46	2	2	4	Кварц
178	337	49	1	1	2	г/оFe
179	40	79	1	1	5	г/оFe
180	335	32	1	1	3	
181	1	65	2	1	2	Обломки
182	146	46	2	1	1	
183	347	56	2	2	2	г/оFe
184	136	53	2	1	1	
185	340	53	1	1	5	
186	351	47	2	1	1	Обломки
187	253	69	1	1	2	
188	6	41	1	1	1	
189	144	54	1	1	1	
190	266	53	1	1	1	
191	338	59	2	1	3	Обломки
192	152	51	2	2	3	Обломки
193	341	52	2	1	3	г/оFe
194	166	52	1	1	1	
195	335	49	1	1	1	
196	0	73	2	1	1	г/оFe
197	22	84	2	1	1	
198	155	51	2	1	1	Эпидот
199	68	80	1	1	5	
200	338	39	2	1	2	Эпидот
201	157	51	2	1	1	Эпидот
202	80	79	1	1	5	
203	151	55	2	1	2	Кварц,обломки
204	66	87	1	1	5	
205	347	64	2	1	1	Эпидот
206	144	49	1	1	1	
207	236	88	1	1	5	
208	103	7	1	1	1	
209	86	61	1	1	5	
210	101	59	1	1	4	
211	68	30	1	1	5	Эпидот
212	71	80	1	1	5	Эпидот
213	9	82	1	2	2	
214	153	47	1	1	1	
215	342	39	2	2	2	Эпидот
216	154	60	1	1	1	
217	237	80	1	1	5	
218	341	37	2	2	2	г/оFe,обломки
219	156	45	2	1	5	
220	81	76	1	2	4	Обломки
221	2	77	1	2	2	
222	235	78	1	2	3	
223	151	48	1	1	1	
224	248	88	1	1	5	
225	146	49	2	2	2	
226	6	78	2	1	2	

227	145	51	1	2	4	Кварц
228	56	90	2	1	5	г/оFe
229	148	53	2	2	4	Обломки
230	244	83	1	1	5	
231	152	43	2	1	3	Обломки
232	12	58	2	1	1	
233	286	46	1	1	5	
234	58	66	2	1	1	Обломки
235	148	44	2	1	1	
236	144	48	2	1	2	
237	145	46	2	1	1	Обломки
238	156	77	2	1	3	Обломки
239	82	49	1	1	5	
240	16	39	1	1	5	
241	23	69	1	1	1	
242	8	86	1	2	5	
243	146	37	1	2	2	
244	4	86	1	1	3	
245	142	52	1	1	1	Обломки
246	170	46	1	1	5	
247	4	51	1	1	5	
248	0	83	2	1	5	
249	278	39	2	1	1	
250	253	57	1	2	2	Обломки
251	146	48	2	1	1	Обломки
252	237	80	1	1	5	
253	351	85	1	2	2	
254	74	81	1	1	5	
255	24	80	1	2	3	Обломки
256	327	90	1	1	2	
257	119	71	1	1	5	
258	5	62	2	2	5	Обломки
259	150	49	1	1	5	
260	305	80	1	1	4	
261	8	75	1	1	5	
262	10	66	1	1	1	
263	134	34	2	1	2	Обломки
264	0	60	1	1	5	
265	130	43	1	2	1	Обломки
266	250	76	1	1	5	
267	176	65	1	1	1	
268	130	39	1	1	2	Обломки
269	134	57	1	1	5	
270	127	78	1	1	1	
271	118	64	1	1	3	
272	27	31	1	1	5	
273	110	56	1	2	4	
274	124	52	1	2	4	
275	42	84	1	1	5	
276	130	61	1	2	4	Обломки
277	135	41	1	2	4	Обломки,кварц.
278	146	58	1	2	2	Обломки,кварц.
279	350	70	1	1	1	г/оFe
280	70	81	1	1	5	
281	221	76	1	1	5	
282	251	76	1	1	5	
283	167	43	1	1	2	Обломки

284	188	82	1	1	1	
285	252	59	1	1	1	
286	137	46	1	1	5	
287	176	37	1	2	3	Обломки
288	353	79	1	1	5	
289	84	86	1	1	5	
290	128	38	2	1	1	Обломки
291	343	35	1	1	2	
292	338	34	1	1	5	
293	225	64	1	1	5	
294	326	36	1	2	5	
295	144	36	1	2	1	
296	145	35	1	2	2	Обломки
297	345	74	1	1	5	
298	126	49	1	1	2	Обломки
299	10	47	2	1	5	
300	19	38	1	1	5	

Станция 4

300 м от т. н. 08-808 вниз по правому берегу р. М. Ханмей. Габбро крупнозернистое, слабо полосчатое, эпидотизированное.

Крупное обнажение, протягивающееся от уреза воды до верха крутого обрывистого берега.

В геологическом отношении габбро залегает в палеоокеаническом секторе и относится к конгорскому комплексу. Оно обнажается после гипербазитовой протрузии, фиксирующей контакт палеоконтинентального и палеоокеанического блоков. Непосредственно в контакте габбро картируется в составе протрузии, образуя прослои мощностью от нескольких метров до первых сантиметров (комплекс параллельных даек).

Станция расположена в 300 м от северного континента протрузии, где серпентинитов уже не отмечается.

В обнажении широко проявлена эпидотизация, развиваясь по трещинам и придавая породам характерный зеленый оттенок.

Породы интенсивно трещиноваты. Трещины большей частью короткие, с неровной поверхностью, четкого рассланцевания не прослеживается.

№№ пп	Аз. падения	Угол пад.	Форма	Длина	Мощность	Минерал. заполнение
1	217	16	1	1	5	
2	20	32	1	1	5	
3	197	27	1	1	5	
4	185	28	2	1	1	
5	197	34	2	1	5	
6	192	27	1	1	5	
7	120	82	2	1	5	
8	173	0	1	1	1	
9	130	84	2	1	1	
10	169	33	1	1	5	Обломки
11	300	25	1	1	5	Обломки
12	216	29	1	1	5	
13	216	42	1	1	5	
14	231	76	2	1	5	
15	227	26	1	1	1	
16	229	50	2	1	1	Обломки
17	102	84	1	1	1	Обломки

18	256	72	2	1	1	
19	243	84	2	1	5	
20	198	77	1	1	1	Обломки
21	227	74	1	1	1	
22	202	70	1	1	5	Обломки
23	186	64	1	1	1	
24	250	79	2	1	5	Обломки
25	212	66	1	1	5	Обломки
26	255	85	2	1	5	
27	214	86	2	1	1	
28	255	87	1	1	1	Обломки
29	259	74	2	1	5	Обломки
30	235	76	1	1	1	
31	223	62	2	1	1	
32	203	61	2	1	1	
33	194	64	2	1	5	
34	249	8	1	1	1	Обломки
35	194	87	2	1	1	
36	255	3	2	1	1	
37	250	2	1	1	1	
38	243	70	1	1	1	
39	303	14	1	1	2	Обломки
40	61	80	1	1	3	Обломки,г/оFe
41	55	71	1	1	5	
42	133	45	1	1	4	Обломки
43	51	64	1	1	5	
44	121	60	1	1	2	
45	210	78	1	1	5	Обломки
46	181	77	1	1	5	
47	295	35	2	2	1	Обломки,эпидот
48	52	40	1	1	5	
49	15	29	1	1	1	
50	208	84	1	1	2	Обломки
51	10	20	1	1	5	
52	200	82	1	1	1	Обломки
53	212	69	1	1	5	
54	341	82	1	1	2	Обломки
55	120	65	1	1	5	
56	341	72	1	1	5	Обломки
57	33	66	1	1	5	
58	130	63	2	2	2	Обломки
59	201	83	1	1	5	
60	148	73	1	1	1	
61	333	51	1	2	2	Обломки,г/оFe
62	172	84	1	1	5	
63	70	77	1	2	2	Обломки
64	137	32	1	1	5	
65	48	87	1	1	3	Обломки
66	61	21	1	1	1	

67	177	74	1	1	5	
68	335	63	2	1	5	
69	38	11	2	1	5	
70	145	58	2	2	1	Эпидот
71	84	27	2	1	1	Обломки
72	90	60	1	1	5	
73	181	50	1	1	5	Обломки
74	211	69	2	1	1	Обломки
75	220	85	2	1	2	
76	192	71	1	1	5	
77	250	65	1	1	1	
78	243	10	1	1	1	
79	143	69	1	1	1	
80	330	60	1	2	5	Обломки
81	258	57	1	1	5	Обломки
82	240	85	1	1	1	
83	230	78	2	1	1	
84	194	77	1	1	1	Обломки
85	239	74	1	1	5	
86	246	32	1	1	1	Обломки
87	194	72	2	1	1	
88	263	71	1	1	1	
89	233	88	1	1	5	
90	224	35	1	1	1	Обломки
91	231	24	1	1	1	
92	312	54	1	2	5	Обломки
93	232	23	1	1	1	Обломки
94	222	77	1	1	5	
95	248	4	2	1	1	
96	242	59	1	1	1	
97	184	86	1	1	1	
98	186	75	1	1	1	
99	230	4	2	1	1	
100	194	42	1	1	1	
101	225	87	1	1	5	Обломки
102	223	10	1	1	1	Обломки
103	194	72	2	1	5	
104	318	76	2	1	5	Обломки
105	252	74	2	1	1	
106	244	13	1	1	1	
107	226	78	1	1	5	
108	187	65	1	1	1	
109	196	10	1	1	3	Обломки
110	272	15	1	1	5	Обломки
111	220	16	1	1	1	
112	310	51	1	1	5	Обломки
113	280	62	2	1	5	
114	255	4	1	1	1	Обломки
115	176	78	2	1	1	

116	94	70	1	2	1	Обломки,г/оFe
117	27	66	1	1	5	г/оFe
118	89	70	1	1	3	Обломки,г/оFe
119	120	65	1	1	5	
120	28	55	1	1	5	
121	231	66	1	2	2	Обломки,г/оFe
122	151	58	1	1	5	
123	169	82	1	1	5	
124	261	78	1	1	1	
125	90	67	1	2	5	
126	318	43	1	1	1	Обломки
127	37	71	1	1	1	Обломки
128	105	62	1	2	3	
129	98	61	1	2	1	Обломки
130	18	29	2	1	5	
131	87	67	1	1	2	Обломки,г/оFe
132	25	36	1	2	5	
133	216	70	1	2	2	Обломки,г/оFe
134	81	62	1	2	2	Обломки,г/оFe
135	211	82	2	1	1	
136	44	74	2	1	1	
137	339	29	2	1	2	Обломки
138	175	77	1	1	5	
139	266	82	1	2	1	Обломки
140	222	72	1	1	1	
141	45	14	1	1	2	Обломки,г/оFe
142	81	55	1	1	5	
143	159	74	2	1	1	Обломки
144	66	64	1	1	5	
145	20	30	1	1	5	
146	80	78	1	1	3	Обломки
147	333	35	2	1	2	Обломки
148	58	83	1	1	2	г/оFe
149	356	84	1	1	1	Обломки,г/оFe
150	226	84	1	1	3	Обломки
151	170	65	1	1	1	Обломки
152	17	21	1	1	1	Обломки
153	29	72	1	1	4	г/оFe
154	18	73	1	1	1	
155	134	65	1	1	5	
156	35	81	1	1	3	г/оFe
157	63	13	1	1	5	г/оFe
158	264	84	2	1	1	
159	202	80	1	1	1	г/оFe
160	93	18	1	1	1	
161	42	85	1	1	1	
162	87	69	1	1	5	г/оFe
163	148	68	1	1	2	Обломки
164	111	71	1	1	1	г/оFe

165	24	84	1	1	2	г/оFe
166	32	59	1	1	5	Эпидот
167	38	54	1	1	1	
168	145	72	1	1	2	
169	33	61	1	1	1	
170	12	52	1	1	1	
171	156	82	1	1	2	Обломки
172	352	33	1	1	1	
173	52	73	1	1	2	Обломки
174	19	49	1	1	5	
175	16	56	1	1	1	Эпидот
176	18	56	1	1	1	Эпидот
177	14	57	1	1	5	Эпидот
178	15	70	1	2	1	Эпидот
179	23	4	1	1	5	
180	357	82	1	1	3	Обломки
181	255	69	1	1	1	г/оFe
182	116	69	1	1	1	г/оFe
183	128	6	1	1	1	г/оFe
184	141	4	1	1	1	г/оFe
185	99	66	1	1	1	г/оFe
186	20	52	1	1	1	г/оFe
187	95	69	1	1	2	г/оFe
188	116	52	1	1	1	г/оFe
189	205	52	1	1	2	Эпидот
190	184	56	1	1	1	Эпидот
191	14	53	1	1	5	Эпидот
192	110	48	1	1	2	г/оFe
193	168	75	1	1	2	Эпидот
194	6	64	2	1	1	Эпидот
195	19	71	2	1	1	г/оFe
196	12	67	1	1	5	г/оFe
197	118	54	1	2	1	г/оFe
198	59	57	1	1	1	
199	21	86	1	1	2	г/оFe
200	111	48	1	1	2	г/оFe
201	14	51	1	1	2	г/оFe
202	165	34	1	1	2	г/оFe
203	154	52	1	1	2	г/оFe
204	136	68	1	1	1	Эпидот
205	114	54	2	1	5	Эпидот
206	101	56	1	1	3	г/оFe
207	3	63	2	1	1	
208	13	64	2	1	1	
209	209	76	1	1	1	
210	49	4	1	1	1	
211	209	52	1	1	2	
212	215	80	1	1	2	Эпидот
213	211	66	1	1	1	Эпидот

214	345	83	1	1	1	Эпидот
215	226	81	1	1	2	Обломки
216	161	88	1	1	1	г/оFe
217	214	62	1	1	1	
218	54	47	1	1	1	
219	67	34	1	1	1	г/оFe
220	123	59	1	1	2	Обломки
221	37	42	2	1	2	Обломки
222	28	66	1	1	4	г/оFe
223	221	44	1	1	1	г/оFe
224	228	39	1	1	3	Обломки
225	47	72	1	1	5	Эпидот
226	9	66	1	1	4	Обломки
227	216	85	2	1	4	Эпидот
228	292	61	1	1	1	Обломки
229	104	23	1	1	3	г/оFe
230	131	59	2	1	1	
231	220	51	1	1	1	г/оFe
232	31	61	1	1	1	г/оFe
233	158	59	1	1	3	Обломки
234	104	83	1	1	5	г/оFe
235	0	39	1	1	1	г/оFe,эпидот
236	353	38	1	1	3	г/оFe,эпидот
237	56	72	1	1	1	г/оFe
238	348	8	1	1	1	г/оFe
239	10	52	2	1	1	г/оFe
240	18	43	2	1	1	
241	19	47	2	1	1	г/оFe
242	21	18	1	1	1	г/оFe
243	4	53	1	1	1	г/оFe
244	30	62	1	1	1	г/оFe
245	18	84	2	1	2	Обломки
246	309	45	1	1	5	г/оFe
247	234	38	1	1	2	Обломки
248	126	52	2	1	4	Обломки
249	86	19	2	1	5	г/оFe
250	183	65	1	2	1	
251	14	52	2	1	1	Эпидот
252	204	64	2	1	5	
253	37	68	1	1	1	г/оFe
254	188	60	1	1	1	
255	140	62	1	1	1	Обломки
256	26	57	1	1	2	Обломки
257	95	50	1	1	1	
258	108	59	1	1	1	
259	56	77	1	1	1	
260	59	87	2	1	2	Обломки
261	127	48	1	1	1	
262	48	87	2	1	1	

263	355	39	2	1	1	
264	7	74	1	1	3	Обломки
265	52	61	1	1	1	
266	359	84	2	1	1	
267	127	65	2	1	1	
268	121	64	2	1	2	Обломки
269	118	61	2	1	1	
270	109	54	1	1	1	Эпидот
271	14	66	2	1	1	
272	264	85	1	1	1	Эпидот
273	21	64	1	1	2	Обломки
274	29	53	1	1	5	Эпидот
275	174	74	1	1	1	Эпидот
276	9	41	2	1	1	
277	61	86	1	1	2	г/оFe
278	121	71	1	1	1	
279	107	62	1	1	1	
280	62	78	2	1	1	
281	54	49	1	1	5	г/оFe
282	104	62	1	1	2	г/оFe
283	127	38	1	1	1	г/оFe
284	122	58	1	2	2	г/оFe
285	238	67	1	2	2	Обломки
286	112	50	1	1	5	г/оFe
287	113	69	1	1	2	Обломки
288	116	69	1	1	2	Обломки
289	59	77	1	1	2	г/оFe
290	123	62	1	1	3	Обломки
291	122	64	1	1	1	Эпидот
292	66	76	1	1	2	Обломки
293	245	76	1	1	2	
294	117	61	1	1	2	Обломки
295	127	64	1	1	1	
296	337	23	1	1	1	г/оFe
297	56	86	2	1	1	
298	98	5	1	1	2	г/оFe
299	122	71	1	1	1	
300	26	39	2	1	1	Эпидот

Станция 5

Зона контакта палеоокеанического и палеоконтинентального секторов. Метаморфиты ханмейшорской свиты, представленные в приконтактовой зоне очковыми амфиболитами с характерными идиоморфными зернами плагиоклаза.с вкрапленностью гранатов и пирита. В зоне контакта породы превращены в тектонические хлоритовые сланцы, за которыми обнажается протрузия серпентинитов сложного строения, включающая тела габбро разной мощности – от первых сантиметров до нескольких метров.

В рельефе правого берега р. М. Ханмей обнажение образует глубоко врезанный в берег выступ.

Замеры тращиноватости сделаны в средней части левого борта выступа.

Среди серпентинитов и габбро развиты зоны сульфидной минерализации, представленной пиритом. Местами она приобретает вид массивных скрытокристаллических и тонкозернистых руд колчеданного облика.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	298	73	1	1	1	Обломки
2	338	73	2	1	5	
3	286	56	2	1	1	
4	135	60	2	1	1	
5	174	49	1	1	5	
6	354	57	2	1	5	
7	9	59	2	1	1	Обломки
8	153	42	1	1	1	
9	295	16	1	1	1	Обломки
10	332	38	1	1	1	Обломки
11	354	26	1	1	1	Обломки
12	27	328	1	1	1	Обломки
13	3	42	1	1	1	
14	303	82	1	1	1	
15	345	56	1	1	2	Обломки
16	314	62	1	1	1	
17	4	67	2	1	1	
18	303	79	1	1	1	
19	308	86	1	1	2	
20	328	86	1	1	2	
21	10	58	1	1	2	г/оFe
22	114	85	1	1	5	г/оFe
23	155	40	1	1	5	г/оFe
24	19	80	1	1	2	г/оFe
25	156	68	1	1	2	г/оFe
26	148	23	1	1	1	г/оFe
27	213	88	1	2	2	г/оFe
28	151	32	1	1	5	
29	121	84	1	1	5	Обломки
30	48	52	1	1	2	
31	121	52	2	2	3	г/оFe,обломки
32	17	74	2	1	2	г/оFe
33	145	47	1	1	5	г/оFe
34	161	38	1	1	5	г/оFe
35	118	86	1	1	5	г/оFe
36	194	71	1	1	5	г/оFe
37	59	70	1	1	1	г/оFe
38	181	78	1	1	1	г/оFe
39	194	37	1	1	5	
40	191	84	1	1	2	
41	344	63	1	1	4	
42	168	40	2	1	1	
43	191	67	1	1	1	
44	195	74	1	1	1	
45	171	36	1	1	5	
46	100	69	1	1	1	
47	15	26	1	2	5	
48	23	27	1	1	2	
49	344	58	2	1	5	
50	256	51	1	1	5	
51	298	39	1	1	1	

52	344	47	1	1	1	Обломки
53	29	57	2	1	1	Обломки
54	20	74	2	1	1	Обломки,г/оFe
55	24	53	1	1	1	Обломки
56	273	77	1	1	1	
57	271	72	2	1	1	Обломки
58	0	69	2	1	1	
59	274	68	2	1	1	
60	350	75	2	1	5	Обломки
61	8	76	1	1	1	
62	44	54	1	1	5	Обломки
63	6	74	1	1	1	
64	340	79	2	1	1	
65	30	49	2	1	5	Обломки
66	287	83	1	1	1	
67	68	42	1	1	1	
68	3	85	2	1	5	Обломки
69	307	82	2	1	5	
70	328	89	1	1	1	
71	340	52	1	1	1	
72	279	77	1	1	1	Обломки
73	319	45	1	1	5	Обломки
74	12	43	1	1	5	Обломки
75	8	47	1	1	1	
76	10	52	1	1	5	
77	301	66	1	2	2	
78	41	86	1	1	2	г/оFe
79	180	81	1	1	5	г/оFe
80	244	14	1	1	5	г/оFe
81	4	66	2	1	5	г/оFe
82	214	59	1	1	1	г/оFe
83	176	75	1	1	5	
84	218	22	2	1	2	
85	119	50	1	1	5	
86	205	71	1	1	1	
87	128	36	1	1	5	
88	105	56	1	1	1	
89	118	90	2	1	5	
90	90	42	1	1	2	
91	136	22	1	1	1	
92	32	77	1	2	2	
93	300	60	2	1	5	
94	312	67	2	1	1	
95	249	54	1	1	1	
96	165	50	1	1	1	
97	299	56	1	1	1	
98	270	76	1	1	1	
99	237	75	1	1	1	г/оFe
100	326	87	1	1	1	Обломки
101	279	54	1	1	1	г/оFe
102	245	69	1	1	1	г/оFe
103	253	67	1	1	1	г/оFe
104	256	45	1	1	1	Обломки
105	256	67	2	1	1	Обломки,г/оFe
106	305	55	1	1	1	г/оFe,обломки
107	260	45	1	1	1	Обломки
108	264	70	1	1	1	

109	286	82	1	2	1	г/оFe,обломки
110	307	66	1	1	5	Обломки
111	296	80	1	1	5	Обломки
112	347	72	2	1	5	Обломки
113	5	67	1	2	5	г/оFe,обломки
114	297	75	2	2	5	Обломки
115	155	56	1	2	5	г/оFe
116	33	84	1	2	5	г/оFe
117	20	78	1	1	2	
118	164	42	1	2	5	г/оFe
119	263	62	2	1	5	
120	128	57	2	1	2	
121	30	70	1	2	1	
122	106	59	1	2	5	
123	34	80	1	2	1	
124	173	58	1	1	5	
125	126	34	1	1	5	
126	20	76	1	1	1	Обломки
127	223	50	1	1	1	
128	189	62	1	2	2	
129	165	63	1	1	1	г/оFe
130	304	79	1	1	5	
131	191	57	2	1	5	
132	181	58	1	1	1	
133	145	74	1	1	5	г/оFe
134	137	60	2	1	5	г/оFe
135	151	42	2	1	5	
136	53	69	2	1	2	Обломки
137	92	63	1	1	2	
138	79	85	2	1	1	г/оFe
139	55	71	2	1	5	Обломки
140	322	61	2	1	5	Обломки
141	303	57	1	1	1	
142	279	60	2	1	1	Обломки
143	249	53	1	1	5	Обломки
144	268	61	2	1	5	Обломки
145	327	49	1	1	1	Обломки
146	235	57	1	2	1	
147	336	74	1	1	1	г/оFe
148	106	77	2	1	1	г/оFe,обломки
149	270	53	1	1	1	Обломки
150	253	80	1	1	5	г/оFe,обломки
151	333	82	2	1	1	
152	297	89	2	1	1	г/оFe
153	71	69	1	1	5	
154	174	60	1	1	5	
155	86	88	2	2	1	
156	222	28	1	1	1	
157	160	31	1	1	5	
158	358	78	1	1	2	Обломки
159	322	72	1	1	3	Обломки
160	224	88	1	1	2	Обломки
161	178	59	1	1	2	Обломки
162	175	70	1	1	2	Обломки
163	289	31	1	1	2	Обломки
164	242	64	2	1	2	Обломки
165	172	84	1	1	2	Обломки

166	182	79	1	1	4	Обломки
167	111	59	1	1	1	г/оFe
168	273	57	1	1	1	
169	3	79	1	1	2	Обломки
170	339	70	1	1	2	
171	285	82	1	1	3	Обломки
172	177	64	1	1	3	Обломки
173	354	69	1	1	2	
174	17	63	1	1	2	Обломки
175	208	51	1	1	3	Обломки
176	145	25	1	1	2	г/оFe
177	281	81	1	2	2	Обломки
178	136	24	1	1	3	Обломки
179	350	82	1	1	2	Обломки
180	354	84	1	1	2	Обломки
181	138	36	1	1	2	Обломки
182	146	77	1	1	2	Обломки
183	68	89	1	1	3	г/оFe,эпидот
184	337	73	1	1	1	
185	146	60	1	1	2	Обломки
186	319	47	1	1	2	Обломки
187	166	37	1	1	1	
188	267	75	1	1	1	
189	283	74	1	1	1	
190	305	76	1	1	1	
191	283	74	1	1	1	
192	285	64	1	1	1	
193	264	85	2	1	1	
194	45	60	1	1	5	
195	280	81	1	1	1	г/оFe
196	346	70	1	1	1	г/оFe
197	139	43	1	1	1	г/оFe
198	260	77	1	1	1	г/оFe
199	290	80	1	1	1	г/оFe
200	15	59	2	1	2	г/оFe
201	299	54	1	2	3	г/оFe,обломки
202	291	73	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
203	295	63	1	1	1	г/оFe
204	210	48	1	1	2	г/оFe
205	348	59	1	1	2	г/оFe
206	296	62	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
207	190	75	2	1	2	г/оFe,обломки
208	284	51	1	1	1	г/оFe,Роговая обманка
209	110	40	1	1	5	г/оFe,роговая обманка
210	319	50	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
211	327	71	1	1	1	
212	340	70	2	1	2	
213	335	75	1	2	3	Обломки
214	338	71	2	1	3	Обломки
215	343	70	1	1	2	
216	197	64	1	1	2	Обломки,г/оFe,Роговая обманка
217	178	66	1	1	2	г/оFe,роговая обманка
218	152	88	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
219	128	46	1	1	1	г/оFe
220	231	61	2	1	2	г/оFe
221	261	62	1	1	2	г/оFe,обломки

222	357	81	1	1	2	г/оFe
223	82	67	1	1	1	г/оFe,обломки
224	166	51	1	1	1	г/оFe
225	168	36	1	1	2	г/оFe
226	148	66	1	1	1	г/оFe,обломки
227	173	73	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
228	74	53	1	1	2	г/оFe,
229	127	53	1	1	5	Эпидот
230	284	36	1	1	2	Обломки
231	29	44	1	1	2	г/оFe,Роговая обманка
232	231	77	1	2	2	г/оFe,роговая обманка
233	300	78	1	1	1	г/оFe
234	279	74	1	1	1	
235	174	38	1	1	1	г/оFe
236	182	53	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
237	244	74	1	1	2	г/оFe
238	92	31	1	1	1	г/оFe,роговая обманка
239	246	73	1	1	2	
240	168	72	1	1	2	г/оFe,роговая обманка
241	174	47	1	1	2	Роговая обманка
242	269	69	1	1	2	Роговая обманка
243	174	69	1	1	3	г/оFe,роговая обманка
244	251	58	1	1	2	Обломки
245	81	60	1	1	5	
246	182	42	1	1	1	
247	243	75	1	1	1	
248	290	84	1	2	1	
249	129	81	1	2	2	
250	350	52	1	1	1	г/оFe
251	278	65	1	1	1	Роговая обманка
252	109	55	1	1	1	г/оFe
253	297	76	1	1	2	Роговая обманка
254	295	68	1	1	1	г/оFe
255	106	85	2	1	5	г/оFe
256	158	37	1	1	2	г/оFe
257	39	79	2	1	2	Роговая обманка
258	54	74	1	1	2	Роговая обманка
259	309	70	1	1	3	Роговая обманка
260	151	42	1	1	2	г/оFe
261	258	44	1	1	2	Роговая обманка
262	45	69	1	1	1	г/оFe
263	276	59	1	1	1	г/оFe
264	67	81	1	1	1	Роговая обманка
265	76	71	1	1	1	г/оFe
266	80	69	1	1	1	Роговая обманка
267	79	80	1	1	1	г/оFe
268	284	68	1	1	1	
269	256	79	1	1	2	г/оFe
270	239	71	2	1	1	Роговая обманка
271	100	74	1	1	1	
272	295	76	1	1	2	г/оFe
273	129	76	1	1	1	г/оFe
274	41	67	1	1	1	
275	180	39	1	1	5	г/оFe
276	200	46	1	1	1	г/оFe
277	260	50	1	1	1	г/оFe
278	251	49	2	1	1	г/оFe

279	319	52	2	1	2	г/оFe
280	327	46	1	1	1	Обломки
281	336	17	1	1	1	г/оFe
282	328	89	2	1	1	г/оFe,обломки
283	48	70	1	1	1	г/оFe
284	346	47	1	1	1	г/оFe
285	269	80	1	1	1	Обломки
286	297	86	1	1	1	г/оFe
287	301	42	2	1	5	Обломки
288	247	41	1	1	1	Обломки
289	12	63	2	1	5	Обломки
290	284	23	2	1	1	Обломки
291	280	47	2	1	5	Обломки
292	276	62	2	1	5	
293	303	51	1	1	5	Обломки
294	276	80	1	1	5	Обломки
295	313	55	1	1	5	Обломки
296	240	74	2	1	1	г/оFe
297	229	87	2	1	1	
298	310	85	2	1	5	Обломки
299	311	84	2	1	5	
300	345	40	1	1	1	

Станция 6

В приконтактовой зоне палеоокеанического сектора субмеридиональный разлом, по которому протекает р. М. Ханмей, разделяет габбро конгорского комплекса с амфиболитами ханмейхойской свиты.

Породы интенсивно рассланцованы, элементы залегания сланцеватости аз. падения 100, угол 67.

Амфиболиты залегают в переслаивании с кварцитогнейсами, мощность которых от первых сантиметров до десятков сантиметров.

Согласно рассланцеванию располагается кварцевые и кварц-полевошпатовые жилы мощностью до 10-15 см, как правило, невыдержанной мощности, разбудинированные.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	104	66	1	1	4	Обломки
2	86	37	1	1	5	г/оFe
3	107	67	2	2	3	г/оFe
4	181	29	1	1	5	
5	125	41	1	1	2	
6	176	31	1	1	5	г/оFe
7	100	59	1	2	4	г/оFe,кварц
8	66	14	1	1	5	г/оFe
9	162	34	1	1	5	г/оFe
10	94	62	1	1	1	г/оFe
11	193	1	1	1	5	г/оFe
12	0	41	2	1	1	г/оFe
13	5	47	2	1	5	
14	114	67	2	1	2	Обломки,г/оFe
15	354	41	1	1	5	г/оFe
16	350	49	2	1	5	

17	349	24	2	1	5	
18	4	51	2	1	2	Обломки
19	114	69	2	1	5	г/оFe
20	125	42	2	1	1	Обломки,г/оFe
21	273	24	1	1	1	г/оFe
22	110	69	2	1	5	
23	49	14	1	2	5	г/оFe
24	200	16	1	1	1	г/оFe
25	3	46	2	2	3	Обломки,г/оFe
26	141	69	1	2	2	Обломки
27	113	69	2	2	5	Обломки,г/оFe
28	5	24	2	1	2	г/оFe
29	125	41	1	1	2	Обломки,г/оFe
30	0	54	2	1	5	г/оFe
31	105	71	2	2	1	Обломки,г/оFe
32	136	47	1	1	2	Обломки
33	176	47	1	2	4	Обломки
34	213	60	1	1	4	Обломки
35	354	26	2	2	5	
36	106	70	2	2	4	Обломки
37	285	28	1	1	5	Обломки,г/оFe
38	98	56	1	2	3	Обломки
39	104	64	1	2	1	г/оFe
40	285	84	1	2	1	г/оFe
41	282	89	1	1	4	Обломки,г/оFe
42	106	69	1	2	4	Обломки,г/оFe
43	226	64	1	1	5	г/оFe
44	93	77	1	1	1	г/оFe
45	109	68	1	2	1	г/оFe
46	4	32	1	1	5	г/оFe
47	319	3	1	1	5	г/оFe
48	96	63	1	1	3	Кварц,г/оFe
49	24	84	1	1	2	Обломки
50	109	62	1	1	4	Обломки
51	117	62	1	1	1	
52	113	67	2	2	2	Обломки
53	356	49	1	1	1	
54	358	24	1	2	1	г/оFe,кварц
55	299	66	1	1	1	
56	12	24	1	1	1	
57	0	23	2	1	1	
58	34	74	1	1	5	
59	101	73	1	2	4	Кварц
60	18	78	1	1	5	г/оFe
61	200	22	1	1	3	Обломки,г/оFe
62	337	38	1	1	5	г/оFe
63	216	66	1	1	1	г/оFe
64	185	36	1	1	1	
65	96	74	1	1	5	
66	112	62	1	1	2	г/оFe
67	141	64	1	1	4	Обломки
68	108	66	1	1	1	г/оFe
69	114	64	2	1	3	Кварц,г/оFe
70	4	37	2	2	2	Обломки
71	271	84	1	1	2	Кварц,г/оFe
72	107	66	1	1	1	Кварц,г/оFe
73	116	64	2	1	3	г/оFe

74	121	65	1	1	4	Кварц,г/оFe
75	1	14	1	2	5	г/оFe
76	126	55	1	2	4	г/оFe,Обломки
77	359	54	2	1	1	Обломки
78	352	64	1	1	2	Обломки
79	257	53	1	1	5	
80	336	66	1	1	5	Обломки
81	349	68	1	1	5	г/оFe
82	258	67	1	1	5	г/оFe,
83	241	34	1	1	5	
84	111	67	1	2	2	г/оFe,Обломки
85	5	66	2	1	2	г/оFe,Обломки
86	241	62	1	1	5	
87	113	66	2	1	1	
88	356	50	1	1	5	г/оFe
89	3	35	1	1	5	
90	143	68	1	1	1	
91	204	70	2	1	5	г/оFe
92	107	68	2	1	1	г/оFe
93	352	36	1	1	1	г/оFe
94	100	69	1	2	1	
95	329	43	2	1	1	г/оFe,Обломки
96	0	67	1	1	5	г/оFe
97	1	31	1	1	5	
98	237	35	2	1	1	
99	113	66	1	2	2	Обломки
100	296	54	1	1	3	г/оFe
101	1	74	1	1	5	г/оFe
102	281	18	1	1	5	г/оFe
103	117	75	1	1	2	г/оFe,Обломки
104	345	62	1	1	5	г/оFe
105	357	24	1	1	5	
106	191	70	1	1	1	Обломки
107	333	69	1	1	5	г/оFe
108	106	69	1	2	1	г/оFe
109	105	65	1	1	5	г/оFe
110	356	69	2	1	2	Обломки
111	113	61	1	2	2	г/оFe
112	105	74	1	2	2	Обломки
113	102	73	1	1	1	Обломки
114	14	85	1	2	3	г/оFe
115	15	86	1	1	2	Обломки,г/оFe
116	195	81	1	2	4	Обломки
117	201	32	1	1	5	
118	113	68	1	2	3	Кварц
119	109	66	1	1	2	
120	125	27	1	1	5	
121	182	71	1	1	5	г/оFe
122	216	46	1	1	2	г/оFe
123	119	68	1	1	2	г/оFe
124	261	41	1	1	2	Обломки
125	117	59	2	2	2	Обломки
126	114	58	1	1	3	Обломки
127	108	71	1	1	4	Кварц
128	23	64	1	1	5	
129	2	59	1	1	2	Обломки
130	108	66	1	2	2	Обломки,г/оFe

131	110	67	1	1	1	г/оFe
132	117	63	2	2	3	Обломки
133	103	75	2	1	2	Обломки
134	213	67	2	1	1	
135	207	86	2	1	2	г/оFe
136	169	72	1	1	3	г/оFe
137	356	35	1	1	5	г/оFe
138	164	61	1	1	1	г/оFe
139	45	77	1	1	2	Обломки
140	2	26	1	1	2	
141	19	68	1	1	2	Обломки,г/оFe
142	118	53	1	2	2	Кварц
143	110	64	1	2	3	Обломки
144	112	57	1	1	1	
145	207	58	1	1	1	г/оFe
146	137	51	1	1	2	г/оFe
147	103	52	1	2	2	Обломки
148	96	48	1	2	4	г/оFe,кварц
149	111	62	1	1	5	г/оFe
150	5	18	1	1	5	г/оFe
151	319	74	1	1	1	г/оFe
152	3	64	1	1	5	
153	231	65	1	1	1	г/оFe
154	282	76	1	1	1	г/оFe
155	3	59	1	1	1	Обломки
156	268	19	1	1	1	г/оFe
157	3	63	2	1	1	
158	121	22	1	1	5	
159	220	64	1	1	5	г/оFe
160	126	53	1	2	3	
161	121	63	1	2	1	г/оFe,Обломки
162	8	66	1	1	1	г/оFe,Обломки
163	41	41	1	1	5	г/оFe
164	116	60	1	2	1	г/оFe,Обломки
165	6	67	1	1	2	г/оFe,Обломки
166	214	74	1	1	2	Обломки
167	118	60	2	2	1	Обломки
168	297	52	1	1	5	г/оFe
169	45	83	1	1	5	
170	116	59	2	1	2	г/оFe,Обломки
171	171	28	1	1	5	г/оFe
172	281	11	1	1	5	г/оFe
173	114	80	1	1	1	г/оFe
174	0	72	1	1	5	
175	245	23	1	1	1	г/оFe
176	41	80	1	2	3	г/оFe,Обломки
177	114	47	1	2	4	Обломки,кварц
178	5	49	1	2	5	
179	110	66	1	2	2	г/оFe
180	348	87	1	2	2	Обломки
181	110	61	1	1	1	
182	344	79	2	1	1	г/оFe
183	8	61	1	1	5	г/оFe
184	347	74	2	1	5	г/оFe
185	112	60	1	2	1	г/оFe
186	151	58	1	1	2	Обломки
187	112	59	1	2	3	г/оFe,кварц

188	104	71	1	2	2	Обломки
189	171	56	1	1	2	г/оFe
190	117	74	1	1	2	Обломки,г/оFe
191	144	62	1	1	2	Обломки
192	8	81	1	1	2	Обломки
193	184	65	1	1	1	г/оFe
194	102	72	1	1	2	Обломки
195	238	25	1	1	1	г/оFe
196	119	64	1	2	2	Обломки
197	122	61	1	2	4	
198	210	26	1	1	1	
199	202	69	1	1	2	Обломки
200	10	66	1	1	3	Обломки
201	4	72	1	1	1	Обломки
202	104	67	1	2	2	Обломки
203	121	48	1	1	4	Кварц,г/оFe,кпш
204	12	46	2	1	1	
205	203	81	2	1	1	г/оFe
206	197	42	1	1	2	Обломки
207	204	83	2	1	2	
208	199	82	1	1	2	Обломки
209	14	76	1	1	2	Обломки
210	291	48	1	1	1	г/оFe
211	294	59	1	1	2	Обломки
212	9	53	1	1	2	Обломки
213	201	84	1	1	2	Обломки,г/оFe
214	116	69	1	1	1	Обломки
215	153	74	1	1	2	Обломки
216	164	41	1	2	2	Обломки
217	203	74	1	1	5	г/оFe
218	124	75	1	1	4	Кварц,кпш
219	143	33	1	1	2	Обломки
220	189	81	1	1	3	Обломки
221	147	16	1	2	3	Обломки
222	14	84	2	1	2	Обломки
223	15	24	1	2	2	г/оFe
224	199	63	1	1	2	г/оFe
225	110	59	2	1	2	Обломки
226	359	81	1	1	1	г/оFe,Обломки
227	110	59	1	1	2	Обломки
228	155	18	1	1	5	г/оFe
229	115	43	1	1	1	
230	22	76	1	1	5	г/оFe
231	197	6	1	1	2	
232	112	64	1	2	3	г/оFe,Обломки
233	19	11	1	1	5	г/оFe
234	326	29	1	1	5	г/оFe
235	8	23	1	1	5	
236	111	66	1	1	1	
237	17	86	1	1	3	г/оFe
238	12	18	1	1	5	
239	115	59	2	1	1	г/оFe,Обломки
240	11	81	1	1	1	г/оFe
241	201	72	1	1	1	
242	206	62	1	1	1	г/оFe
243	128	64	2	1	1	г/оFe
244	122	58	1	1	1	г/оFe

245	18	77	2	1	2	г/оFe
246	198	20	1	1	1	
247	176	12	1	1	5	г/оFe
248	113	61	1	1	2	г/оFe,Обломки
249	215	72	1	1	1	г/оFe
250	21	65	1	1	5	
251	225	38	1	1	2	Обломки
252	212	41	1	1	1	
253	109	65	2	1	1	г/оFe,Обломки
254	202	82	1	1	1	г/оFe,Обломки
255	24	67	1	2	1	Обломки
256	127	55	1	1	2	г/оFe,Обломки
257	216	82	1	1	5	
258	3	28	1	1	1	Обломки
259	23	75	2	1	1	г/оFe
260	289	80	1	2	4	Кварц
261	110	79	1	2	4	г/оFe,кварц
262	117	48	1	2	4	г/оFe,кварц
263	116	47	2	1	1	Кварц,кпш
264	206	60	1	1	2	
265	142	60	1	1	2	Обломки
266	201	69	1	1	2	Обломки
267	78	79	2	1	1	Обломки
268	215	68	1	2	5	
269	118	69	1	1	1	г/оFe
270	212	77	1	1	5	Обломки
271	73	22	1	1	1	г/оFe
272	224	51	1	1	5	
273	115	5	1	2	4	г/оFe
274	105	64	1	2	4	Кварц
275	96	71	1	1	3	Кварц
276	113	76	1	1	4	Кварц
277	38	79	1	1	2	
278	189	61	1	1	1	
279	116	57	1	2	4	Кварц
280	193	32	1	2	1	
281	349	20	2	2	4	Обломки
282	116	68	1	1	2	Обломки
283	348	41	2	2	2	Обломки
284	94	40	1	1	2	Обломки
285	106	46	1	2	4	Кварц
286	334	34	2	2	2	Обломки
287	16	84	1	1	1	
288	32	72	1	1	1	
289	113	71	2	2	2	Обломки
290	167	82	1	1	2	Обломки
291	14	79	1	1	2	Обломки
292	341	36	2	2	3	Обломки
293	202	44	1	1	2	Обломки
294	111	69	1	1	2	Обломки
295	322	34	2	2	1	Обломки
296	212	61	1	1	2	Обломки

Станция 7

Левобережье р. М. Ханмей, вершина с отметкой 334,0 м.

На вершине обнажается ряд разрозненных коренных выходов серпентинизированных гарцбургитов. Отдельные выходы имеют размеры до первых метров как в длину, так и в ширину и высоту, и располагаются в непосредственной близости друг от друга.

Породы интенсивно рассланцованы. Элементы залегания сланцеватости: азимут падения 140-150, угол падения 75-85.

Перидотиты слагают г. Няровеча и прилегающие к ней площади и относятся к конгорскому комплексу.

№№пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	173	12	1	1	3	
2	8	59	1	2	1	Обломки
3	231	73	1	1	3	
4	261	33	1	1	1	
5	286	76	1	2	1	Обломки
6	253	61	1	1	1	
7	238	8	1	1	2	
8	257	34	1	1	1	
9	47	71	1	1	1	
10	27	87	1	2	2	
11	128	49	1	1	2	
12	156	69	1	1	4	Обломки
13	6	78	1	1	1	
14	129	42	1	1	1	
15	293	79	1	2	4	Обломки
16	301	59	1	1	1	
17	104	58	1	1	1	
18	37	26	1	1	5	г/оFe
19	33	41	1	1	2	г/оFe
20	5	34	1	1	1	г/оFe
21	346	39	1	1	4	Обломки
22	332	51	1	1	1	г/оFe
23	313	61	1	1	5	
24	4	18	1	1	1	
25	317	34	1	1	1	
26	29	24	1	1	5	
27	18	26	1	1	2	Обломки
28	24	26	1	1	2	Обломки
29	312	59	1	1	2	Обломки
30	306	63	1	1	3	Обломки
31	20	14	1	1	5	Обломки
32	311	52	1	1	1	
33	31	13	1	2	1	
34	162	84	1	1	5	
35	33	23	1	2	2	
36	97	38	1	1	1	
37	114	9	1	1	1	
38	137	39	1	1	1	
39	54	17	1	2	1	
40	3	66	1	2	4	Обломки

41	39	86	1	1	1	Обломки
42	74	62	1	1	2	Обломки
43	111	48	1	1	1	
44	119	52	1	1	1	
45	157	59	1	2	3	Обломки
46	144	43	1	1	1	
47	99	61	1	1	1	
48	162	66	1	1	2	
49	158	53	1	2	2	Обломки
50	127	65	1	1	1	
51	123	42	1	1	2	
52	163	26	1	1	2	
53	203	19	1	2	4	Обломки
54	213	29	1	2	3	
55	187	53	1	1	1	
56	273	58	1	1	1	
57	103	48	1	1	1	
58	202	14	1	1	2	
59	243	72	1	1	3	Обломки
60	346	41	1	2	1	
61	276	29	1	1	1	
62	139	27	1	1	2	
63	126	41	1	1	1	
64	312	49	1	1	1	
65	347	66	1	1	2	
66	316	43	1	1	1	Обломки
67	182	64	1	1	1	
68	244	21	1	1	1	
69	315	63	1	1	1	
70	187	83	1	1	2	
71	301	49	1	1	1	
72	322	36	1	1	1	
73	293	32	1	1	1	
74	326	37	1	1	2	
75	301	54	1	1	2	Обломки
76	345	63	1	1	2	
77	73	53	1	1	5	
78	34	21	1	1	1	
79	240	34	1	1	2	Обломки
80	346	53	1	1	5	
81	4	41	1	1	3	Обломки
82	293	61	1	1	1	
83	342	52	1	1	5	
84	79	24	1	1	1	
85	319	64	1	1	1	
86	337	57	1	1	1	
87	144	85	1	1	4	Обломки
88	127	34	1	1	2	Обломки
89	152	74	1	1	1	
90	130	27	1	1	2	
91	128	59	1	1	1	
92	140	51	1	1	1	
93	343	49	1	1	4	Обломки
94	134	69	1	1	3	Обломки
95	343	58	1	1	1	
96	82	88	1	1	1	
97	209	75	1	1	5	

98	63	77	1	1	5	
99	7	73	1	1	1	
100	149	48	1	1	2	
101	140	57	1	1	1	
102	44	64	1	1	5	
103	147	36	1	1	1	
104	22	24	1	1	1	г/оFe
105	159	25	1	1	1	Обломки
106	153	63	1	1	2	
107	228	33	1	1	5	
108	138	43	1	1	2	г/оFe
109	145	46	1	1	5	
110	173	48	1	1	2	Обломки
111	160	74	1	1	1	
112	136	49	1	1	1	
113	88	73	1	1	1	
114	95	31	1	1	1	
115	123	56	1	1	1	Обломки
116	156	42	1	1	1	Обломки
117	163	67	1	1	1	Обломки
118	171	40	1	1	1	Обломки
119	175	52	1	1	1	
120	129	54	1	1	1	Обломки
121	161	51	1	1	1	
122	189	44	1	1	1	Обломки
123	176	33	1	1	1	Обломки
124	166	54	1	1	2	Обломки
125	166	71	1	1	1	
126	292	49	1	1	2	
127	223	77	1	1	2	
128	133	64	1	1	1	
129	149	47	1	1	1	
130	201	75	1	1	1	Обломки
131	112	54	1	1	1	Обломки
132	203	37	1	1	1	
133	292	69	1	1	1	
134	164	87	1	1	1	
135	334	74	1	1	1	
136	162	44	1	1	1	
137	325	27	1	1	2	Обломки
138	203	43	1	1	1	
139	149	47	1	1	1	
140	167	29	1	1	2	
141	115	10	1	1	1	
142	172	17	1	1	1	г/оFe
143	157	19	1	1	2	Обломки
144	164	45	1	1	5	
145	183	27	1	1	2	
146	29	43	1	1	2	
147	79	26	1	1	1	г/оFe
148	112	33	1	1	1	г/оFe
149	147	21	1	1	1	Обломки
150	99	36	1	1	1	
151	73	32	1	1	1	
152	49	22	1	1	1	
153	231	71	2	1	1	
154	225	64	1	1	1	

155	218	66	1	1	1	
156	254	78	1	1	1	
157	216	76	1	1	1	Обломки
158	218	71	1	1	1	
159	279	64	1	1	1	
160	260	64	1	1	5	
161	255	62	1	1	1	
162	296	44	1	1	5	
163	337	69	2	1	2	Обломки
164	216	74	1	2	1	
165	12	81	1	1	1	Обломки
166	19	79	1	1	1	
167	340	64	1	1	2	Обломки
168	299	48	1	1	2	
169	93	66	1	1	1	
170	214	53	1	1	5	
171	298	48	1	1	5	
172	93	58	1	1	1	
173	344	82	1	1	1	
174	326	72	1	1	1	
175	309	61	1	1	1	
176	315	65	1	1	1	
177	319	73	1	1	1	
178	2	40	1	1	1	Обломки
179	236	61	1	1	1	
180	274	74	1	1	2	Обломки
181	255	67	1	1	1	Обломки
182	345	81	1	1	1	
183	329	86	1	1	1	
184	246	51	1	1	1	
185	334	74	1	1	1	
186	323	52	1	1	2	Обломки
187	333	76	1	1	1	
188	48	26	1	2	4	
189	276	56	1	1	3	Обломки
190	116	56	1	1	3	Обломки
191	195	33	1	1	2	Обломки
192	89	51	1	1	1	
193	87	54	1	1	1	
194	161	22	1	1	1	Обломки
195	113	36	1	1	1	
196	128	53	1	1	1	
197	126	24	1	1	1	
198	176	64	1	1	1	
199	243	11	1	1	2	
200	146	84	1	1	5	
201	149	58	1	1	1	Обломки
202	164	48	1	1	1	
203	177	38	1	1	5	
204	156	35	1	1	1	
205	173	38	1	1	2	г/оFe
206	184	48	1	1	5	
207	192	43	1	1	2	
208	171	17	1	1	5	
209	93	54	1	1	1	
210	167	56	1	1	1	
211	196	49	1	1	5	

212	129	56	1	1	5	
213	182	47	1	1	1	
214	69	26	1	1	1	
215	73	36	1	1	1	
216	97	56	1	1	5	
217	113	7	1	1	5	
218	127	58	1	1	5	
219	146	38	1	1	1	
220	76	14	1	1	1	
221	147	54	1	1	5	
222	315	78	1	1	5	
223	164	13	1	1	1	
224	276	3	1	1	1	
225	218	432	1	1	5	
226	233	26	1	1	5	
227	296	3	1	1	3	г/оFe
228	192	12	1	1	1	
229	8	34	1	1	1	
230	39	31	1	1	1	
231	307	49	1	2	2	
232	267	36	1	1	5	
233	349	74	1	2	5	г/оFe
234	356	51	1	1	2	Обломки
235	267	66	1	1	1	
236	255	52	1	1	1	Обломки
237	51	38	1	2	3	Обломки
238	53	31	1	2	4	
239	47	34	1	1	1	
240	119	87	1	1	1	
241	131	59	1	1	1	
242	319	51	1	1	1	
243	14	33	1	1	1	г/оFe
244	24	37	1	2	1	Обломки
245	21	32	1	1	2	Обломки
246	353	51	1	1	1	
247	142	34	1	1	5	
248	100	3	1	1	1	
249	129	31	1	1	5	
250	355	56	1	2	4	Обломки
251	359	68	1	2	1	
252	342	86	1	2	3	Обломки
253	338	88	1	1	3	Обломки
254	109	3	1	1	1	
255	312	12	1	1	1	
256	5	16	1	1	1	г/оFe
257	354	70	1	2	2	Обломки
258	216	76	1	1	1	
259	74	14	1	1	1	
260	298	38	1	1	2	Обломки
261	2	44	1	1	1	г/оFe
262	23	25	1	1	4	Обломки
263	216	27	1	1	1	
264	318	46	1	2	1	
265	114	21	1	1	3	г/оFe
266	215	46	1	1	2	Обломки
267	276	52	1	1	5	
268	310	61	1	1	5	

269	79	27	1	1	1	
270	74	56	1	1	2	
271	112	67	1	1	5	
272	215	61	1	1	1	
273	194	82	1	1	1	
274	211	60	1	1	5	
275	262	67	1	1	5	
276	211	58	1	1	5	
277	303	44	1	1	1	
278	148	67	1	1	1	
279	262	72	1	1	1	
280	206	21	1	1	1	
281	224	12	1	1	1	
282	146	58	1	1	1	
283	103	62	1	1	1	
284	192	43	1	1	5	
285	189	10	1	1	1	
286	163	67	1	1	2	
287	142	42	1	1	1	г/оFe
288	121	36	1	1	1	
289	136	49	1	1	5	
290	141	51	1	1	1	
291	234	41	1	1	1	
292	311	32	1	1	2	
293	203	75	1	1	1	
294	136	43	1	1	1	
295	134	45	1	1	1	г/оFe
296	172	15	1	1	1	
297	172	8	1	1	1	
298	138	24	1	1	2	
299	96	13	1	1	2	
300	73	26	1	1	1	г/оFe

Станция 8

160 м от слияния реки Малый Ханмей и ручья Евъюган вниз по левому берегу реки Малый Ханмей ,напротив Евъюганского проявления, расположенного нп противоположном берегу.

Крупный коренной скальный выход амфиболитов, в коренных выделяется несколько зон интенсивно ожелезненнйх пород мощности до 20 см, однако видимой рудной минерализации не установлено.

Элементы залегания сланцеватости: Азимут падения 153,угол падения 61.

№№ПП	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральные заполнения
1	126	41	1	1	5	
2	133	44	1	1	2	
3	69	57	1	1	1	
4	106	8	1	1	1	
5	128	71	1	1	5	г/оFe
6	172	28	1	1	1	г/оFe
7	123	84	1	1	1	г/оFe
8	106	49	1	1	2	
9	117	44	1	1	1	г/оFe

10	76	5	1	1	2	Обломки
11	113	63	1	1	1	
12	145	54	1	1	5	
13	94	22	1	1	2	Обломки
14	315	36	1	1	5	
15	213	17	1	1	1	
16	72	36	1	1	1	Обломки
17	129	74	1	1	1	Обломки
18	24	38	1	1	5	г/оFe
19	96	64	1	1	1	
20	82	31	1	1	2	Обломки
21	63	44	1	1	2	г/оFe
22	58	39	1	1	3	г/оFe
23	96	66	1	1	1	
24	91	57	1	1	1	
25	57	41	1	1	3	г/оFe
26	112	67	1	1	2	
27	73	4	1	1	2	
28	69	8	1	1	1	г/оFe
29	132	77	1	1	5	
30	78	53	1	1	1	г/оFe
31	87	44	1	1	5	
32	73	47	1	1	1	г/оFe
33	76	72	1	1	2	г/оFe
34	59	47	1	1	2	
35	64	58	1	1	3	г/оFe
36	52	47	1	1	1	
37	112	3	1	1	3	г/оFe
38	224	69	1	1	2	Обломки
39	108	45	1	1	2	Обломки
40	114	54	2	2	2	Обломки
41	120	34	2	2	2	Обломки
42	144	58	2	2	1	
43	335	81	1	1	2	г/оFe
44	121	66	1	1	2	г/оFe
45	18	66	1	1	2	Обломки
46	254	69	1	1	1	
47	247	69	2	1	1	
48	4	76	1	1	2	
49	134	37	1	1	2	Обломки
50	348	74	2	1	2	Обломки
51	155	76	1	1	2	Обломки
52	75	34	1	1	4	Обломки,Кварц
53	87	47	1	1	4	Обломки,Кварц
54	323	69	1	1	2	Обломки,Кварц
55	338	74	1	1	2	Обломки
56	279	26	1	1	1	
57	198	69	2	1	3	Обломки
58	297	37	1	1	1	

59	154	59	2	2	2	Обломки
60	323	58	1	1	3	г/оFe,Обломки
61	28	34	2	1	1	
62	126	61	1	1	1	
63	173	54	1	1	3	Обломки
64	154	49	1	1	1	
65	282	66	1	1	2	
66	69	26	1	1	2	Обломки
67	313	28	1	1	2	Обломки
68	233	66	1	1	2	Обломки
69	152	39	1	1	1	Обломки
70	306	61	1	1	3	Обломки
71	182	64	1	1	2	г/оFe
72	317	68	1	1	4	кварц
73	29	56	1	1	2	Обломки
74	132	56	1	1	2	Обломки
75	172	31	1	1	5	
76	136	19	1	2	2	г/оFe
77	131	57	1	1	1	
78	104	51	1	2	1	
79	128	43	1	1	3	Обломки
80	68	82	1	1	2	г/оFe
81	72	84	1	1	2	
82	215	56	1	1	5	
83	242	23	1	1	2	
84	115	24	1	1	2	г/оFe
85	74	58	1	2	2	
86	119	16	1	1	5	
87	83	69	1	1	3	г/оFe
88	116	56	1	1	5	г/оFe
89	187	62	1	1	2	г/оFe
90	118	33	1	2	5	
91	108	14	1	1	1	
92	129	28	1	1	1	
93	86	72	1	1	5	г/оFe
94	74	86	1	1	5	
95	133	74	1	1	5	
96	137	6	1	2	1	г/оFe
97	146	74	1	2	5	г/оFe
98	137	42	1	1	2	г/оFe
99	62	54	1	2	5	г/оFe
100	98	6	1	1	3	г/оFe
101	79	86	1	1	3	г/оFe
102	206	87	1	2	1	г/оFe
103	105	13	1	1	2	г/оFe
104	137	42	1	1	2	Обломки
105	143	9	1	1	1	г/оFe
106	223	12	1	1	2	г/оFe
107	82	43	1	1	2	г/оFe

108	46	81	1	2	5	
109	146	19	1	1	2	Обломки
110	206	4	1	1	3	
111	193	64	1	1	5	г/оFe
112	219	67	1	1	2	Обломки
113	236	74	1	1	2	Обломки
114	113	57	1	1	1	
115	38	33	1	1	1	
116	47	64	1	1	2	Обломки
117	105	56	1	1	1	
118	103	46	1	1	1	
119	49	44	1	1	1	г/оFe
120	113	74	1	1	2	Обломки
121	235	48	1	1	1	
122	127	48	1	1	1	
123	261	65	1	1	2	Обломки
124	112	76	1	1	1	
125	91	64	1	1	1	
126	114	72	1	1	2	Обломки
127	241	63	1	1	1	
128	117	51	1	1	2	Обломки
129	23	40	1	1	2	г/оFe,Обломки
130	157	50	1	1	2	Обломки
131	108	61	1	1	1	Обломки
132	87	61	1	1	2	Обломки
133	74	22	1	1	2	Обломки
134	48	46	1	1	2	Обломки
135	187	44	1	1	1	
136	22	8	1	1	2	Обломки
137	219	78	1	1	1	
138	282	46	1	1	2	Обломки
139	58	79	1	1	1	
140	224	81	1	1	1	
141	330	70	1	2	2	Обломки
142	86	76	1	1	2	Обломки
143	242	43	1	1	2	Обломки
144	214	59	1	1	2	Обломки
145	194	71	1	2	4	Обломки
146	161	53	1	2	2	Обломки
147	25	29	1	2	4	Обломки
148	44	50	1	1	3	Обломки
149	56	73	1	2	1	кварц
150	183	46	1	1	5	кварц
151	148	33	1	1	1	
152	214	31	1	1	5	г/оFe,Кварц
153	257	10	1	1	2	
154	178	68	1	1	1	
155	98	52	1	1	5	
156	244	83	1	1	1	

157	237	4	1	1	1	кварц
158	159	68	1	1	1	
159	249	43	1	2	5	кварц
160	184	49	1	1	1	
161	274	47	1	2	1	
162	208	83	1	2	1	
163	232	15	1	1	2	
164	237	38	1	2	1	
165	183	46	1	1	2	
166	173	59	1	2	2	кварц
167	283	4	1	1	2	Обломки
168	259	16	1	1	3	
169	246	23	1	1	5	
170	192	73	1	2	2	г/оFe,Кварц
171	183	51	1	1	2	
172	125	47	1	1	5	
173	213	84	1	2	5	
174	153	37	1	1	1	г/оFe
175	122	5	1	1	1	
176	202	32	1	1	5	
177	188	62	1	1	2	Обломки
178	113	71	1	1	2	г/оFe,Обломки
179	196	14	1	1	5	
180	204	76	1	1	1	
181	216	78	1	1	1	г/оFe,Кварц
182	214	4	1	1	2	кварц
183	223	26	1	1	2	
184	148	64	1	1	2	кварц
185	243	76	1	1	2	Обломки,Кварц
186	210	81	1	2	3	Обломки
187	128	57	1	1	1	
188	312	38	1	2	1	
189	32	41	1	1	1	
190	304	38	1	2	3	Обломки
191	298	46	1	1	1	
192	299	51	1	1	1	
193	45	61	1	1	4	Обломки
194	300	49	1	1	1	
195	219	72	1	2	1	
196	52	8	1	1	1	
197	193	33	1	1	1	
198	218	81	1	2	4	Обломки,кпш
199	204	72	1	1	2	Обломки,кпш,г/оFe
200	28	47	1	1	3	Обломки
201	62	77	1	1	1	
202	155	56	1	1	3	Обломки
203	308	28	1	1	3	кпш,Кварц
204	33	7	1	1	2	Обломки
205	228	76	1	1	2	Обломки

206	217	74	1	1	2	Обломки
207	63	77	1	1	1	
208	216	43	1	1	2	Обломки
209	196	42	1	1	2	Обломки
210	246	51	1	1	1	
211	232	67	1	1	2	Обломки
212	234	54	1	1	2	Обломки
213	139	17	1	1	4	Обломки
214	230	72	1	1	4	Обломки
215	231	82	1	1	2	Обломки
216	222	59	1	1	4	Обломки
217	221	47	1	1	3	Обломки
218	211	48	1	1	1	
219	264	72	1	1	1	
220	272	67	1	1	2	Обломки
221	251	29	1	1	1	
222	242	68	1	1	2	Обломки
223	216	41	1	1	1	
224	191	54	1	1	2	Обломки
225	79	12	1	2	5	
226	143	56	1	1	2	Обломки
227	76	82	1	1	1	
228	138	17	1	1	3	Обломки
229	118	81	1	1	2	г/оFe,Обломки
230	86	35	1	1	3	г/оFe,Обломки
231	132	44	1	1	1	
232	154	83	1	1	1	
233	132	66	1	1	2	Обломки
234	203	62	1	1	1	
235	152	31	1	1	2	Обломки
236	87	86	1	2	2	кварц
237	156	11	1	1	1	
238	214	63	1	1	2	Обломки
239	87	66	1	1	3	Обломки
240	94	78	1	1	1	
241	98	77	1	1	1	
242	152	22	1	1	1	
243	107	82	1	1	5	
244	87	66	1	1	2	г/оFe,Обломки
245	179	76	1	1	2	Обломки
246	134	87	1	1	1	
247	106	54	1	1	2	Обломки
248	78	57	1	1	1	
249	142	39	1	1	2	Обломки
250	186	76	1	1	1	
251	187	49	1	1	2	г/оFe,Обломки
252	69	32	1	1	1	
253	72	26	1	1	2	Обломки
254	86	33	1	1	1	

255	52	14	1	1	1	
256	97	9	1	1	2	Обломки
257	73	26	1	1	1	
258	56	7	1	1	1	
259	32	3	1	1	2	Обломки
260	24	29	1	1	5	
261	297	62	1	1	1	г/оFe
262	292	59	1	1	1	г/оFe
263	351	76	2	1	2	г/оFe
264	304	79	1	1	1	
265	279	84	1	1	2	Обломки
266	353	31	1	1	1	г/оFe
267	10	20	1	1	1	
268	323	7	1	1	1	
269	244	67	1	1	2	Обломки
270	243	60	1	1	2	Обломки
271	64	27	1	1	1	
272	163	84	1	1	2	Обломки
273	225	30	1	1	5	
274	123	53	1	1	2	Обломки
275	141	46	1	1	3	Обломки
276	139	46	1	1	3	Обломки
277	3	28	1	1	5	кварц
278	294	76	1	1	1	
279	4	29	1	1	1	г/оFe
280	288	61	1	1	2	Обломки
281	12	86	1	1	2	Обломки
282	355	84	1	1	1	
283	284	60	1	1	2	Обломки
284	357	32	1	1	1	
285	334	83	1	1	1	
286	301	48	1	1	1	
287	217	62	1	1	2	Обломки
288	176	27	1	1	1	
289	290	44	1	1	1	
290	308	49	1	2	1	г/оFe,Кварц
291	297	45	1	1	1	г/оFe
292	5	37	1	1	2	г/оFe,Обломки
293	198	54	1	1	2	г/оFe
294	242	57	1	1	2	Обломки
295	207	59	1	1	2	Обломки
296	302	61	1	1	1	

Станция 9

Согласно геологической карте, породы относятся к габбро конгорского комплекса. Однако от габбро, залегающих ближе к контакту с палеоконтинентальными образованиями ханмейхойской свиты, они отличаются визуально более светлой окраской и единичными крупными (до 2-3 мм) зернами кварца.

Станция находится на левом берегу р. М. Ханмей в начале крупного изгиба ее русла на расстоянии 2,2 км от слияния с р. Евъюган вниз по р. М. Ханмей.

Данные породы сменяют серпентиниты и габбро в направлении от контакта с ханмейхойской свитой и обнажаются в 600 м от протрузии серпентинитов в обоих берегах р. М. Ханмей.

№№ пп	Азимут падения	Угол падения	Форма	Длина	Мощность	Минеральное заполнение
1	64	56	1	1	5	
2	49	41	1	1	1	
3	135	59	1	1	5	
4	327	84	1	1	2	Обломки
5	44	63	1	2	1	
6	351	72	1	2	1	
7	17	84	1	1	1	
8	27	88	1	1	2	Обломки
9	49	74	1	2	3	Обломки
10	42	89	1	2	2	Обломки
11	47	36	1	1	5	
12	54	34	1	1	1	
13	356	66	1	2	2	Обломки
14	86	57	1	1	1	
15	24	64	1	1	1	
16	326	47	1	2	3	Обломки
17	205	48	1	1	5	
18	177	71	1	2	5	
19	262	68	1	1	5	
20	29	26	1	2	2	Обломки
21	337	84	1	2	1	
22	34	86	1	2	3	Обломки
23	49	53	1	1	5	
24	67	56	1	1	3	Обломки
25	117	34	1	1	5	
26	112	73	1	1	1	
27	8	82	1	1	5	
28	43	28	1	1	2	Обломки
29	62	87	1	1	1	
30	54	3	1	2	2	Обломки
31	3	84	1	1	1	
32	36	71	1	1	1	Обломки
33	64	39	1	1	3	
34	43	84	1	1	5	
35	12	54	1	1	1	
36	117	61	1	1	1	
37	78	81	1	1	1	
38	97	34	1	1	1	
39	124	24	1	1	2	Обломки
40	178	73	1	1	2	Обломки
41	173	19	1	1	2	Обломки
42	126	26	2	1	2	Обломки
43	263	61	1	1	1	
44	272	47	1	1	2	Обломки
45	159	62	1	1	2	Обломки
46	346	84	1	1	4	Обломки
47	45	24	1	1	1	Обломки

48	68	14	1	1	2	Обломки
49	257	18	1	1	2	Обломки
50	121	48	1	1	1	
51	185	76	1	1	1	
52	110	38	1	1	2	Обломки
53	136	50	1	1	1	
54	1	63	1	1	2	Обломки
55	236	51	1	1	1	
56	152	72	1	2	3	
57	74	85	1	2	5	
58	118	48	1	1	1	
59	129	34	1	2	3	Обломки
60	356	72	1	1	1	
61	238	76	1	1	1	
62	98	28	2	2	2	Обломки,Эпидот
63	151	81	1	1	2	Обломки
64	254	28	1	1	3	Обломки
65	278	17	1	1	1	
66	138	44	1	1	2	Обломки
67	122	4	1	1	2	Обломки
68	164	49	1	1	2	Обломки
69	261	76	1	1	1	
70	316	73	1	1	2	
71	327	74	1	2	1	
72	152	81	1	1	1	
73	184	74	1	2	4	
74	46	57	1	2	2	Обломки
75	124	29	1	1	2	Обломки
76	244	86	1	1	1	
77	92	64	1	1	1	
78	133	67	1	1	5	
79	142	29	1	1	5	
80	116	74	1	1	5	
81	59	45	1	1	2	Обломки
82	23	47	1	1	1	
83	52	83	1	1	1	
84	187	83	1	1	2	Обломки
85	93	71	1	1	5	
86	23	47	1	1	3	Обломки
87	86	29	1	1	2	Обломки
88	113	73	1	1	2	Обломки
89	138	64	1	1	2	Обломки
90	156	24	1	1	3	Обломки
91	87	33	1	2	2	Обломки
92	64	67	1	2	1	
93	73	58	1	1	2	
94	136	31	1	2	3	
95	122	76	1	1	2	
96	104	22	1	1	1	
97	118	62	1	1	5	
98	103	12	1	2	2	Обломки
99	78	37	1	1	2	Обломки
100	93	27	1	2	3	Обломки
101	134	46	1	1	1	
102	116	42	1	1	1	
103	102	43	1	1	2	Обломки
104	136	17	1	1	2	Обломки

105	97	27	1	1	2	Обломки
106	22	76	2	1	5	
107	15	42	1	1	1	
108	153	82	1	1	5	
109	316	67	1	1	2	Обломки
110	22	64	1	1	2	Обломки
111	127	71	1	1	1	
112	107	28	2	1	1	
113	86	24	1	2	1	
114	123	31	1	1	2	
115	157	52	1	1	2	
116	279	54	1	1	1	
117	28	64	1	1	1	
118	49	67	1	1	4	
119	111	39	1	1	2	
120	44	53	1	1	1	
121	41	59	1	1	2	
122	138	32	1	1	5	
123	140	39	1	1	1	
124	47	83	1	1	1	
125	351	47	1	1	2	Обломки
126	285	49	1	1	1	
127	301	43	2	1	1	
128	153	31	2	1	2	
129	24	51	2	1	1	
130	296	45	1	1	1	
131	46	37	1	2	3	Обломки
132	33	37	1	1	1	
133	54	64	1	1	2	Обломки
134	316	23	1	1	2	
135	118	38	1	1	2	
136	128	32	1	1	2	Обломки
137	152	81	1	2	2	Обломки
138	58	71	1	2	4	Обломки
139	134	29	2	1	2	Обломки
140	127	61	2	1	2	Обломки
141	287	31	1	1	5	
142	178	69	1	2	1	
143	66	67	2	1	2	Обломки
144	58	57	2	1	1	
145	124	74	1	1	1	
146	51	55	2	1	2	Обломки
147	243	69	2	1	5	
148	238	61	2	1	1	
149	231	64	2	1	1	
150	129	46	2	1	1	
151	289	34	2	1	1	
152	156	27	1	1	1	
153	122	21	1	1	2	Обломки
154	133	46	1	1	1	
155	97	53	1	1	2	Обломки
156	16	4	1	1	2	Обломки
157	73	28	1	1	1	
158	207	52	1	2	1	
159	237	38	1	2	5	
160	178	9	1	1	1	
161	63	14	1	1	2	Обломки

162	182	46	1	1	1	
163	27	48	2	1	5	
164	146	43	1	2	2	Обломки
165	138	46	1	2	1	
166	97	12	1	1	2	Обломки
167	62	56	1	2	2	Обломки
168	34	68	1	1	1	
169	47	64	1	1	2	Обломки
170	78	63	1	1	1	
171	47	61	1	2	1	
172	57	29	1	2	2	Обломки
173	23	46	1	2	2	Обломки
174	73	42	1	1	1	
175	123	49	1	2	5	
176	103	51	1	1	2	Обломки
177	97	23	1	1	1	
178	137	49	1	1	2	
179	101	7	1	1	1	
180	72	50	1	1	2	Обломки,Эпидот
181	43	27	1	1	3	Обломки
182	178	1	1	1	1	
183	183	34	1	1	1	
184	94	71	1	2	2	Обломки
185	105	68	1	1	2	Обломки
186	64	81	1	1	1	
187	147	68	1	1	2	
188	92	47	2	1	1	
189	89	6	2	2	1	
190	82	41	1	1	5	
191	71	31	1	2	3	Обломки
192	168	72	1	1	1	
193	152	74	1	1	1	
194	225	53	1	1	1	
195	253	44	1	1	5	
196	234	56	2	1	5	
197	232	64	2	1	1	
198	235	59	2	1	1	
199	236	62	2	1	1	
200	292	36	1	1	1	Эпидот
201	117	37	2	1	1	
202	212	64	2	1	1	
203	300	47	2	1	2	кпш
204	326	84	1	1	2	Обломки
205	47	48	1	1	2	Обломки
206	81	32	1	1	2	Обломки
207	91	23	2	1	2	Обломки
208	156	74	2	1	2	Обломки
209	166	76	2	1	1	
210	37	65	1	1	2	Обломки
211	67	74	1	2	3	
212	159	76	1	2	2	Обломки
213	44	65	1	1	4	Обломки
214	154	81	2	1	1	
215	159	71	2	2	2	Обломки
216	221	80	2	1	1	
217	129	73	1	2	2	Обломки
218	124	76	2	1	2	Обломки

219	156	59	1	1	1	
220	68	40	1	2	1	
221	148	62	1	1	2	Обломки
222	168	58	1	1	3	Обломки
223	136	34	1	1	2	Обломки
224	163	57	1	1	1	
225	319	56	1	1	2	Обломки
226	91	3	1	1	2	Обломки
227	310	56	2	1	1	
228	238	66	1	1	1	
229	176	43	2	1	5	
230	143	62	1	1	2	Обломки
231	103	72	1	1	2	Обломки
232	94	7	1	1	1	
233	87	86	2	1	2	Обломки
234	116	61	1	1	2	Обломки
235	107	64	1	1	1	
236	157	16	1	1	3	Обломки
237	79	64	1	2	5	
238	157	66	1	1	1	
239	101	84	1	1	2	Обломки
240	182	69	1	1	2	Обломки
241	76	54	1	1	3	Обломки
242	82	34	1	1	1	
243	83	56	1	1	1	
244	179	26	1	1	1	
245	182	74	1	1	5	
246	113	36	1	1	2	Обломки
247	94	88	1	1	5	
248	67	53	2	1	5	
249	126	48	1	1	2	Обломки
250	113	62	1	1	5	
251	156	3	1	1	2	Обломки
252	96	87	1	1	1	
253	133	8	1	1	1	
254	97	71	1	1	1	
255	74	53	1	1	2	Обломки
256	156	53	1	1	1	
257	133	7	1	1	1	
258	126	31	1	1	2	Обломки
259	147	81	1	1	2	Обломки
260	86	68	1	1	1	
261	196	2	1	1	2	Обломки
262	93	11	1	1	1	
263	133	27	1	1	5	
264	83	82	1	1	1	
265	157	49	1	1	2	Обломки
266	63	78	1	1	5	
267	192	74	1	1	2	Обломки
268	176	46	1	1	1	
269	183	54	2	1	2	Обломки
270	72	36	1	1	1	
271	329	49	1	1	1	
272	49	54	2	1	1	
273	24	39	2	1	2	Обломки
274	23	53	1	1	1	
275	141	42	1	1	1	

276	99	63	1	1	2	Обломки
277	314	60	2	1	1	
278	241	69	2	1	2	Эпидот
279	233	78	2	1	2	Эпидот
280	66	63	1	1	1	
281	310	69	2	1	2	
282	313	66	2	1	1	
283	324	64	2	1	2	
284	311	58	1	1	1	
285	69	48	1	1	3	Обломки
286	302	71	1	1	1	
287	66	24	1	1	2	Обломки,Эпидот
288	64	61	1	1	2	Обломки
289	227	80	1	1	2	Кварц
290	49	44	1	1	2	Обломки
291	57	32	1	1	2	
292	157	46	1	1	1	
293	216	61	1	1	2	Обломки
294	33	24	1	1	1	Эпидот
295	246	46	1	1	2	Обломки
296	28	26	1	1	2	Кварц
297	358	79	2	1	2	Кварц
298	198	65	1	1	2	Кварц
299	200	50	1	2	2	Обломки
300	166	44	1	2	3	Обломки

Станция 10

В правобережье руч. Ханмейшор между вершинами с отметкой 204,4 и 237,4 м, находится вершина с рядом коренных скальных выходов, показанных на карте как габбро конгорского комплекса.

Породы светло-зеленого цвета, сложены плагиоклазом и хлоритом, среднезернистые, рассланцованные и смятые в складки.

Среди них находятся дайки базальтов порфировой структуры, миндалекаменной текстуры. Порфировые вкрапленники представлены плагиоклазом и пироксеном, в миндалинах предположительно плагиоклаз. Контакты базальтов горячие, форма тел, по-видимому, дайковая.

Замеры трещин выполнены в светло-зеленых «габбро», возможно, метасоматитах, в западном крыле относительно крупной антиклинальной складки.

№№пп	Аз. падения	Угол пад.	Форма	Длина	Мощность	Минер. заполнение
1	79	81	1	2	3	Обломки
2	98	77	1	2	3	Обломки
3	68	74	1	2	3	Обломки
4	332	52	1	1	4	Обломки
5	343	84	1	1	2	Обломки
6	358	79	2	1	2	Обломки
7	338	72	1	1	2	Обломки
8	153	66	1	2	2	Обломки
9	73	63	1	1	2	Обломки
10	354	64	1	2	2	Обломки
11	97	76	1	2	4	Обломки
12	342	88	1	1	2	Обломки
13	192	84	1	1	2	Обломки
14	166	57	1	1	2	Обломки
15	66	74	1	1	2	Обломки
16	71	76	1	1	1	
17	324	84	1	1	2	Обломки
18	74	83	1	1	2	Обломки
19	56	80	1	1	2	Обломки
20	294	46	1	1	2	Обломки
21	222	54	1	1	2	Обломки
22	188	56	1	1	2	Обломки
23	136	55	1	1	2	Обломки
24	86	73	1	2	2	Обломки
25	91	76	1	1	1	
26	86	73	1	2	3	Обломки
27	106	38	1	1	2	Обломки
28	117	84	2	1	1	
29	170	12	1	1	2	Обломки
30	86	77	1	1	1	
31	210	74	1	2	2	Обломки
32	43	84	1	1	2	Обломки
33	71	62	1	1	2	Обломки
34	348	52	2	1	5	
35	342	69	1	2	2	Обломки
36	149	17	1	1	2	Обломки
37	162	24	1	1	2	Обломки
38	68	70	1	1	2	Обломки
39	284	15	1	1	2	Обломки
40	292	54	1	1	5	
41	168	59	1	1	5	
42	198	62	1	1	2	Обломки
43	124	51	1	1	2	Обломки

44	112	61	1	1	12	
45	59	66	1	1	2	Обломки
46	117	64	1	2	3	Обломки
47	212	47	1	1	2	Обломки
48	202	21	1	1	5	
49	119	62	1	1	1	
50	124	2	1	1	2	Обломки
51	231	49	1	2	1	
52	105	69	1	1	1	
53	137	62	1	1	5	
54	152	57	1	1	1	
55	137	32	1	1	2	
56	174	73	1	1	2	Обломки
57	126	12	1	1	1	Обломки
58	97	17	1	1	2	Обломки
59	162	68	1	1	2	Обломки
60	64	1	1	1	2	Обломки
61	128	60	1	1	2	Обломки
62	138	63	1	1	2	Обломки
63	184	19	1	1	5	
64	138	76	1	1	5	
65	122	71	1	1	5	
66	65	63	1	1	5	
67	96	82	1	1	2	Обломки
68	108	84	1	1	2	Обломки
69	173	24	1	1	2	Обломки
70	138	73	1	1	2	Обломки
71	142	26	1	1	3	Обломки
72	149	34	1	1	2	Обломки
73	142	67	1	1	1	
74	64	27	1	1	2	Обломки
75	72	36	1	1	1	
76	87	46	1	1	2	Обломки
77	88	56	1	1	2	Обломки
78	92	74	1	1	2	Обломки
79	113	77	1	1	3	Обломки
80	137	66	1	1	2	Обломки
81	292	59	1	1	2	Обломки
82	121	74	1	1	2	Обломки
83	112	72	1	1	2	Обломки
84	117	62	1	2	2	Обломки
85	118	61	1	1	2	Обломки
86	113	38	1	1	2	Обломки
87	115	72	1	1	1	Обломки
88	131	61	1	1	2	Обломки
89	118	54	1	2	2	Обломки

90	15	64	1	1	1	
91	114	71	1	1	2	Обломки
92	116	64	1	1	2	Обломки
93	121	69	1	1	2	Обломки
94	103	78	2	1	2	Обломки
95	115	62	2	1	2	Обломки
96	128	57	2	1	2	Обломки
97	52	31	1	1	1	
98	121	63	1	1	4	Обломки
99	102	87	1	1	4	Обломки
100	332	72	2	1	2	Обломки
101	335	81	1	1	2	Обломки
102	96	51	1	1	2	Обломки
103	143	49	1	1	2	Обломки
104	157	60	2	1	5	
105	107	61	1	2	2	Обломки
106	194	25	1	1	2	Обломки
107	99	79	1	1	2	Обломки
108	159	77	2	1	2	Обломки
109	10	62	1	1	1	
110	105	54	1	1	2	Обломки
111	152	76	2	1	2	Обломки
112	157	61	2	1	1	
113	143	58	2	1	1	
114	161	72	2	1	1	
115	110	70	1	1	5	
116	110	80	1	1	5	
117	110	76	1	1	1	
118	170	66	1	1	5	
119	338	72	1	1	2	
120	212	64	1	1	2	Обломки
121	248	72	1	1	2	Обломки
122	202	16	1	1	3	
123	214	21	1	2	5	
124	232	76	1	1	2	Обломки
125	196	52	1	1	2	Обломки
126	156	58	1	1	2	Обломки
127	178	36	1	1	2	Обломки
128	207	55	1	1	5	
129	224	46	1	1	5	
130	342	79	1	1	5	
131	222	43	1	2	2	Обломки
132	197	48	1	1	1	
133	203	42	1	1	2	
134	273	62	1	1	1	
135	282	63	1	1	1	

136	216	33	1	1	5	
137	273	71	1	1	2	Обломки
138	246	58	1	1	1	
139	212	57	1	1	5	
140	187	28	1	1	5	
141	262	78	1	1	5	
142	203	76	1	1	5	Обломки
143	134	82	1	1	2	Обломки
144	197	67	1	1	2	
145	139	68	1	1	5	
146	172	37	1	2	5	
147	146	55	1	1	5	
148	122	37	1	1	1	
149	82	66	1	1	1	
150	177	63	1	2	5	
151	136	64	1	1	2	Обломки
152	227	61	1	1	5	
153	86	2	1	1	2	Обломки
154	47	52	1	1	1	
155	117	64	1	1	2	Обломки
156	138	62	1	1	2	Обломки
157	173	42	1	1	5	
158	183	76	1	1	1	
159	164	19	1	1	2	Обломки
160	162	65	1	1	5	
161	156	72	1	1	2	Обломки
162	138	57	1	1	5	
163	322	84	1	1	5	
164	108	62	1	1	2	Обломки
165	137	59	1	1	2	Обломки
166	135	12	1	1	2	Обломки
167	174	58	1	1	5	
168	192	53	2	1	2	
169	252	47	2	1	1	
170	152	27	1	1	1	
171	178	63	1	1	2	Обломки
172	125	73	1	1	1	
173	273	87	1	1	2	Обломки
174	172	86	2	1	5	
175	100	82	2	1	5	
176	104	15	1	1	1	
177	10	29	1	1	5	
178	338	34	1	1	5	
179	158	12	1	1	2	Обломки
180	142	63	1	1	5	
181	92	33	2	1	2	Обломки

182	76	52	2	1	2	Обломки
183	153	72	1	1	1	
184	29	46	1	1	2	Обломки
185	148	47	1	1	2	Обломки
186	44	62	1	1	2	Обломки
187	53	54	2	1	1	Обломки
188	103	82	1	1	5	
189	356	58	1	1	2	Обломки
190	64	52	1	1	1	
191	189	80	1	1	1	
192	96	5	1	1	1	
193	335	32	1	1	2	Обломки
194	62	8	1	1	3	Обломки
195	56	68	1	1	1	
196	169	56	2	1	5	
197	139	48	2	1	5	
198	76	78	1	1	2	Обломки
199	286	29	1	1	1	
200	283	72	1	1	1	
201	267	50	1	1	5	
202	122	14	1	1	2	Обломки
203	17	73	1	1	5	
204	132	6	1	1	2	Обломки
205	64	23	1	1	2	Обломки
206	97	82	1	1	1	
207	146	11	1	1	1	
208	93	61	1	1	3	Обломки
209	103	16	1	1	5	
210	126	64	1	1	2	Обломки
211	33	13	1	1	2	Обломки
212	27	8	1	1	2	Обломки
213	78	29	1	1	1	
214	86	17	2	1	1	Обломки
215	77	13	2	1	1	
216	92	67	1	1	2	Обломки
217	56	23	1	2	2	Обломки
218	186	18	1	2	2	Обломки
219	97	18	1	1	5	Обломки
220	97	3	1	1	2	Обломки
221	73	12	1	1	2	Обломки
222	92	26	1	1	2	Обломки
223	58	51	1	1	5	
224	48	22	1	1	1	
225	272	48	2	1	5	
226	261	25	2	1	5	
227	112	36	1	1	2	Обломки

228	118	6	1	1	2	Обломки
229	108	73	1	2	2	Обломки
230	294	64	1	1	1	
231	146	24	1	1	2	Обломки
232	20	58	1	1	2	Обломки
233	147	83	1	2	2	Обломки
234	358	67	1	1	2	Обломки
235	256	68	1	1	2	Обломки
236	68	77	2	2	4	Обломки
237	192	87	2	1	3	Обломки
238	67	79	1	1	2	Обломки
239	28	52	1	2	4	Обломки
240	148	31	1	1	1	
241	8	48	1	1	2	Обломки
242	358	73	1	1	1	
243	228	43	2	1	2	Обломки
244	67	76	1	2	4	Обломки
245	164	46	1	1	2	
246	212	24	2	1	1	
247	351	77	1	1	1	
248	308	14	1	1	1	
249	177	83	1	1	2	
250	156	49	2	1	2	
251	181	61	2	1	1	
252	98	86	1	2	4	Обломки
253	292	30	1	1	1	
254	10	9	1	1	1	
255	1	68	1	2	2	Обломки
256	144	61	2	1	2	Обломки
257	236	47	2	1	1	
258	8	66	2	1	2	Обломки
259	89	68	1	1	2	Обломки
260	162	86	1	1	2	Обломки
261	171	87	1	1	2	Обломки
262	167	64	1	1	2	Обломки
263	171	79	1	1	3	Обломки
264	170	79	1	1	4	
265	180	39	1	1	3	Обломки
266	138	74	1	2	2	Обломки
267	163	21	2	1	1	
268	298	20	2	1	1	
269	185	61	2	1	1	
270	50	52	1	1	1	
271	186	58	2	1	1	
272	138	73	2	1	2	Обломки
273	94	33	1	1	2	Обломки

274	75	84	1	1	3	Обломки
275	258	84	1	1	3	Обломки
276	3	13	1	1	1	
277	88	81	1	1	1	
278	246	47	1	1	2	Обломки
279	274	75	2	2	3	Обломки
280	355	48	1	1	1	
281	10	45	1	1	2	Обломки
282	267	38	2	1	2	Обломки
283	217	40	2	1	2	Обломки
284	92	83	2	1	2	Обломки
285	118	42	2	1	1	
286	273	71	1	2	2	Обломки
287	87	72	1	1	1	
288	86	79	1	1	1	
289	90	76	1	2	3	Обломки
290	46	62	2	1	2	Обломки
291	106	51	1	1	2	Обломки
292	105	81	2	1	2	КПШ
293	132	83	1	1	2	
294	348	81	1	1	3	Обломки,КПШ
295	346	78	2	1	1	
296	240	69	2	1	1	КПШ
297	101	72	1	2	2	Обломки
298	358	63	1	1	3	Обломки
299	110	68	1	1	2	Обломки
300	118	72	1	2	2	Обломки

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.Б.01 ФИЛОСОФИЯ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

форма обучения: **очная, заочная**

год набора: 2021

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Философии и культурологии	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Беляев В.П.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол №1 от 14.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

Общая структура доклада

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

4. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

Структура эссе

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

Тезис - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

Как подготовить и написать эссе?

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

Планирование - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

Цель должна определять действия.

Идеи, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

Аналогии - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений.

Аргументация - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

Суждение - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

Доводы - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

Качество текста складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

Мысль - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

Грамотность отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

Корректность — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

Дискуссия (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

Дискуссия обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Дискуссия- диалог чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

Дискуссия - спор используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

Подготовка студентов к дискуссии: если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

Этап 1-й, введение в дискуссию: формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

Этап 2-й, обсуждение проблемы: обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

Этап 3-й, подведение итогов обсуждения: выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.О.02 ВСЕОБЩАЯ ИСТОРИЯ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Абрамов С. М., к.педаг.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Управления персоналом	Геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 09.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2	Методические указания по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
	Заключение	14
	Список использованных источников	15

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в

качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим метода

2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной

дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения

воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;

- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому
комплексу _____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.О.03 ИСТОРИЯ РОССИИ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

год набора: 2021

Автор: Абрамов С. М., к.педаг.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией факультета
Управления персоналом	Геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав.кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Ветошкина Т.А.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 09.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	4
2	Методические указания по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	10
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	11
	Заключение	14
	Список использованных источников	15

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

Подразумевается несколько категорий видов самостоятельной работы студентов, значительная часть которых нашла отражения в данных методических рекомендациях:

- работа с источниками литературы и официальными документами (*использование библиотечно-информационной системы*);
- выполнение заданий для самостоятельной работы в рамках учебных дисциплин (*рефераты, эссе, домашние задания, решения практико-ориентированных заданий*);

- реализация элементов научно-педагогической практики (*разработка методических материалов, тестов, тематических портфолио*);
- реализация элементов научно-исследовательской практики (*подготовка текстов докладов, участие в исследованиях*).

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентовonline и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

1. Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий

Практико-ориентированные задания - метод анализа ситуаций. Суть его заключается в том, что студентам предлагают осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы. При этом сама проблема не имеет однозначных решений.

Использование метода практико-ориентированного задания как образовательной технологии профессионально-ориентированного обучения представляет собой сложный процесс, плохо поддающийся алгоритмизации[1]. Формально можно выделить следующие этапы:

- ознакомление студентовс текстом;
- анализ практико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оценивание участников дискуссии;
- подведение итогов дискуссии.

Ознакомление студентов с текстом практико-ориентированного задания и последующий анализ практико-ориентированного задания чаще всего осуществляются за несколько дней до его обсуждения и реализуются как самостоятельная работа студентов; при этом время, отводимое на подготовку, определяется видом практико-ориентированного задания, его объемом и сложностью.

Общая схема работы с практико-ориентированное заданием на данном этапе может быть представлена следующим образом: в первую очередь следует выявить ключевые проблемы практико-ориентированного задания и понять, какие именно из представленных данных важны для решения; войти в ситуационный контекст практико-ориентированного задания, определить, кто его главные действующие лица, отобрать факты и понятия,

[1] Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

необходимые для анализа, понять, какие трудности могут возникнуть при решении задачи; следующим этапом является выбор метода исследования.

Знакомство с небольшими практико-ориентированного заданиями и их обсуждение может быть организовано непосредственно на занятиях. Принципиально важным в этом случае является то, чтобы часть теоретического курса, на которой базируется практико-ориентированное задание, была бы прочитана и проработана студентами.

Максимальная польза из работы над практико-ориентированного заданиями будет извлечена в том случае, если аспиранты при предварительном знакомстве с ними будут придерживаться систематического подхода к их анализу, основные шаги которого представлены ниже:

1. Выпишите из соответствующих разделов учебной дисциплины ключевые идеи, для того, чтобы освежить в памяти теоретические концепции и подходы, которые Вам предстоит использовать при анализе практико-ориентированного задания.
2. Бегло прочтите практико-ориентированное задание, чтобы составить о нем общее представление.
3. Внимательно прочтите вопросы к практико-ориентированное задание и убедитесь в том, что Вы хорошо поняли, что Вас просят сделать.
4. Вновь прочтите текст практико-ориентированного задания, внимательно фиксируя все факторы или проблемы, имеющие отношение к поставленным вопросам.
5. Прикиньте, какие идеи и концепции соотносятся с проблемами, которые Вам предлагается рассмотреть при работе с практико-ориентированное заданием.

Организация обсуждения практико-ориентированного задания предполагает формулирование перед студентами вопросов, включение их в дискуссию. Вопросы обычно подготавливают заранее и предлагают студентам вместе с текстом практико-ориентированного задания. При разборе учебной ситуации преподаватель может занимать активную или пассивную позицию, иногда он «дирижирует» разбором, а иногда ограничивается подведением итогов дискуссии.

Организация обсуждения практико-ориентированных заданий обычно основывается на двух методах. Первый из них носит название традиционного Гарвардского метода - открытая дискуссия. Альтернативным методом является метод, связанный с индивидуальным или групповым опросом, в ходе которого аспиранты делают формальную устную оценку ситуации и предлагают анализ представленного практико-ориентированного задания, свои решения и рекомендации, т.е. делают презентацию. Этот метод позволяет некоторым студентам минимизировать их учебные усилия, поскольку каждый аспирант опрашивается один- два раза за занятие. Метод развивает у студентов коммуникативные навыки, учит их четко выражать свои мысли. Однако, этот метод менее динамичен, чем Гарвардский метод. В открытой дискуссии организация и контроль участников более сложен.

Дискуссия занимает центральное место в методе. Ее целесообразно использовать в том случае, когда аспиранты обладают значительной степенью зрелости и самостоятельности мышления, умеют аргументировать, доказывать и обосновывать свою точку зрения. Важнейшей характеристикой дискуссии является уровень ее компетентности, который складывается из компетентности ее участников. Неподготовленность студентов к дискуссии делает ее формальной, превращает в процесс вытаскивания ими информации у преподавателя, а не самостоятельное ее добывание.

Особое место в организации дискуссии при обсуждении и анализе практико-ориентированного задания принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма».

Метод «мозговой атаки» или «мозгового штурма» был предложен в 30-х годах прошлого столетия А. Осборном как групповой метод решения проблем. К концу XX столетия этот метод приобрел особую популярность в практике управления и обучения не только как самостоятельный метод, но и как использование в процессе деятельности с целью усиления ее продуктивности. В процессе обучения «мозговая атака» выступает в

качестве важнейшего средства развития творческой активности студентов. «Мозговая атака» включает в себя три фазы.

Первая фаза представляет собой вхождение в психологическую раскованность, отказ от стереотипности, страха показаться смешным и неудачником; достигается созданием благоприятной психологической обстановки и взаимного доверия, когда идеи теряют авторство, становятся общими. Основная задача этой фазы - успокоиться и расковаться.

Вторая фаза - это собственно атака; задача этой фазы - породить поток, лавину идей. «Мозговая атака» в этой фазе осуществляется по следующим принципам:

- есть идея, - говорю, нет идеи, - не молчу;
- поощряется самое необузданное ассоциирование, чем более дикой покажется идея, тем лучше;
- количество предложенных идей должно быть как можно большим;
- высказанные идеи разрешается заимствовать и как угодно комбинировать, а также видоизменять и улучшать;
- исключается критика, можно высказывать любые мысли без боязни, что их признают плохими, критикующих лишают слова;
- не имеют никакого значения социальные статусы участников; это абсолютная демократия и одновременно авторитаризм сумасшедшей идеи;
- все идеи записываются в протокольный список идей;
- время высказываний - не более 1-2 минут.

Третья фаза представляет собой творческий анализ идей с целью поиска конструктивного решения проблемы по следующим правилам:

- анализировать все идеи без дискриминации какой-либо из них;
- найти место идее в системе и найти систему под идею;
- не умножать сущностей без надобности;
- не должна нарушаться красота и изящество полученного результата;
- должно быть принципиально новое видение;
- ищи «жемчужину в навозе».

В методе мозговая атака применяется при возникновении у группы реальных затруднений в осмыслении ситуации, является средством повышения активности студентов. В этом смысле мозговая атака представляется не как инструмент поиска новых решений, хотя и такая ее роль не исключена, а как своеобразное «подталкивание» к познавательной активности.

Презентация, или представление результатов анализа практико-ориентированного задания, выступает очень важным аспектом метода ***case-study***. Умение публично представить интеллектуальный продукт, хорошо его рекламировать, показать его достоинства и возможные направления эффективного использования, а также выстоять под шквалом критики, является очень ценным интегральным качеством современного специалиста. Презентация оттачивает многие глубинные качества личности: волю, убежденность, целенаправленность, достоинство и т.п.; она вырабатывает навыки публичного общения, формирования своего собственного имиджа.

Публичная (устная) презентация предполагает представление решений практико-ориентированного задания группе, она максимально вырабатывает навыки публичной деятельности и участия в дискуссии. Устная презентация обладает свойством кратковременного воздействия на студентов и, поэтому, трудна для восприятия и запоминания. Степень подготовленности выступающего проявляется в спровоцированной им дискуссии: для этого необязательно делать все заявления очевидными и неопровержимыми. Такая подача материала при анализе практико-ориентированного задания может послужить началом дискуссии. При устной презентации необходимо учитывать эмоциональный настрой выступающего: отношение и эмоции говорящего вносят существенный вклад в сообщение. Одним из преимуществ публичной (устной) презентации является ее гибкость. Оратор может откликаться на изменения окружающей обстановки, адаптировать свой стиль и материал, чувствуя настроение аудитории.

Непубличная презентация менее эффектна, но обучающая роль ее весьма велика. Чаще всего непубличная презентация выступает в виде подготовки отчета по выполнению задания, при этом стимулируются такие качества, как умение подготовить текст, точно и аккуратно составить отчет, не допустить ошибки в расчетах и т.д. Подготовка письменного анализа практико-ориентированного задания аналогична подготовке устного, с той разницей, что письменные отчеты-презентации обычно более структурированы и детализированы. Основное правило письменного анализа практико-ориентированного задания заключается в том, чтобы избегать простого повторения информации из текста, информация должна быть представлена в переработанном виде. Самым важным при этом является собственный анализ представленного материала, его соответствующая интерпретация и сделанные предложения. Письменный отчет - презентация может сдаваться по истечении некоторого времени после устной презентации, что позволяет студентам более тщательно проанализировать всю информацию, полученную в ходе дискуссии.

Как письменная, так и устная презентация результатов анализа практико-ориентированного задания может быть групповая и индивидуальная. Отчет может быть индивидуальным или групповым в зависимости от сложности и объема задания. Индивидуальная презентация формирует ответственность, собранность, волю; групповая - аналитические способности, умение обобщать материал, системно видеть проект.

Оценивание участников дискуссии является важнейшей проблемой обучения посредством метода практико-ориентированного задания. При этом выделяются следующие требования к оцениванию:

- объективность - создание условий, в которых бы максимально точно выявлялись знания обучаемых, предъявление к ним единых требований, справедливое отношение к каждому;
- обоснованность оценок - их аргументация;
- систематичность - важнейший психологический фактор, организующий и дисциплинирующий студентов, формирующий настойчивость и устремленность в достижении цели;
- всесторонность и оптимальность.

Оценивание участников дискуссии предполагает оценивание не столько набора определенных знаний, сколько умения студентов анализировать конкретную ситуацию, принимать решение, логически мыслить.

Следует отметить, что оценивается содержательная активность студента в дискуссии или публичной (устной) презентации, которая включает в себя следующие составляющие:

- выступление, которое характеризует попытку серьезного предварительного
- анализа (правильность предложений, подготовленность,
- аргументированность и т.д.);
- обращение внимания на определенный круг вопросов, которые требуют углубленного обсуждения;
- владение категориальным аппаратом, стремление давать определения, выявлять содержание понятий;
- демонстрация умения логически мыслить, если точки зрения, высказанные раньше, подытоживаются и приводят к логическим выводам;
- предложение альтернатив, которые раньше оставались без внимания;
- предложение определенного плана действий или плана воплощения решения;
- определение существенных элементов, которые должны учитываться при анализе практико-ориентированного задания;
- заметное участие в обработке количественных данных, проведении расчетов;
- подведение итогов обсуждения.

При оценивании анализа практико-ориентированного задания, данного студентами при непубличной (письменной) презентации учитывается:

- формулировка и анализ большинства проблем, имеющихся в практико-ориентированное задание;
- формулировка собственных выводов на основании информации о практико-ориентированное задание, которые отличаются от выводов других студентов;
- демонстрация адекватных аналитических методов для обработки информации;
- соответствие приведенных в итоге анализа аргументов ранее выявленным проблемам, сделанным выводам, оценкам и использованным аналитическим метода

2. Методические указанияпо подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

В соответствии с технологической картой письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента по данной дисциплине. При подготовке к письменному опросу студент должен внимательно изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются дляосвещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии[2].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубинаответа.
3. Сознательность ответа(учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложенияматериала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[3].

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. В среднем, подготовка к устному опросу по одному семинарскому занятию занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

На практических занятиях необходимо стремиться к самостоятельному решению задач, находя для этого более эффективные методы. При этом студентам надо приучить себя доводить решения задач до конечного «идеального» ответа. Это очень важно для будущих специалистов. Практические занятия вырабатывают навыки самостоятельной творческой работы, развивают мыслительные способности.

Практическое занятие – активная форма учебного процесса, дополняющая теоретический курс или лекционную часть учебной дисциплины и призванная помощь обучающимся освоиться в «пространстве» (тематике) дисциплины, самостоятельно прооперировать теоретическими знаниями на конкретном учебном материале.

Продолжительность одного практического занятия – от 2 до 4 академических часов. Общая доля практических занятий в учебном времени на дисциплину – от 10 до 20 процентов (при условии, что все активные формы займут в учебном времени на дисциплину от 40 до 60 процентов).

Для практического занятия в качестве темы выбирается обычно такая учебная задача, которая предполагает не существенные эвристические и аналитические напряжения и продвижения, а потребность обучающегося «потрогать» материал, опознать в конкретном то общее, о чем говорилось в лекции. Например, при рассмотрении вопросов оплаты труда, мотивации труда и проблем безработицы в России имеет смысл провести практические занятия со следующими сюжетами заданий: «Расчет заработной платы работников предприятия». «Разработка механизма мотивации труда на предприятии N». «В чем причины и особенности безработицы в России?». Последняя тема предполагает уже некоторую аналитическую составляющую. Основная задача первой из этих тем - самим посчитать заработную плату для различных групп работников на примере заданных параметров для конкретного предприятия, т. е. сделать расчеты «как на практике»; второй – дать собственный вариант мотивационной политики для предприятия, учитывая особенности данного объекта, отрасли и т.д.; третьей – опираясь на теоретические знания в области проблем занятости и безработицы, а также статистические материалы, сделать

[3]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

авторские выводы о видах безработицы, характерных для России, и их причинах, а также предложить меры по минимизации безработицы.

Перед проведением занятия должен быть подготовлен специальный материал – тот объект, которым обучающиеся станут оперировать, активизируя свои теоретические (общие) знания и тем самым, приобретая навыки выработки уверенных суждений и осуществления конкретных действий.

Дополнительный материал для практического занятия лучше получить у преподавателя заранее, чтобы у студентов была возможность просмотреть его и подготовить вопросы.

Условия должны быть такими, чтобы каждый мог работать самостоятельно от начала до конца. В аудитории должны быть «под рукой» необходимые справочники и тексты законов и нормативных актов по тематике занятия. Чтобы сделать практическое занятие максимально эффективным, надо заранее подготовить и изучить материал по наиболее интересным и практически важным темам.

Особенности практического занятия с использованием компьютера

Для того чтобы повысить эффективность проведения практического занятия, может использоваться компьютер по следующим направлениям:

- поиск информации в Интернете по поставленной проблеме: в этом случае преподаватель представляет обучающимся перечень рекомендуемых для посещения Интернет-сайтов;
- использование прикладных обучающих программ;
- выполнение заданий с использованием обучающимися заранее установленных преподавателем программ;
- использование программного обеспечения при проведении занятий, связанных с моделированием социально-экономических процессов.

4.Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой дискуссию в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной

дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия (от доски смелом до самых современных технических средств), демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Во время лекций, связанных с темой семинарского занятия, следует обращать внимание на то, что необходимо дополнительно изучить при подготовке к семинару (новые официальные документы, статьи в периодических журналах, вновь вышедшие монографии и т.д.).

5.Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения

воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины, Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальным сон. Подготовка к экзамену не должна идти в ущерб сну, иначе в день экзамена не будет чувства свежести и бодрости, необходимых для хороших ответов. Вечер накануне экзамена рекомендуем закончить небольшой прогулкой.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;

- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандес М. П. Немецкий язык. Переводческое реферирование: практикум. М.: КДУ, 2008. – 368с.

2. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально -ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

3. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

4. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности: Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

5. Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа:http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.04 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрены на заседании кафедры

Иностранных языков и деловой коммуникации

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 22.09.2020

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020

(Дата)

Екатеринбург

Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой ГПР МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….…….....3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..4
Содержание контрольной работы…….....4
Выполнение работы над ошибками……...…8
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа ……..…10

Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: повышение исходного уровня владения иностранным языком, достигнутого на предыдущей ступени образования, и достижение уровня иноязычной коммуникативной компетенции достаточного для общения в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах, а также для дальнейшего самообразования.

Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины:

общекультурные:

- способностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-6);

общепрофессиональные:

- готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-2).

Для достижения указанной цели необходимо (задачи курса):

- владение иностранным языком как средством коммуникации в социально-бытовой, культурной и профессиональной сферах;
- развитие когнитивных и исследовательских умений с использованием ресурсов на иностранном языке;
- развитие информационной культуры;
- расширение кругозора и повышение общей гуманитарной культуры студентов;
- воспитание толерантности и уважения к духовным ценностям разных стран и народов.

Методические указания по выполнению контрольной работы предназначены для студентов очной и заочной формы обучения, обучающихся по специальности *21.05.02 Прикладная геология.*

Письменная контрольная работа является обязательной формой *промежуточной аттестации.* Она отражает степень освоения студентом учебного материала по дисциплине Б1.Б.1.03 Иностранный язык. А именно, в результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

- особенности фонетического строя иностранного языка;
- лексические единицы социально-бытовой и академической тематики, основы терминосистемы соответствующего направления подготовки;
- основные правила грамматической системы иностранного языка;
- особенности построения устных высказываний и письменных текстов разных стилей речи;
- правила речевого этикета в соответствии с ситуациями межличностного и межкультурного общения в социально-бытовой, академической и деловой сферах;
- основную страноведческую информацию о странах изучаемого языка;
- лексико-грамматические явления иностранного языка профессиональной сферы для решения задач профессиональной деятельности;

Уметь:

- вести диалог/полилог и строить монологическое высказывание в пределах изученных тем;
- понимать на слух иноязычные тексты монологического и диалогического характера с различной степенью понимания в зависимости от коммуникативной задачи;
- читать аутентичные тексты прагматического, публицистического, художественного и научного характера с целью получения значимой информации;
- передавать основное содержание прослушанного/прочитанного текста;

- записывать тезисы устного сообщения, писать эссе по изученной тематике, составлять аннотации текстов, вести личную и деловую переписку;

- использовать компенсаторные умения в процессе общения на иностранном языке;

- пользоваться иностранным языком в устной и письменной формах, как средством профессионального общения;

Владеть:

- основными приёмами организации самостоятельной работы с языковым материалом с использованием учебной и справочной литературы, электронных ресурсов;

- навыками выполнения проектных заданий на иностранном языке в соответствии с уровнем языковой подготовки;

- умением применять полученные знания иностранного языка в своей будущей профессиональной деятельности.

Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «Иностранный язык (английский)» представлено три варианта контрольной работы.

Номер варианта контрольной работы определяется для студентов в соответствии с начальными буквами их фамилий в алфавитном порядке. Например, студенты, у которых фамилии начинаются с букв А, выполняют контрольную работу № 1 и т.д. (см. таблицу №1).

Таблица №1

начальная буква фамилии студента	***№ варианта контрольной работы***
А, Г, Ж, К, Н, Р, У, Ц, Щ	№1
Б, Д, З, Л, О, С, Ф, Ч, Э, Я	№2
В, Е, И, М, П, Т, Х, Ш, Ю	№3

Содержание контрольной работы

Контрольная работа проводится по теме *1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)* и *теме 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)* и направлена на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Контрольная работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №2:

Таблица №2

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435
Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Вариант №1

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Michael _____ everyone he meets because he is very sociable and easygoing. He has five brothers and two sisters, so that probably helped him learn how to deal with people.

A. gets divorced; **B. gets along well with;** C. gets married;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Заполните пропуски местоимениями some, any, no или их производными.

Пример: A: Is ***anything*** the matter with Dawn? She looks upset.

B: She had an argument with her friend today.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «неопределённые местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски личными местоимениями (I, we, you, he, she, it, they, me, us, him, her, them).

Пример: My teacher is very nice. I like … . – I like **him**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «личные и притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках, обращая при этом внимание на использованные в предложениях маркеры.

Пример: Every morning George **eats** (to eat) cereals, and his wife only **drinks** (to drink) a cup of coffee.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Paul was tired when he got home. – ***Was Paul tired when he got home? Yes, he was.***

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант №2

Задание 1. Заполните пропуск, выбрав один вариант ответа.

Пример: A British university year is divided into three _____.

1) conferences; 2) sessions; **3) terms**; 4) periods;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках заданных тем.

Задание 2. Выберите правильную форму глагола.

Пример: A: I have a Physics exam tomorrow.
B: Oh dear. Physics **is**/are a very difficult subject.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя существительное, функции и спряжение глаголов to be и to have».

Задание 3. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Continuous, Past Continuous или Future Continuous.

Пример: I **shall be studying** (study) Japanese online from 5 till 6 tomorrow evening.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 4. Составьте вопросы к словам, выделенным жирным шрифтом.

Пример: **The Petersons** have bought a dog. – *Who has bought a dog?*
The Petersons have bought **a dog. –** *What have the Petersons bought?*

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Задание 5. Подчеркните правильный вариант ответа.

Пример: A: You haven't seen my bag anywhere, haven't you/**have you**?
B: No. You didn't leave it in the car, **did you**/didn't you?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

Контрольная работа
Вариант № 3

Задание 1. Заполните пропуски, выбрав один вариант ответа.

Пример: The University accepts around 2000 new ____ every year.

1) students; 2) teachers; 3) pupils; 4) groups;

Задание 1 направлено на проверку сформированности лексического навыка в рамках

заданных тем.

Задание 2. Поставьте в предложения подходящие по смыслу фразы:

as red as a beet (свекла), as slow as a turtle, as sweet as honey, as busy as a bee, as clumsy as a bear (неуклюжий), as black as coal, as cold as ice, as slippery as an eel (изворотливый как угорь), as free as a bird, as smooth as silk (гладкий)

Пример: Your friend is so unemotional, he is **as cold as ice**.

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «имя прилагательное и наречие».

Задание 3. Переведите следующие предложения на английский язык.

Пример: Это самая ценная картина в Русском музее. **This is the most valuable picture in Russian Museum.**

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «степени сравнения имени прилагательного и наречий».

Задание 4. Раскройте скобки, употребив глагол в форме Present Perfect, Past Perfect или Future Perfect.

Пример: Sam **has lost** (lose) his keys. So he can't open the door.

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «образование видовременных форм глагола в активном залоге».

Задание 5. Задайте вопросы к предложениям.

Пример: There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which *book is Sue's*?' 'The one on the table.'

b) 'Whose *book is on the table*?' 'Sue's.'

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «порядок слов в вопросительном предложении».

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях, выбрав один ответ.

Пример: Mein Bruder ... Arzt geworden

A. hat; **B. ist**; C. wird;

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Пассивный залог».

Задание 2. Вставьте подходящее вопросительное слово.

Пример: **Was** machen Sie am Wochenende?

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные местоимения».

Задание 3. Заполните пропуски возвратными местоимениями в нужной форме.

Пример: Wo wohnen d**eine** Eltern?

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Притяжательные местоимения».

Задание 4. Поставьте в правильную форму глагол, представленный в скобках.

Пример: **Kannst** du mir bitte die Marmelade geben? (können)

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Модальные глаголы».

Задание 5. Составьте вопросительные предложения и дайте краткие ответы на них.

Пример: Sie wohnen in Berlin.

Ответ: Wo wohnen Sie? Wer wohnt in Berlin?

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Вопросительные предложения».

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

Задание 1. Заполните пропуски в предложениях следующими предлогами: de, à, chez, dans, pour, depuis. vers, avec, devant. en.

Пример: **Monsieur Dupont est en mission**.

Задание 1 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Предлоги».

Задание 2. Заполните пропуски, ***выберите правильно указательное прилагательное:***

Пример: **Peux-tu me passer ces dictionnaires?**

Задание 2 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Указательные прилагательные».

Задание 3. Поставьте нужный артикль или предлог там, где это необходимо:

Пример: **C'est la salle des études**.

Задание 3 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Употребление слитного артикля».

Задание 4. Выберите правильную форму глагола:

Пример: **Tous les matins, il s'est levé à 7 heures depuis un an.**

Задание 4 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Спряжение глаголов 1,2,3 группы в Présent».

Задание 5. Ответьте на следующие вопросы:

Пример: **Où passez-vous vos vacances d'été? - Je les passe en Crimée.**

Задание 5 направлено на проверку сформированности грамматического навыка по теме «Личные местоимения le, la, les».

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Работа с оценкой «неудовлетворительно» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 1 балл. Максимум 44 балла.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»:

40-44 балла (90-100%) - оценка «отлично»;

31-39 балла (70-89%) - оценка «хорошо»;

22-30 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-21 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра иностранных языков и деловой коммуникации

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 3:
Геология нефти и газа

формы обучения: очная

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа ГН-19

Преподаватель: Петров Петр Петрович,
к.т.н, доцент

Екатеринбург
2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ Сторов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Б1.О.04 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация №1

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Иностранных языков и деловой коммуникации	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Юсупова Л. Г.	д.г-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 22.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)……..... 3
1.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 3
1.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 5
1.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 6

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование) ……..... 35
2.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 35
2.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 36
2.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 38

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир) ……..... 53
3.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 53
3.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 54
3.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 58

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность) ……..... 74
4.1 Лексические единицы, необходимые для освоения темы ……..... 74
4.2 Устные темы для развития коммуникативной компетенции ……..... 82
4.3 Систематизация грамматического материала: теория и упражнения ……... 82

ТЕМА 1. Бытовая сфера общения (Я и моя семья)

Тематика общения:

1. Я и моя семья.
2. Дом, жилищные условия.
3. Мой рабочий день.
4. Досуг и развлечения.

Проблематика общения:

1. Взаимоотношения в семье, семейные традиции.
2. Устройство квартиры/загородного дома.
3. Рабочий день студента.
4. Досуг в будние и выходные дни, активный и пассивный отдых.

1.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister
однояйцевые близнецы identical twins
тройняшки triplets
бабушка и дедушка grandparents
бабушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
внучка granddaughter
внук grandson
прабабушка great-grandmother
прадедушка great-grandfather
прабабушка и прадедушка great-grandparents
правнуки great-grandchildren
тётя aunt
дядя uncle
крестный (отец) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приемный отец stepfather
мачеха, приемная мать stepmother
сводный брат stepbrother
сводная сестра stepsister
брат по одному из родителей half-brother
сестра по одному из родителей half-sister

приемный, усыновленный сын adopted son
приемная, удочеренная дочь adopted daughter
приемный ребенок adopted child
патронатная семья, приемная семья foster family
приемный отец foster father
приемная мать foster mother
приемные родители foster parents
приемный сын foster son
приемная дочь foster daughter
приемный ребенок foster child
неполная семья (с одним родителем) single-parent family
родня the kin, the folks
племянница niece
племянник nephew
двоюродный брат cousin (male)
двоюродная сестра cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина) first cousin
троюродный брат (сестра) second cousin
четвероюродный брат (сестра) third cousin
родня со стороны мужа или жены in-laws
свекровь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
невестка, сноха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь brother-in-law
свояченица, золовка, невестка sister-in-law
семейное положение marital status
холостой, неженатый, незамужняя single
женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

1.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV

programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

My flat

I live in Ekaterinburg in a sixteen-storied dwelling house in the center of the city.
Five years ago our old wooden house was pulled down & we moved here into three-room flat with all modern conveniences.

Now we have running water, gas, electricity, central heating & a refuse chute. We live on the top floor & from the balcony we have a good view of the park. Besides we needn't mount the staircase because there is a lift to take us up.

The entrance hall is rather small. There is a hallstand & a mirror-stand there.

The sitting-room is a spacious simply furnished room. The floor spacious is about 15 square meters. It is not overcrowded with furniture. Everything fits in well. Nothing is out of place here. Next to the window there is a sofa with a stand – lamp. The bookcase in the corner of the room is full of books. On the left there are two comfortable arm-chairs opposite the TV-set & leaf – table.

In the bedroom we have dark brown suite of furniture of the latest model & thick carpet. Near the wall there is a divan-bed. In the built-in-wardrobe we keep our clothes & bed linen.
The adjoining room is the children's room. The bright pattern of the curtains & of wall paper makes the room look gay. There is a writing desk with a desk lamp, a small sofa & a lot of toys there.

In the kitchen there is a fridge, a cupboard, a kitchen table & a gas-stove. Over the sink there is a plate-rack. All kitchen utensils are close at hand.

In the corridor there is a built-in-closet, where we keep our vacuum-cleaner, electric iron & other household objects.

In the bathroom there is a bath-tub & a shower, a towel-rack & a wash-basin with a shelf above it. There tooth-brushes, a cake of soap & some shaving articles on it. Near the bath-room there is a lavatory.

There is nothing special about our flat, no rich decorations but we are accustomed to it & cannot compare it to the old one.

1.3 Систематизация грамматического материала:

1. Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях. Порядок слов в вопросительном предложении. Безличные предложения.
2. Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные).
3. Имя существительное. Артикли (определенный, неопределенный, нулевой).
4. Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*. Оборот *there+be*.
5. Имя прилагательное и наречие. Степени сравнения. Сравнительные конструкции.
6. Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат).

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	II	III Дополнение	IV

					Обстоятельство
Подлежащее	**Сказуемое**	**Косвенное без предлога**	**Прямое**	**Косвенное с предлогом**	
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.

Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?

Примеры с модальными глаголами:

She can drive a car. – Она умеет водить машину.

Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.

Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?

Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not

Например: Are you a student? - Ты студент?

Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.

Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.

Специальные вопросы могут начинаться словами:

who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?

when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?

how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?

how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:

What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: "Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?", например:

What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:
You speak French, don’t you? You are looking for something, aren’t you? Pete works at a plant, doesn’t he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:
It is not very warm today, is it? John doesn’t live in London, does he?

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Write questions and answers for the following statements, as in the example.

1 Paul was tired when he got home.
…Was Paul tired when he got home? Yes, he was…
2 They live in London.
3 She can't play the piano.
4 The film starts at nine o'clock.
5 You had an English lesson last night.
6 She has got blue eyes.
7 We didn't want to go to the beach.
8 He should follow the doctor's advice.

2. Write the short form of the following negative questions

1 Can they not decide where to go on holiday?

…Can't they decide where to go on holiday?...

2 Did Claire not invite you to her party?

3 Do you not enjoy watching horror films?

4 Have you not finished your homework yet?

5 Can she not go to town on her own?

6 Does he not know where we live?

7 Has Sue not done the shopping for you?

8 Did he not give you any details?

3. Fill in the gaps with the correct question word(s).

A: Now for the general knowledge part of the quiz.

1) ...*What*... is the capital of Egypt?

B: Cairo.

A: That's correct. 2) … can you see the Mona Lisa?

B: In the Louvre, in Paris.

A: Well done, that's right. 3) … wrote 'Romeo and Juliet'?

B: Charles Dickens.

A: No, that's incorrect. It was Shakespeare. 4) … are the Olympic Games held?

B: Every four years.

A: Correct. 5) … did the Second World War begin?

B: I think it was in 1939.

A: Yes, you're right. And the final question in this round is: 6) … players are there in a hockey team?

B: Eleven.

A: Correct. Well, at the end of that round, Contestant 2 has the most points, so he goes through to the final round to play for our star prize.

4. Fill in who, whose, what, which, where, when, how long, how often, what time, why, how much or how many.

is your jacket?' 'It's the red one.'

1. '…*Which*… is your jacket?' 'It's the red one.'
2. '…is your birthday?' 'It's next week.'
3. '… is Mary?' 'She's in her bedroom.'
4. '… have you been waiting?' Only five minutes.'
5. '… do you go shopping?' Once a week.'
6. '… are you doing at the moment?' I'm watching TV.'
7. ' … are you writing to?' 'Uncle Tom.'
8. '…do you start work?' At nine o'clock in the morning.'
9. '… pieces of toast do you want?' Two, please.'
10. '… isn't she at work today?' Because she's ill.'
11. '… did you spend last month?' About £500.'
12. ' … party are you going tonight?' 'Alison's'

5. Fill in the gaps with what, which or how.

1 A: ...*What*... do you want to do when you leave school?
B: I'm not really sure. I'd like to be a vet.

2 A: … bag do you prefer - the black one or the brown one?
B: I like the black one best.

3 A: … old are you?
B: It was my birthday last week. Now I'm fifteen.

4 A: … did you get my telephone number?
B: I looked in the staff address book.

5 A: … shall we do on Saturday?
B: Let's just stay at home and watch a video.

6 A: … house did you prefer — the one we saw first or second?
B: I didn't like either. We'll have to keep looking.
7 A: … many pairs of shoes did you buy last year?
B: Only two. One in the summer and one in the winter.
8 A: … is your favourite food?
B: Roast chicken.

6. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 **The tiger** is the largest member of the cat family.
…Which is the largest member of the cat family?...
2 A mature male tiger weighs **between 160 and 230 kg**.
3 Tigers are usually **orange with black stripes**.
4 Tigers live **in Russia, China, India and South-East Asia.**
5 **The Javan tiger, the Bali tiger and the Caspian tiger** are extinct.
6 Tigers eat **a variety of smaller animals, including deer.**
7 Tigers can produce young **at any time of year.**
8 Tigers usually have **two or three** cubs at a time.
9 Tigers live **for an average of eleven years.**
10 Tigers are hunted **for sport or for their fur**.

7. Write questions to which the words in bold are the answers.

Claudette is **32 years old**. She lives **in Paris, France**, and has lived there **since she was 5 years old.** Claudette works as **a lawyer** for a successful law firm, and she travels to work **by car** every day. Claudette is married. Her husband's name is **Jean**. They have **two** dogs. She loves **to take the dogs for long walks** every evening **after work.** Claudette has several hobbies, such as **reading and playing the piano**, but her **favourite hobby is cooking**. Jean thinks this is good, too, **because he gets to eat the wonderful meals she makes.**

8. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 **The Petersons** have bought a dog.
…Who has bought a dog?...
2 The Petersons have bought **a dog.**
…What have the Petersons bought?...
3 Rachel is writing **a letter**.
4 **Rachel** is writing a letter.
5 **Brian** likes this car.
6 Brian likes **this car**.
7 Dad broke **the window**.
8 **Dad** broke the window.
9 **Mother** will make a birthday cake.
10 Mother will make **a birthday cake**.
11 **Robin** is going to bake some biscuits.
12 Robin is going to bake **some biscuits**.

9. Write questions to which the words in bold are the answers.

1 Wendy doesn't agree with **her friend's decision**.
…What doesn't Wendy agree with?...
2 James is listening to **some old records**.
3 Sharon is waiting for **the bus**.
4 The boys were talking about **football**.
5 She has got a letter from **her pen-friend**.
6 Martin is thinking about **his holiday**.
7 This jacket belongs to **Stacey.**
8 Pauline was married to **Nigel.**

10. Complete the questions.

1 There are two books. The one on the table is Sue's.

a) 'Which …*book is Sue's*...?' 'The one on the table.'
b) 'Whose …*book is on the table*…?' 'Sue's.'
2 Steven wrote four letters.
a) 'Who … ?' 'Steven.'
b) 'How many … ?' 'Four.'
3 Teresa is going to wash the car.
a) 'Who … ?' Teresa.'
b) 'What … ?' 'The car.'
4 Kate visited John in hospital yesterday.
a) 'Who … ?' 'Kate.'
b) 'Who … ?' 'John.'
5 David has taken Frank's new CD.
a) 'Whose …?' 'Frank's.'
b) 'Who …?' 'David.'
6 Alice is going to the cinema tonight.
a) 'Who …?' 'Alice.'
b) 'Where …?'The cinema.'

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные
6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему

she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас
they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы - основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* - **It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) - **It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some **something –** *что-то, что-нибудь*

any	**anything -** *что-то, что-нибудь*
thing	
no	**nothing -** *ничего, ничто*
every	**everything -** *все*
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any	**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
body/one	
no	**nobody / no one -** *никого, никто*
every	**everybody /everyone –** *все, каждый*
Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*	

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere -** *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere -** *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.	
many girls - *много девочек* **many boys -** *много мальчиков* **many books -** *много книжек*	**much snow -** *много снега* **much money -** *много денег* **much time -** *много времени*
How many? } **сколько?** **How much?** } **сколько?**	**How many girls? -** *Сколько девочек?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?* **How much sugar? -** *Сколько сахара?*
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного.	girls – много девочек **a lot of** sugar - много сахара
Сравните: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.* He writes **a lot.** *Он много пишет.*	
<u>В утвердительных</u> предложениях используйте **a lot of.** <u>В отрицательных</u> и в вопросительных **many/much,** **Сравните:** (+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*. (-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?* Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":** Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little

С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls** - мало девочек **few boys** - мало мальчиков	**little time** - мало времени **little money** - мало денег **little snow** - мало снега
little } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** } **немного (т.е. пока хватает)**

few	a few

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	Возвратное местоимение	Пример	Перевод
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	Примеры	Перевод
определяет неисчисляемые существительные	He spent **all his** time fishing on the lake**.**	Он провел все свое время, ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples. Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English. Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I’ve got 2 cakes. Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	**You’ve got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч.

			(Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)
the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

Выполните упражнения на закрепление материала:

. Fill in the gaps with the correct subject or object pronoun.

1 A: Do your brothers play football?
B: Yes, ...*they*... play … all the time … think …'s a brilliant game.
2 A: Does Susan eat chocolate?
B: Yes … eats … all the time … says …'s her favourite food.
3 A: Do your parents know Mr. Jones?
B: Yes, … know … very well … lives next door to … .
4 A: Does Claire like David?
B: No, … doesn't like … very much. … says …'s too noisy.
5 A: Do you listen to rock music?
B: Yes, … listen to … all the time. … think …'s fantastic.
6 A: Does Tony enjoy fishing?
B: Oh, yes … enjoys … very much. .... says … relaxes him.

2. Fill in the gaps with there or it.

1 By the time I got home, ...*it*… was nearly ten o'clock.
2 'Is … your birthday today?" No, … was last week.'
3 Come here, Simon … is someone here to see you. I think … is your friend, Rod.
4 … wasn't warm enough to go to the beach, so we went to the cinema.
5 … wasn't very much money left after I had paid for the shopping.

3. Fill in the gaps with one or it.

1 A: I need a loaf of bread.
B: I'll buy ...*one*... this afternoon.
2 A: Is the phone ringing?
B: I can't hear … .
3 A: 'Titanic' is an amazing film.
B: I know. I've seen … twice.
4 A: When was the last time you read a book?
B: I haven't read … for months.

5 A: Have you got a car?
B: No. I can't afford … .
6 A: Do you like the new Rolling Stones CD?
B: I haven't heard … yet.
7 A: I need a dress for the party.
B: I'll lend you … .

4. Fill in the correct possessive adjective or pronoun.

1 A: Have you met ...*your*... new neighbours yet?
B: No. I've seen … children in the garden, though.
2 A: You took … coat home last night.
B: I know, I'm sorry. I thought it was … because they're both black.
3 A: What's wrong with Rosie?
B: Oh, she's been having problems with … back recently.
4 A: James is doing well at school.
B: I know … teacher says he's very advanced for his age.
5 A: Is this bag … ?
B: Oh, yes, thank you. I nearly forgot it.
6 A: Julie and Frank are so lucky … house is beautiful.
B: Yes, and it's so much bigger than … I envy them.
7 A: I like … shirt. It's like Sandra's.
B: Actually, it is … I borrowed it from her yesterday.
8 A: Why did you lend Tom … car?
B: Because … is being repaired at the moment.

5. Fill in its or it's.

1 The car is nice to drive, but I don't like ...its... colour.
2 This town is wonderful … got lots of shops!
3 I'm staying at home today because … cold outside.
4 Let's go in here … my favourite restaurant.
5 A bird has built … nest in our garden.
6 The company I work for has changed … name.

6. Fill in a possessive adjective or the.

1 A dog bit him on ...*the*... leg.
2 I banged … head on the cupboard door.
3 Karen put … arm around Jane's shoulder.
4 Don't put … feet on the tablel
5 You shouldn't have punched Tom in … stomach.
6 Paul patted Lisa on … shoulder.

7. Fill in the gaps with of where necessary, and my, your, etc. own.

1 John doesn't live with his parents any more. He's got a flat ...*of his own*...
2 She doesn't travel by bus any more because she's got … car.
3 I don't need to borrow your umbrella. I've got one … .
4 Haven't you got … pen? You're always borrowing mine.
5 My job includes doing research in … time.
6 Sam is tired of using his friend's computer, so he is going to buy one… .
7 The couple moved into … house after they got married.
8 Don't let the dog sleep on your bed. It's got a bed … .

8. Connect the nouns using -'s, -' or ...of…

1 car/Helen ...*Helen's car*…
2 the manager/the restaurant
3 shoes/women
4 the results/the test
5 bicycles/my daughters

6 secretary/the assistant manager
7 the corner/the room
8 house/their parents
9 the back/the classroom
10 shoes/William
11 walk/an hour
12 partner/Jim
13 Rome/the streets
14 UN/headquarters

9. Rewrite the sentences using the correct possessive form.

1 Nobody went to **the meeting last week**.

...Nobody went to last week's meeting....

2 The **drive** to the airport takes **two hours**.
3 They will get their exam results **six weeks from now**.
4 I look after **James - Karen — children**.
5 I received the letter in **the post - yesterday**.
6 It's autumn. **The tree - the leaves** are falling off.
7 Graham never listens to **his doctor - the advice.**
8 Are you going to **Jane - Paula - the party**?
9 He has never done a hard **day of work** in his life.
10 At the moment I'm staying with **a friend - my**.
11 I think I'll order **the special of today**.
12 The man knocked on **the house - the door**.
13 The ticket inspector looked at **the people – the tickets.**
14 **Mrs Jones - Miss Smith - cars** are being serviced.
15 **The sales target this month** is two million pounds.

10. Fill in the gaps with the correct reflexive pronoun.

1 The girl has hurt … *herself*… .
2 He put the fire out by …
3 She is looking at … in the mirror.
4 They are serving …
5 He cooked the food by …
6 They bought this house for …
7 They are enjoying …
8 He introduced …

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики

2) согласная + y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):
This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It’s a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case

Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**’s**	**bird’s house** **child’s ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**’s**	**children’s bail** **women’s rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**’**	**girls’ toy** **birds’ house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother’s book - мамина книга,

this girl’s bail - мячик девочки,

the bird’s house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Fill in the gaps with an appropriate noun + of to indicate quantity.

1 a ... carton/glass/jug of ... orange juice
2 a … cheese
3 a … bread
4 a … coffee
5 a … water
6 a … wine
7 a … chocolate
8 a … crisps
9 a … honey
10 a … meat
11 a … spaghetti
12 a … flour

2. Fill the gaps with a, an, or some where necessary.

1 a) We had ...some... delicious food last night,
b) We had ...a... delicious meal last night.
2 a) There is … beautiful furniture in that shop,
b) There is … beautiful table in that shop.
3 a) I'm thirsty. I need … drink.
b) I'm thirsty. I need … water.
4 a) She's just bought … expensive clothes.
b) She's just bought … expensive dress.
5 a) They booked … room in advance.
b) They booked … accommodation in advance
6 a) The band played … lovely song.
b) The band played … lovely music.
7 a) We had … heatwave last week.
b) We had … hot weather last week.
8 a) I can't do this job alone. I need … assistant
b) I can't do this job alone. I need … help.
9 a) He has got … heavy luggage to carry.
b) He has got … heavy suitcase to carry.
10 a) I need … cutlery to eat this food with.
b) I need … knife and fork to eat this food with.
11 a) She has got … important job to do.
b) She has got … important work to do.
12 a) He found … coin on the ground.
b) He found … money on the ground.

3. Complete the sentences using the noun in brackets in the singular or plural form and a/an where necessary.

1. He gave me a box' of my favourite ...chocolates.... (chocolate)
2. His favourite food is … . (chocolate)
3. She bought … on her way to work. (paper)
4. He placed all the important … in his briefcase. (paper)
5. I need some … to write this message on. (paper)
6. Hurry up! We don't have much …. (time)
7. She has visited us several … this month. (time)
8. He has no … but he is keen to learn. (experience)
9. She had a lot of exciting … during her travels. (experience)
10. We went far a walk in the … after lunch. (wood)
11. His desk is made of ……. . (wood)
12. Jane is in her… reading a book. (room)
13. We have got plenty of … for a party in here. (room)
14. I am going to have my … cut tomorrow. (hair)
15. There was …in my soup. (hair)
16. I'm thirsty. I need … of water. (glass)
17. Susan only wears her … when she reads. (glass)
18. This ornament is made of coloured …. . (glass)
19. Helen bought … in the sale at the electrical store. (iron)
20. The old gate was made of … .(iron)

4. Cross out the expressions which cannot be used with the nouns, as in the example.

1 There are **several, many, <u>much,</u> plenty of, <u>too little</u>** things you can do to help.
2 He has met **a couple of, a few, very little, plenty of, too much** interesting people.
3 She earns **few, hardly any, plenty of, several, a great deal** of money.
4 We have got **no, many, lots of, a great deal of, a few** work to do.
5 Don't worry, there's **a little, plenty of, a couple of, many, a lot of** time.
6 **Both, Several, A large quantity of, Plenty of, Too much** students applied for the course.
7 He's got **no, hardly any, a little, some, a small amount of** qualifications.
8 She's got **hardly any, several, a little, a few, a lot of** experience in dealing with customers.
9 There is **too much, a lot of, hardly any, few, several** salt in this soup.
10 There is **a little, many, too much, a great number of, some** traffic on the roads today.

5. Underline the correct word.

1 A: I have a Physics exam tomorrow.
B: Oh dear. Physics **<u>is</u>/are** a very difficult subject.
2 A: My office is three miles from my house.
B: Three miles **is/are** a long way to walk to work.
3 A: My little brother has got measles.
B: Oh dear. Measles **is/are** quite a serious illness.
4 A: Jane looked nice today, didn't she?
B: Yes. Her clothes **were/was** very smart.
5 A: I've got two pounds. I'm going to buy a CD.
B: Two pounds **is/are** not enough to buy a CD.
6 A: The classroom was empty when I walked past.
B: Yes. The class **was/were** all on a school outing.
7 A: Have you just cleaned the stairs?
B: Yes, so be careful. They **is/are** very slippery.
8 A: Did you ask John to fix your car?
B: Yes. His advice **was/were** that I take it to a garage.

9 A: Did you enjoy your holiday?
B: Yes, thank you. The weather **was/were** wonderful.
10 A: These trousers **is/are** very old.
B: You should buy a new pair.
11 A: How **is/are** the company doing lately?
B: Great. We opened up two more branches.
12 A:' I am going to travel for two years when I finish school.
B: Two years **is/are** a long time to be away from home.

6. Finish the sentences, as in the example.

1 You need a lot of experience to do this job. A lot of experience ...is needed to do this job...
2 They gave us some interesting information. The information …
3 She likes Maths more than any other subject. Maths …
4 We had mild weather this winter. The weather …
5 We called the police immediately. The police …
6 I told them some exciting news. The news …
7 He was irritated because of the bad traffic. He was irritated because the …
8 I stayed in very luxurious accommodation. The accommodation …
9 The driver took the luggage out of the car. The luggage …
10 She gave me very sensible advice. The advice she gave me …
11 These shorts are too big for me. This pair of shorts …
12 The hotel is in magnificent surroundings. The hotel surroundings …
13 She's got long blonde hair. Her hair …

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово “an hour” (час) начинается с согласной буквы “h”, но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю “a” также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise!

	Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth
с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner	The table is in the middle of the room.
in the morning, In the evening, in the afternoon	I never drink coffee in the evening.
what’s the use?	What's the use of going there so late?
to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market	Do you like going to the theatre? He works at the shop.

at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market the fact is (was) that... where is the…? in the country, to the country	The fact is that I have no money at all. Where is the doctor? We always spend summer in the country.

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание “no”	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.
с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc HO: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James’ Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное	what animals can swim? I know what thing you have lost!

местоимение	

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты: His son goes to school. Его сын учится в школе.
She has written an interesting article. Она написала интересную статью.
A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:
"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.
Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:
Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?

I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?
She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.
Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.
It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)
There are three books on the desk.
They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.
There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.
This is the same town fifty years ago.
There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.

б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.

в) в следующих высказываниях: I’ve got a headache. I’ve got a temperature. I’ve got a cough, I’ve got a toothache, I’ve got a cold, I’ve got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?

You have (got) They have (got)	You've (got) They've (got)	You have not (got) They have not (got)	You haven't (got) They haven't (got)	Have they (got)?

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**

К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе **ни приставок, ни суффиксов: small** - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.

К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	**Пример**	**Перевод**
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting -** интересный
bored - скучающий	**boring -** скучный
surprised - удивленный	**surprising -** удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**

Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:

- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**

- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**

- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).

Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er -** холоднее	the cold**est -** самый холодный
big - большой	bigg**er -** больше	the bigg**est -** самый большой
kind - добрый	kind**er -** добрее	the kind**est -** самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

clever — умный **easy -** простой **able -** способный **busy -** занятой	clever**er - умнее** eas**ier - проще** abl**er - способнее** bus**ier - более занятой**	**the** clever**est - самый умный** **the** easi**est - самый простой** **the** abl**est - самый способный** **the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**

larg**e – larg**er - **the** larg**est /** большой – больше – самый большой

brav**e – brav**er **– the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**

big – bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой

hot – hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий

thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**

busy – bus**ier – bus**iest / **занятой – более занятой – самый занятой**

easy – eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.

Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
beautiful - красивый **interesting – интересный** **important - важный**	**more beautiful -** красивее **more interesting -** интереснее **more important -** важнее	**the most beautiful -** самый красивый **the most interesting -** самый интересный **the most important -** самый важный

Особые формы

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
good - хороший **bad -** плохой **little -** маленький **much/many -** много **far -** далекий/далеко **old -** старый	**better -** лучше **worse -** хуже **less -** меньше **more -** больше **farther/further -** дальше **older/elder -** старше	**the best -** самый лучший **the worst -** самый плохой **the least -** самый маленький, меньше всего **the most -** больше всего **the farthest/furthest -** самый дальний **the oldest/eldest -** самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	**Сравнительная степень**	**Превосходная степень**
beautiful – красивый **interesting -** интересный	**less beautiful -** менее красивый	**the least beautiful –** самый некрасивый

important - важный	**less interesting –** менее интересный **less important -** менее важный	**the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **“of”:**

hundreds <u>of</u> children – сотни детей

thousands <u>of</u> birds- тысячи птиц

millions <u>of</u> insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:

224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

ТЕМА 2. Учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование)

Тематика общения:

1. Высшее образование в России и за рубежом.
2. Мой вуз.
3. Студенческая жизнь.

Проблематика общения:

1. Уровни высшего образования.
2. Уральский государственный горный университет.
3. Учебная и научная работа студентов.
4. Культурная и спортивная жизнь студентов.

2.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать; **to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере;

course of studies - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

2.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

This text is dedicated to the history of the Ural State Mining University formerly called the Sverdlovsk Mining Institute. It was founded in 1917. It is the oldest higher technical educational institution in the Urals. In 1920 the Mining Institute became a faculty of the Ural State University and in 1925 of the Ural Polytechnical Institute. In 1930 this faculty was reorganized into the Mining Institute. The Institute was named after V.V. Vakhrushev the USSR Coal Industry Minister in 1947. It was awarded the Order of the Red Banner of Labour in 1967.

In 1993 the Sverdlovsk Mining Institute was reorganized into The Ural State Academy of Wining and Geology. In 2004 The Ural State Academy of Mining and Geology was reorganized into The Ural State Mining University. The University provides full-time and extramural education in many specialities. There are post graduate courses at the University as well.

The University is an important scientific research center. Many doctors and masters of Science teach and carry out scientific work at the University. Capable students take part in research projects. The graduates of the University work all over the country.

There are six faculties at the Ural State Mining University: Faculty of Mining Technology; Faculty of Mining Mechanics; Faculty of Geology & Geophysics; Faculty of Civil Protection; Faculty of City Economy; Faculty of Extramural Education; and The Institute of World Economics.

Besides there is a Preparatory faculty where young people get special training before taking entrance exams. The Faculty of Additional Education offers an opportunity to get the second higher education.

Each faculty trains mining engineers in different specialities.

There are many specialities at the Faculty of Extramural Education where students have to combine work with studies. Very often the Ural State Mining University organizes training specialists in new modern specialities.

Faculties consist of Departments. Each faculty is headed by the Dean. The head of the Academy is the Rector.

The University is housed in four buildings. Building, One houses - the Rector's office, the Deans' offices, number of administrative offices, Faculty of City Economy, the Faculty or Mining Mechanics with its numerous departments and laboratories (labs).

Building Two houses the Faculty of Mining Technology, Faculty of Civil Protection, the Deans' offices, many departments, labs and the computation centre.

Building Three houses the Faculty of Geology & of Geophysics, the Faculty of Extramural Education, the Dean's offices, many departments and labs. The Ural Geological Museum, the Museum of the History of the Ural State Mining University and some administrative offices are also housed in this building.

Building Four houses The Institute of World Economics, the Dean's office, departments and labs, the library, reading halls, the Assembly hail, the students cultural centre and a large canteen where students can have their meals.

The library and the reading halls provide students with all kinds of reading: textbooks, reference books / справочники/ dictionaries, magazines and fiction/ художественная литература/.

Besides not far from the University there are four five-storied buildings of the student hostel, where most students live. Near the hostels there is a House of Sports. There students can go in for- different kinds of sports: chess, badminton, table tennis, boxing, wrestling, weight lifting, basketball, volleyball, handball.

The Ural State Mining University offers students three different programs of higher education such as: Bachelors, Diplomate Engineers and Magisters.

The course of studies for a bachelor's degree lasts four years. The academic year begins in September and ends in June. It consists of two terms - September to January and February to June. Students attend lectures and practical classes. As a rule, there are three or four periods of lectures and Classes a day with 20 minutes break between them.

During their first two years students take the following subjects: higher mathematics, physics, chemistry, theoretical air-mechanics, descriptive geometry, general geology, mineralogy, geodesy, history, a foreign language (English, French or German). Besides all the students learn to operate a computer.

Students take their tests and exams at the end of each term. After exams students have their holidays or vacations. At the end of the academic year the students of the academy have practical work at mines, mineral dressing plants, geological & geophysical parties. At the end of the final year students present their graduation papers for approval. After getting the Bachelor's degree the graduates have a possibility to continue their education. They can enter a Diplomate Engineer's course or studies

which lasts one academic year or the graduates can take a two-year program of Magister's degree. After defending final papers these graduates can enter the post-graduate courses.

2.3 Систематизация грамматического материала:

1. Образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],

Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.
Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Put the verbs in brackets into the present simple or the present continuous.

1 A: *Do you know* (you/know) that man over there?
B: Actually, I do. He's Muriel's husband.

2 A: Are you doing anything tomorrow evening?
B: Yes. I … (see) Jack at nine o'clock.

3 A: I … (see) you're feeling better.
B: Yes, I am, thank you.

4 A: What's that noise?
B: The people next door … (have) a party.

5 A: Graham … (have) a new computer.
B: I know. I've already seen it.

6 A: This dress …. (not/fit) me any more.
B: Why don't you buy a new one?

7 A: Your perfume … (smell) nice. What is it?
B: It's a new perfume called Sunshine.

8 A: What is Jane doing?
B: She … (smell) the flowers in the garden.

9 A: What … (you/look) at?
B: Some photos I took during my holidays. They aren't very good, though.

10 A: You … (look) very pretty today.
B: Thank you. I've just had my hair cut.

11 A: I … (think) we're being followed.
B: Don't be silly! It's just your imagination.

12 A: Is anything wrong?
B: No. I … (just/think) about the party tonight.

13 A: This fabric … (feel) like silk.
B: It is silk, and it was very expensive.

14 A: What are you doing?

B: I … (feel) the radiator to see if it's getting warm.

15 A: She … (be) generous, isn't she?
B: Yes, she has never been a mean person.

16 A: He … (be) very quiet today, isn't he?
B: Yes, I think he has some problems.

17 A: Would you like some cherries?
B: Yes, please. I … (love) cherries. They're my favourite fruit.

18 A: I'm sorry, but I … (not understand) what you mean.
B: Shall I explain it again?

19 A: The children are making lots of noise today.
B: I know, but they … (have) fun.

20 A: This cake … (taste) awful.
B: I think I forgot to put the sugar in it!

2. Fill in the gaps with recently, how long, yet, for, always, ever, already, since, so far or just. Sometimes more than one answer is possible.

1 A: Has Tom finished his exams ...yet...?
B: No. He finishes them next Thursday.

2 A: … has Janet been working at the hospital?
B: She has been working there … she left school.

3 A: How are you finding your new job?
B: Great. I haven't had any problems … .

4 A: Is John at home, please?
B: No, I'm afraid he's … gone out.

5 A: Have you been waiting long?
B: Yes, I've been here … two hours.

6 A: Has Martin … been to Spain?
B: No. I don't think so.

7 A: Have you spoken to Matthew … ?
B: Yes. I phoned him last night.

8 A: Can you do the washing-up for me, please?
B: Don't worry. Mike has … done it.

9 A: Lucy has … been musical, hasn't she?
B: Yes, she started playing the piano when she was five years old.

10 A: Shall we go to that new restaurant tonight?
B: Yes. I have … been there. It's really nice.

11 A: Your dog's been barking … three hours!
B: I'm sorry. I'll take him inside.

12 A: Have you finished reading that bodk yet?
B: No. I've … started it.

3. Put the verbs in brackets into the present perfect or continuous, using short forms where appropriate.

1 A: How long ...*have you known*... (you/know) Alison?
B: We ... (be) friends since we were children.

2 A: Who … (use) the car?
B: I was. Is there a problem?

3 A: What are Andrew and David doing?
B: They … (work) in the garden for three hours.

4 A: Why is Sally upset?
B: She … (lose) her bag.

5 A: I … (always/believe) that exercise is good for you.

B: Of course, it's good to keep fit.

6 A: Emily … (teach) maths since she left university.
B: Yes, and she's a very good teacher, too.

7 A: Fred … (open) a new shop.
B: Really? Where is it?

8 A: This pie is delicious.
B: Is it? I … (not/taste) it yet.

9 A: Have you found your umbrella yet?
B: No, I … (look) for it for an hour now.

10 A: You look exhausted.
B: Well, I … (clean) the windows since 8 o'clock this morning.

11 A: Can I have some more lemonade, please?
B: Sorry, your brother … (just/drink) it all.

12 A: Have you got new neighbours?
B: Yes, they … (just/move) to the area.

4. Put the verbs in brackets into the present perfect or the present perfect continuous.

Dear Connie,

I hope you are enjoying yourself at university. I'm sure you 1)...*'ve been studying*... (study) hard. Everything is fine here at home. Billly 2) … (just/receive) his school report. It was bad, as usual. He 3) … (decide) to leave school next year and find a job. Fiona 4) … (go) to the gym every day for the past two weeks. She 5) … (try) to get in shape for the summer. She 6) … (already/plan) her holiday in the sun. Your father 7) … (sell) the old car and he 8) … (buy) a new one. It's lovely — much nicer than the old one.

Anyway, write soon.

Love, Mum

5. Fill in the gaps with have/has been (to) or have/has gone (to).

Jack: Hi, Jill. Where's Paul?

Jill: Oh, he 1) ...*has gone to*... London for a few days.

Jack: Really! I 2) … London recently. I came back yesterday. 3) … you … there?

Jill: No, I haven't. Paul 4) … twice before, though. Where's Sarah?

Jack: She 5) … Spain for two weeks with her parents. They 6) … there to visit some friends.

Jill: When is she coming back?

Jack: They'll all be back next weekend.

6. Choose the correct answer.

1 'What time does the train leave?'
'I think it ..*A*... at 2 o'clock.'
A leaves
B has been leaving
C has left

2 'Where are Tom and Pauline?'
They … e supermarket.'
A have just gone
B have been going
C go

3 What is Jill doing these days?'
She … for a job for six months.'
A is looking
B has been looking
C looks

4 Is Mandy watching TV?'
No. She … her homework right now.'
A is always doing
B is doing
C does

5 'Have you been for a walk?'
'Yes. I often … for walks in the evenings.'
A have gone
B am going
C go

6 'Have you seen any films lately?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have seen
B am seeing
C see

7 'What … ?'
'It's a piece of cherry pie. Mum made it yesterday.'
A are you eating
B do you eat
C have you eaten

8 'Are you going on holiday this summer?'
'Yes. I … enough money.'
A am saving
B have already saved
C save

9 'Is Todd reading the newspaper?'
'No. He … dinner at the moment.'
A has been making
B makes
C is making

10 'Have you bought any new CDs recently?'
'Yes. Actually, I … two this week.'
A have bought
B have been buying
C am buying

11 'What time does the play start?'
'I think it … at 8 o'clock.'
A has been starting
B starts
C has started

12 'Where is Mark?'
'He … to the library to return some books.'
A has gone
B has been
C is going

13 'What … ?'
'It's a letter to my pen-friend. I'm telling her my news.'
A have'you written
B do you write
C are you writing

7. Underline the correct tense.

1. Liz and I are good friends. We **know/<u>have known</u>** each other for four years.
2. Sarah is very tired. She **has been working / is working** hard all day.
3. Where is John?' 'He's upstairs. He **does/is doing** his homework.'
4. I can't go to the party on Saturday. I **am leaving/ have been leaving** for Spain on Friday night.
5. Jane **has finished/is finishing** cleaning her room, and now she is going out with her friends.
6. I didn't recognise Tom. He **looks/is looking** so different in a suit.
7. I don't need to wash my car. Jim **washes/has washed** it for me already.
8. Ian **has been talking/is talking** to his boss for an hour now.
9. Claire's train **arrives/has arrived** at 3 o'clock. I must go and meet her at the station.
10. 'Would you like to borrow this book?' 'No, thanks. I **have read/have been reading** it before.'
11. 'Where **are you going/do you go**?' To the cinema. Would you like to come with me?'
12. Have you seen my bag? I **am searching/have been searching** for it all morning.
13. 'Is Colin here?' 'I don't know. I **haven't seen/ haven't been seeing** him all day.'
14. Sophie is very clever. She **is speaking/speaks** seven different languages.
15. We **are moving/have moved** house tomorrow. Everything is packed.

8. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 Who …*has been using* … (use) my toothbrush?
2 'What … (you/do)?' 'I … (write) a letter.'
3 Samantha … (play) tennis with friends every weekend.
4 Tim and Matilda … (be) married since 1991.
5 Uncle Bill … (just/decorate) the bathroom.
6 Pauline and Tom … (sing) in the school choir twice a week.
7 Who … (you/speak) to?
8 Sarah is very happy. She … (win) a poetry competition.
9 He … (drink) two cups of coffee this morning.
10 My friend … (live) in America at the moment.
11 They … (usually/change) jobs every five years.
12 I … (normally/cut) my hair myself.
13 Linda … (study) in the library for three hours.
14 We … (play) in a concert next weekend.
15 Who … (read) my diary?
16 Tim … (leave) the house at 7 o'clock every morning.
17 … (your mother/work) in a bank?
18 … (you/drink) coffee with your breakfast every day?
19 We … (make) plans for our summer holidays right now.
20 They… (move) house in September.

9. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 A: What ...*are you doing*... (you/do)?
B: Nothing. I … (just/finish) my lunch.
2 A: Where … (you/be) all morning?
B: I … (clean) my house since 8 o'clock.
3 A: … (you/do) anything next weekend?
B: No, I … (not/make) any plans yet.
4 A: Jane looks great. … (she/lose) weight?
B: Yes, she … (exercise) a lot recently.
5 A: … (be/you) busy right now?
B: Yes, I … (just/start) typing this report.
6 A: Where is Peter?
B: He … (wash) the car at the moment.
7 A: Who … (be) your favourite actor?

B: I … (like) Sean Connery since I was a child.

8 A: … (you/do) your homework yet?

B: Almost; I … (do) it now.

10. Put the verbs in brackets into the correct tense.

Dear Nick,

This is just a short note to tell you I 1) ...*'m arriving/arrive*... (arrive) at the airport at 5 pm on Saturday, 10th December. I 2) … (be) very busy recently, and that's why I 3) … (not/write) to you for a while. I 4) … (plan) this trip for months, so now I 5) … (look forward) to spending some time with you and your family. I 6) … (hope) you will be able to meet me at the airport. Please give my love to your wife and the children.

See you soon,
James

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn’t use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,

They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,

She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous. Which was the longer action in each sentence?

1. They ...*were cleaning*... (clean) the windows when it …*started*... (start) to rain.
Cleaning the windows was the longer action.
2. As he … (drive) to work, he … (remember) that his briefcase was still at home.
3. Melanie … (cook) dinner when her husband … (come) home.
4. I … (hear) a loud crash as I … (sit) in the garden.
5. She … (type) a letter when her boss … (arrive).
6. While the dog … (dig) in the garden, it … (find) a bone.
7. Mary … (ride) her bicycle when she … (notice) the tiny kitten.
8. While I … (do) my homework, the phone … (ring).

2. A policeman is asking Mrs Hutchinson about a car accident she happened to see yesterday. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

P: What 1) ...*were you doing*... (you/do) when you 2) … (see) the accident, madam?
H: I … (walk) down the street.
P: What exactly 4) … (you/see)?
H: Well, the driver of the car 5)… (drive) down the road when suddenly the old man just 5) … (step) in front of him! It 6) … (be) terrible!
P: 8) … (the driver/speed)?
H: No, not really, but the old man 9) … (not/look) both ways before he ... (try) to cross the road.
P: 11) ... (anyone else/see) the accident?
H: Yes, the lady in the post office.
P: Thank you very much.

3. Put the verbs in brackets into the past simple or the past continuous.

A As soon as Margaret 1) ...*got*... (get) off the train, she 2) … (pull) her coat around her. Rain 3) … (fall) heavily and a cold wind 4) … (blow) across the platform. She 5) … (look) around, but no one 6)

… (wait) to meet her. She 7) … (turn) to leave when she 8) … (hear) footsteps. A man 9) … (walk) towards her. He 10) … (smile) at her, then he 11) … (say), 'You're finally here.'

B George 1) … (pick) up his bag then, 2) … (throw) it over his shoulder. It 3) … (get) dark and he 4) … (have) a long way to go. He wished that he had let someone know that he was coming. It 5) … (start) to rain, and he was feeling cold and tired from the long journey. Suddenly, he 6) … (hear) a noise, then he 7) … (see) two bright lights on the road ahead. A car 8) … (head) towards him. It slowed down and finally 9) … (stop) beside him. A man 10) … (sit) at the wheel. He 11) … (open) the door quickly and 12) … (say) 'Get in, George.'

C Andy 1) … (step) into the house and 2) … (close) the door behind him. Everything 3) … (be) quiet. His heart 4) … (beat) fast and his hands 5) … (shake) as he crept silently into the empty house, but he was trying not to panic. He soon 6) … (find) what he 7) … (look) for. He smiled with relief as he put on the clothes. The men who 8) … (follow) him would never recognise him now.

4. Imagine that you were present when these things happened, then, in pairs, ask and answer questions, as in the example.

SA: What were you doing when the burglar broke in?
SB: I was watching TV.
SA: What did you do?
SB: I called for help.

1 The burglar broke in.
2 The storm broke.
3 The lights went out.
4 The boat overturned.
5 The earthquake hit.
6 The building caught fire.

5. Rewrite each person's comment using used to or didn't use to.

1 Sally - 'I don't walk to work any more.'
I used to walk to work.
2 Gordon - 'I've got a dog now.'
3 Lisa - 'I don't eat junk food any more.'
4 Jane - 'I go to the gym every night now.'
5 Paul - 'I'm not shy any more.'
6 Edward - 'I live in a big house now.'
7 Helen - 'I haven't got long hair any more.'
8 Frank - 'I eat lots of vegetables now.'

6. Choose the correct answer.

1 'I find it hard to get up early.'
'You ...*3*... to getting up early once you start working.'
A are used
B will get used
C were used
2 'Do you often exercise now?'
'No, but I … to exercise a lot when I was at school.'
A used
B will get used
C am used
3 'Aren't you bothered by all that noise?'
'No, we … to noise. We live in the city centre.'
A were used
B will get used

C are used

4 'Does your sister travel a lot?'
'No, but she … to before she got married.'
A didn't use
B used
C wasn't used

5 'I don't like wearing a suit every day.'
'Don't worry, you … to it very soon.'
A are used
B will get used
C were used

6 'Sandra … to using a computer, but now she enjoys it.'
'It's a lot easier for her now.'
A isn't used
B will get used
C wasn't used

7 'Do you remember the things we … to do when we were kids?'
'Of course I do. How could I forget what fun we had!'
A used
B were used
C got used

8 'Do you like living in the city?'
'Well, I … to it yet, but it's okay.'
A am not used
B wasn't used
C am used

7. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the correct form. Use each verb twice.

wash, walk, play, work

1 I used to ...*work*... in a shop, but now I work in an office.
2 I can't concentrate. I'm not used to … in such a noisy office.
3 Tom lived in the country for years. He used to … miles every day.
4 I'm exhausted. I'm not used to … such long distances.
5 Mary used to … her clothes by hand, but now she uses a washing machine.
6 We haven't got a washing machine, so we're used to … our clothes by hand.
7 The children are bored with the bad weather. They're used to … outside.
8 When we were younger, we used to … cowboys and Indians.

8. Put the verbs in brackets into the past simple or the present perfect.

1. A: Do you know that man?
B: Oh yes. He's a very good friend of mine. I 1) ...*'ve known*... (know) him for about ten years.
A: I think I 2) … (meet) him at a business meeting last month.

2. A: Mum 1) … (lose) her purse.
B: Where 2) … (she/lose) it?
A: At the supermarket while she was shopping.

3. A: Who was on the telephone?
B: It 1) … (be) Jane.
A: Who is Jane?
B: Someone who 2) … (work) in my office for a few years. She's got a new job now, though.

4. A: Who is your favourite singer?
B: Freddie Mercury. He 1) … (have) a wonderful voice.
A: Yes, I agree. He 2) … (enjoy) performing live, too.

9. Fill in the gaps with one of the verbs from the list in the past perfect continuous.

read, scream, argue, try, eat, watch

1. Emily was angry. She ...*had been arguing*… with her parents for an hour.
2. Hannah felt sick. She … chocolates all afternoon.
3. Allan had a headache. His baby sister … for half an hour.
4. Emily was frightened. She … a horror film for half an hour.
5. Simon was confused. He … to win the game for hours.
6. John was very tired. He … all night.

10. Put the verbs in brackets into the correct past tense.

A: On Monday morning, Jo 1) ... *missed*... (miss) the bus and had to walk to school. When she 2) … (arrive), the bell 3) … (already/ring)', and lessons 4) … (start). The children 5) … (work) quietly when Jo 6) … (walk) into the'classroom.

B: When Jamie 1) … (get) to the party, a lot of people 2) … (dance) to pop music. Everyone 3) … (wear) jeans and T-shirts. Jamie 4) … (buy) a new suit for the party and he 5) … (wear) that. He 6) … (feel) quite silly because everyone 7) … (look) at him.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,

Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Tanya Smirnoff is a famous astrologer. She's been invited on a TV show to give her astrological predictions for next year. Using the prompts below, make sentences, as in the example.
e.g. An eartyhquake will strike Asia.

1 earthquake/strike/Asia
2 Tom Murray/win/elections
3 economy/not improve/significantly
4 number of road accidents/increase
5 America/establish/colony/on Mars
6 scientists/not discover/cure for common cold

2. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the examples.

SA: Are you going to pay the bill?
SB: Yes, that's what I'm going to do.
SA: Are you going to complain to the manager?
SB: No, that's not what I'm going to do.

1. pay the bill (√)
2. complain to the manager (X)
3. take the skirt back to the shop (√)
4. buy the jumper (√)
5. ask the bank manager for a loan (X)
6. order the food (√)
7. book the airline tickets (X)

3. Fill in the gaps with the correct form of will or be going to and the verb in brackets.

1 A: Why are you buying flour and eggs?
B: Because I ...*'m going to make*... (make) a cake.
2 A: I have decided what to buy Mum for her birthday.
B: Really. What … (you/buy) for her?
3 A: Did you ask Jackie to the party?
B: Oh no! I forgot! I … (ask) her tonight.
4 A: Could I speak to Jim, please?
B: Wait a minute. I … (get) him for you.
5 A: What are your plans for the weekend?

B: I … (spend) some time with my friends.

6 A: What are you doing on Friday night?
B: Oh, I … (probably/stay) at home with my family.

7 A: Have you tidied your room yet?
B: No, but I promise I … (do) it this afternoon.

8 A: Look at that boy!
B: Oh yes! He … (climb) the tree.

9 A: Jason is very clever for his age.
B: Yes. He says he … (become) a doctor when he grows up.

10 A: I'm too tired to cut the grass.
B: Don't worry! I (cut) it for you.

4. Fill in the gaps with shall, will or the correct form of be going to.

1 A: It's too hot in here.
B: You're right. I ...*will*... open a window.

2 A: … I put the baby to bed, now?
B: Yes, he looks a little tired.

3 A: Have you seen Lucy recently?
B: No, but I … meet her for lunch later today.

4 A: Have you done the shopping yet?
B: No, but I … probably do it tomorrow, after work.

5 A: … we ask Mr Perkins for help with the project?
B: That's a good idea. Let's ask him now.

5. Replace the words in bold with will/won't or shall I/we, as in the example.

1 I've asked Paul to talk to the landlord, but he **refuses to** do it.
I've asked Paul to talk to the landlord, but he won't do it.

2 **Do you want me** to make a reservation for you?

3 **Can** you call Barry for me, please?

4 **Why don't we** try this new dish?

5 Where **do you want me** to put these flowers?

6. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.

SA: *When will you do the gardening?*
SB: *I'll do it after I've done the shopping.*

1 do the gardening / do the shopping

2 post the letters / buy the stamps

3 iron the clothes / tidy the bedroom

4 water the plants / make the bed

5 do your homework / have my dinner

6 pay the bills / take the car to the garage

7. Put the verbs in brackets into the present simple or the future simple.

1 A: I'm going to the gym tonight.
B: Well, while you ...*are*... (be) there, I … (do) the shopping.

2 A: … (you/call) me when you … (get) home?
B: Yes, of course.

3 A: As soon as John … (come) in, tell him to come to my office.
B: Certainly, sir.

4 A: I'm exhausted.
B: Me too. I wonder if David … (come) to help tonight.

5 A: Are you going to visit Aunt Mabel this afternoon?

B: Yes, I ... (visit) her before I … (do) the shopping.

6 A: Is George going to eat dinner with us?
B: No, by the time he … (get) home it … (be) very late.

7 A: When … (you/pay) the rent?
B: When I … (get) my pay cheque.

8 A: What are your plans for the future?
B: I want to go to university after I … (finish) school.

9 A: If you … (pay) for dinner, I … (pay) for the theatre.
B: Okay, that's a good idea.

10 A: Can you give this message to Mike, please?
B: Well, I'll try, but I doubt if I … (see) him today.

8. Put the verbs in brackets into the future simple, the present simple or the present continuous.

1 A: I ...*am seeing*... (see) Roger at seven o'clock tonight.
B: Really? I thought he was out of town.

2 A: … (you/do) anything on Friday morning?
B: No, I'm free.

3 A: I … (go) to the cinema. There's a new film on. Do you want to come with me?
B: What time … (the film/start)?

4 A: Helen … (have) a party the day after tomorrow. … (you/go)?
B: As a matter of fact, I haven't been invited.

5 A: The new exhibition … (open) on April 3rd and … (finish) on May 31st.
B: I know. I … (go) on the first day.

6 A: Aunt Maggie … (come) to visit us tomorrow.
B: I know. What time … (she/arrive)?

7 A: Excuse me, what time … (the train/leave)?
B: At half past three, madam.

8 A: Michael Jackson … (give) a concert at the Olympic Stadium next week.
B: I know. I … (want) to get a ticket.

9 A: I'm really thirsty.
B: I … (get) you a glass of water.

10 A: Are you looking forward to your party?
B: Yes. I hope everyone … (enjoy) it.

11 A: How old is your sister?
B: She .. (be) twelve next month.

12 A: What are you doing tonight?
B: I … (probably/watch) TV after dinner.

9. A) Cliff Turner has his own business and it is doing well. He has already decided to expand. Look at the prompts and say what he is going to do, as in the example.

1. employ more staff

He's going to employ more staff.

2. advertise in newspapers and magazines
3. equip the office with computers
4. increase production
5. move to bigger premises
6. open an office abroad

B) Cliff is always busy. Look at his schedule and say what his arrangements are for the next few days. Make sentences, as in the example.

Wednesday 12th: fly to Montreal

He is flying to Montreal on Wednesday.
Thursday 13th: give an interview to The Financial Times
Friday 14th: have lunch with sales representatives
Saturday 15th: have a meeting with Japanese ambassador
Sunday 16th: play tennis with Carol

10. ln Pairs, ask and answer the following questions using I (don't) think/expect I will or I hope /'m sure/'m afraid I will/won't, as in the example.
SA: *Do you think you will pass your exams?*
SB: *I hope I will/I'm afraid I won't.*
1 pass/exams
2 move house
3 take up / new hobby
4 make / new friends
5 start having music lessons
6 have / party on / birthday
7 learn/drive

ТЕМА 3. Социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир)

Тематика общения:

1. Екатеринбург – столица Урала.
2. Общее и различное в национальных культурах.

Проблематика общения:

1. Мой родной город.
2. Традиции и обычаи стран изучаемого языка.
3. Достопримечательности стран изучаемого языка.

3.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist's/a pharmacy/a drugstore - аптека
a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser's - парикмахерская
a dental clinic/a dentist's – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner's – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки

a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent's – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна
a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

3.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant

produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

The History of Ekaterinburg

The famous Soviet poet V. Mayakovsky called out city "A Worker and a Fighter" and these words most fully reflect the features of Ekaterinburg.

Ekaterinburg is nowadays one of the leading industrial cities of Russia, an administrative & cultural centre of the Sverdlovsk region. It is the capital of the Urals.

Ekaterinburg has sprung up in the upper reaches of the Iset River in the middle part of the Urals Mountains near the border of Europe and Asia. It stretches from North to South for 25 km. and 15 km. from East to West.

The history of our city is very interesting. It was founded at the beginning of the XVIII century as a fortress-factory in connection with the construction of the Urals iron works. The works was constructed under the supervision of Tatishchev, a mining engineer, who was sent to the Urals by Peter the first. It was put into operation in November 1723. This date is considered to be the date of the birthday of city. It was named Ekaterinburg. On the place of the first works there is the Historical Square now.

The town grew and developed as the centre of an important mining area where the mining administration office was located. Ekaterinburg was an ordinary provincial town like many others in Russia before the October Revolution. It had only one theatre, four hospitals, one mining school and not a single higher school.

At the end of the XIX century Ekaterinburg became one of the centres of the revolutionary struggle. Many squares, streets and houses of the city keep the memory of the revolutionary events and the Civil War in the Urals. They are: the 1905 Square, a traditional place of the revolutionary demonstrations of the working people, the rocks "Kamenniye Palatki", a memorial park now, which was the place of illegal meetings of Ekaterinburg workers, the Opera House where the Soviet power was proclaimed in November 8, 1917 and many others.

Ekaterinburg is closely connected with the life and activities of many famous people. Here Y.M. Sverdlov, the leader of the Urals Party organization before the Revolution and the first President of the Soviet state, carried out his revolutionary work. In 1924 Ekaterinburg was renamed in his memory.

The name of such a famous scientist and inventor of the radio as Popov, and the names of such writers as Mamin-Sibiriyak and Bazhov are also connected with Ekaterinburg.

After the October Socialist Revolution the town has changed beyond recognition. It grew quickly in the years of the first five-year plan periods. Nowadays our city is constantly growing and

developing. Modern Ekaterinburg is a city of wide straight streets, multistoried blocks of flats, big shops, beautiful palaces of culture, cinemas, fine parks and squares.

The centre of the city is 1905 Square with the monument to V.I. Lenin and the building of the City Soviet. The main street is Lenin Avenue. The total area of the city is over 400 sq. km. The population is about two million.

In connection with its 250th anniversary and for its outstanding achievements in the development of the national economy of our country Ekaterinburg was awarded the Order of Lenin.

Ekaterinburg – a Center of Science & Education

Ekaterinburg is one of the largest & most important centers of science & education in our country. The city has 15 higher schools. The oldest of them are the Mining & the Polytechnical Institutes, the Urals State University founded in 1920, the Medical & Pedagogical & many others. Ekaterinburg higher schools train specialists for practically all branches of industry, economy, education & science. The city has a student population of about 80 thousand. Besides, there are many secondary and vocational schools and over 50 technical schools (colleges). The oldest of them is the Mining Metallurgical College named after Polzunov, founded in 1847.

Much important scientific research work is carried on in Ekaterinburg. The Urals Branch of Sciences, now called the Urals Scientific Centre (UNZ), was founded in 1932. Its first chairman was the famous Soviet scientist, mineralogist and geochemist A.E. Fersman. UNZ is the main centre of scientific work now. It contains nine institutes which solve the most important theoretical and practical problems in the field of geology, mining, metallurgy, biology, economy and others.

The city has more than 120 research and designing institutions, among them Uralmechanobr, Unipromed, Nipigormash and others. It is worth mentioning that important scientific and research work is also carried on in educational establishments and at the industrial enterprises of the city, such as the Uralmash, Uralelectrotyazmash and others.

Thousands of research workers, among them 5 academicians, 10 Corresponding members of the Russian Academy of Sciences, many Doctors and Masters of Science are engaged in scientific and research work. Ekaterinburg has contributed greatly to the development of Russian science.

Ekaterinburg - a Cultural Centre

Ekaterinburg is not only an industrial and educational, but also a large cultural centre. There is a lot to be seen in the city. There are many theatres, cinemas, museums, clubs, libraries, palaces of culture, the Art Gallery and the Circus in it.

The Art Gallery houses a splendid collection of paintings of Russian and Soviet artists such as Repin, Polenov, Levitan, Perov, Slusarev, Burak, Pimenov and many others. Here you will see one of the world famous collections of metal castings made in Kasli and especially a cast Iron pavilion. It was shown in Paris at the World Exhibition and awarded the Highest Prize.

Ekaterinburg is famous for its theaters. They are the Opera & Ballet House, the Drama Theatre, the Musical Comedy, the Children’s and Puppet Theatres, the Cinema and Concert Hall "Cosmos". The Opera House was built in 1912. Many famous singers such as S. Lemeshev, I. Koslovsky, I. Arkhipova, B. Shtokolov and many others sang in that theatre. Ekaterinburg has a Philharmonic Society, film and television studios, the Urals Russian Folk Choir which is well known both at home and abroad.

There are many museums in the city: the Museum of Local Studies, the Sverdlov Museum, the Museum of Mamin-Sibiriyak, the Bazhov Museum, the Museum of Architecture. But the Urals Geological Museum is the most famous one. It is a real treasure-house of the Urals riches. The museum was opened in 1937.

Ekaterinburg is a green city with its squares, gardens and parks. The largest and the best of the parks is the Central Park of Culture and Rest. The Central Square of the City is the 1905 Square. Besides, there are some others: the Labor Square, one of the oldest of the city, located in front of the House of Trade Unions, the Komsomolskaya Square with the monument to the Urals Komsomol, the Paris Commune Square with the monument to Y.M. Sverdlov.

There are lots of monuments in the city. They are: the monument dedicated to the students and teachers of the Urals Polytechnical Institute who perished in the Great Patriotic War, the monument to the Urals Tank Corps, the monuments to Bazhov, Popov, Ordjonikidze, Malishev and many others.

There are a lot of places of interest in our city. Any visitor who comes to our city is invited to take sightseeing around it. We will be shown the historical places such as the rocks "Kamenniye Palatki", the Pupils' Creation Palace, the Historical Square, the 1905 Square.

There are several memorials to those who gave their lives in the struggle against fascism, the obelisk in the Square of Communards with the eternal flame. Such famous places of interest at the city pond with granite-lined embankment, the Palace of Youth, the lake Shartash, the Uktus Mountains and some others are most popular with the citizens of Ekaterinburg as well as with its visitors.

Ekaterinburg is a city of sports. There are a lot of sports grounds, stadiums, sports halls and a beautiful Palace of Sport in it. Ekaterinburg is often called the Winter Sports Capital. All sorts of important skiing & skating events are held in the Uktus Mountains.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world's largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o'clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don't like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern

monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul's Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It's the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent's Park. The last one is the home of London Zoo.

3.3 Систематизация грамматического материала:

1. Модальные глаголы и их эквиваленты.
2. Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге.
3. Основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь.

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых

		обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Rephrase the following sentences using must, mustn't, needn't, has to or doesn't have to.

1 **You aren't allowed** to park your car in the college car park.

...You mustn't park your car in the college car park...

2 **I strongly advise** you to speak to your parents about your decision.

3 **It isn't necessary** for Emma to attend tomorrow's staff meeting.

4 **Jack is obliged** to wear a suit and a tie at work because the manager says so.

5 **I'm sure** Antonio is from Milan.

6 **It's necessary** for Roger to find a job soon.

7 **It's forbidden** to use mobile phones inside the hospital.

8 Susan **is obliged to** work overtime because her boss says so.

2. Rephrase the following sentences using didn't need to or needn't have done.

1 It wasn't necessary for him to wash the car. It wasn't dirty.

…He didn't need to wash the car…

2 It wasn't necessary for her to buy so many oranges, but she did.

3 It wasn't necessary for us to take an umbrella. It wasn't raining.

4 It wasn't necessary for us to turn on the light. It wasn't dark.

5 It wasn't necessary for him to call me today, but he did.
6 It wasn't necessary for you to make sandwiches for me, but you did.
7 It wasn't necessary for them to make reservations at the restaurant, but they did.

3. Rewrite the sentences using the word in bold.

1 It isn't necessary for Mark to buy new clothes for the reception.
need *...Mark doesn't need to/needn't buy new clothes for the reception.…*
2 You aren't allowed to pick these flowers. **must**
3 Sarah is obliged to type her compositions at university. **has**
4 It wasn't necessary for Paula to make the beds. **need**
5 It is your duty to obey the law. **must**
6 It wasn't necessary for Bob to wait for me, but he did. **need**
7 It is forbidden to throw litter on the beach. **must**
8 I'm sure Ronald is at home. **must**
9 It wasn't necessary for Alice to bake a cake for the party. **need**
10 It wasn't necessary for George to stay at work late last night, but he did. **have**

4. Fill in the gaps with an appropriate modal verb.

1 A: ... *May/Can/Could*... I borrow your pen, please?
B: No, you … .I'm using it.
2 A: I'm bored. What shall we do?
B: We … go for a walk.
A: No, we … because it's raining.
B: Let's watch a video, then.
3 A: My parents told me I … go to the party tonight.
B: Never mind, I … go either. We … stay at home together, though.
4 A: Sir, … .I speak to you for a moment, please?
B: Certainly, but later today; I'm busy now.
5 A: Excuse me?
B: Yes?
A: … you tell me where the post office is, please?
B: Certainly. It's on the main road, next to the school.
6 A: Is anyone sitting on that chair?
B: No, you … take it if you want to.

5. Choose the correct answer.

1 " Todd was a very talented child.'
I know. He ..*B*... play the piano well when he was seven.'
A couldn't B could C can
2 I've just taken a loaf out of the oven.
Oh, that's why I … smell fresh bread when I came home.
A was able to B can't C could
3 'How was the test?'
Easy. All the children … pass it.'
A were able to B could C can't
4 What are you doing this summer?'
'I hope I'll … go on holiday with my friends.'
A could B be able to C can

6 Rewrite the sentences using the words in bold.

1 Do you mind if I leave the door open for a while?
can *...Can I leave the door open for a while?...*

2 You're obliged to take notes during the lecture. **have**
3 I'm sorry, but you aren't allowed to enter this room. **must**
4 Jack managed to unlock the door. **able**
5 It wasn't necessary for Ann to cook dinner, but she did. **need**
6 Let's play a game of chess. **could**
7 I'm certain Sarah is bored with her work. **must**
8 I strongly advise you to take up sport. **must**
9 I'm certain Liz isn't interested in your ideas. **can**
10 You may take the car tonight if you want. **can**

7. Study the situations and respond to each one using an appropriate modal verb.

1 You want to go on holiday with your friends this year. Ask your parents for **permission.**
...Can I go on holiday with my friends this year?...
2 You are at a job interview. You type fast, you use computers and you speak two foreign languages. Tell the interviewer about your **abilities**.
3 Your brother is trying to decide what to buy your mother for her birthday. You **suggest** a box of chocolates.
4 Your jacket is dirty and you want to wear it next week. It is **necessary** to take it to the dry cleaner's.
5 You want to have a day off work next week. Ask for your boss' **permission.**
6 You are in the car with your uncle. It's hot and you want him to open the window. Make a **request.**
7 Your mother is going to the shops. She asks you if you want anything. You tell her it **isn't necessary** to get anything for you.

8. Complete the sentences using must or can't.

1 I'm certain they go to bed early on Sunday nights. They …*must go to bed early on Sunday nights…*
2 I'm sure John didn't stay late at the office. John ...*can't have stayed late at the office…*
3 I'm certain he hasn't arrived yet. He …
4 I'm certain they are working together. They …
5 I'm sure Amy hasn't finished her homework. Amy …
6 I'm certain she was having a bath when I rang. She …
7 I'm sure he hasn't won the prize. He …
8 I'm sure she is looking for a new house. She …
9 I'm certain Paul didn't invite Linda to the party. Paul …
10 I'm certain you have been planning the project. You …
11 I'm sure she was writing a letter. She …
12 I'm certain they hadn't paid the bill. They …
13 I'm sure he had been fixing the pipe. He …

9. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps Laura has left the phone off the hook. ...*Laura may/might/could have left the phone off the hook…*
2 Surgeons are obliged to scrub their hands before operating on patients.
3 Do you mind if I open the window?
4 It wasn't necessary for Peter to wash the dog, so he didn't.
5 Emily managed to reach the top shelf, even though she didn't have a ladder.
6 It's forbidden to copy files without the manager's permission.
7 Why don't we spend this evening at home?
8 I'm certain Patrick misunderstood my instructions.
9 I'm sure Helen didn't know about her surprise party.

10. Rephrase the following sentences in as many ways as possible.

1 Perhaps they are at work.

They ...*may/might/could be at work*…

2 Perhaps he is waiting outside. He …

3 It's possible she will work late tonight. She …

4 It's likely he was driving too fast. He …

5 It's possible they made a mistake. They …

6 Perhaps he has missed the bus. He …

7 It's possible she has been playing in the snow. She …

8 It's likely we will be leaving tomorrow. We …

9 It's likely he will stay there. He …

10 Perhaps she had been trying to call you. She …

11 It's likely they had seen the film already. They …

12 It's possible he is studying in the library. He …

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)

This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)

Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)

Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.

My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.

to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.

to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:

Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.

б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить

to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять

to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить

to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать

to teach учить to tell сказать и др.

Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.

Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)

A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:

John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.

The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):

He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать

to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать

to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:

He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:

The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:

The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:

The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)

The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:

The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:

The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:

He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:

I am invited to a party.

Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):

Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.

Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.

I was told that you’re ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):

They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:

The experiments were made last year.

1) Опыты были проведены в прошлом году.

2) Опыты проводились в прошлом году.

3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:

It is said… Говорят… It was said… Говорили…

It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…

It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. What happens to a car when it is taken for a service? Look at the prompts and make sentences using the present simple passive, as in the example.

1. the oil / change

The oil is changed.

2. the brakes / test

3. the filters / replace

4. air / put / in the tyres

5. the battery / check

6. the lights / test
7. broken parts / repair
8. it / take / for a test drive
9. the radiator / fill / with water

2. Mr Sullivan, who is a director, is preparing a scene for his new film. Read the orders and respond using the present continuous passive, as in the example.

1. Move that scenery, please.
It's being moved now, Mr Sullivan.
2. Put those props in place, please.
3. Call the actors, please.
4. Check their costumes, please.
5. Turn on the lights, please.

3. Detective Maguire is talking to a police officer about a burglary which happened early yesterday morning. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example

1. Have you dusted the house for fingerprints yet?
the house / dust / for fingerprints yesterday
Yes, the house was dusted for fingerprints yesterday.
2. Have you found any evidence yet?
a piece of material / find / this morning
3. Have you interviewed the house owners yet?
they / interview / last night
4. Have you questioned the neighbours yet?
they / question / this morning
5. Have you arrested any suspects yet?
two men / arrest / yesterday evening
6. Have you interrogated the suspects yet?
they / interrogate / last night
7. Have you recovered the stolen goods yet?
they / recover / this morning
8. Have you written your report yet?
it / complete / an hour ago

4. Helen and Chris moved house two years ago. Yesterday, they drove past their old house and saw that it looked very different. Describe the changes using the present perfect simple passive, as in the example.

1. the outside walls / paint
The outside walls have been painted.
2. new windows / put in
3. a garden pond / make
4. the trees / cut down
5. a lot of flowers / plant
6. the old gate / replace

5. A young actress is hoping to star in a new film. Her friend is asking her what is going to happen. Respond to her questions using the passive infinitive, as in the example.

1. Will they audition you for the new film?
Well, I hope to be auditioned.
2. Will they give you a leading role?
3. Will they pay you a lot of money?
4. Will they send you to Hollywood?

5. Will they introduce you to all the stars?
6. Will they ask you to give a TV interview?
7. Will they give you an award?

6. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.

1. A: Who looks after your garden for you?
B: It ...*is looked after*... (look after) by my brother.
2. A: That's a beautiful dress. Where did you buy it?
B: Actually, it … (make) for me by my aunt.
3. A: Have you typed that letter yet, Miss Brown?
B: It … (type) right now, sir.
4. A: Did you make the coffee when you got to work this morning?
B: No, it …. (already/make) by the time I got there.
5. A: Are you going to pick up the children today?
B: No, they … (pick up) by Roger. I've already arranged it.
6. A: Where is your watch?
B: I broke it. It … (repair) at the moment.
7. A: Has the new furniture for my bedroom arrived?
B: No, it … (not/deliver) yet.
8. A: They are building a new sports centre in town.
B: I know. It … (open) by the mayor next month.

7. Rewrite the sentences in the passive, where possible.

1. John opened the door.
...*The door was opened by John.*
2. They didn't come home late last night.
...*It cannot be changed.*
3. Their nanny takes them to the park every day.
4. I left very early yesterday afternoon.
5. Meg asked the policeman for directions.
6. Charles is moving house next month.
7. The letter arrived two days ago.
8. Sam took these photographs.

8. Fill in by or with.

1. The lock was broken ...*with*... a hammer.
2. This book was written … my favourite author.
3. The cake was decorated… icing.
4. The tiger was shot … a gun.
5. Claire was shouted at … her teacher.
6. He was hit on the head … an umbrella.

9. Rewrite the sentences in the passive.

1. Someone is repairing the garden fence.
...*The garden fence is being repaired*....
2. Do they teach Latin at this school?
3. I don't like people pointing at me.
4. She hit him on the head with a tennis racquet.
5. Michael has made the preparations.
6. Is Tim cleaning the house?
7. Who built the Pyramids?
8. The boss is going to give us a pay rise.

9. I expect they will deliver my new car soon.
10. The police are questioning the suspects.
11. Did your next door neighbours see the thieves?
12. Paul remembers his teacher asking him to star in the school play.
13. A lot of children use computers nowadays.
14. Who smashed the kitchen window?
15. They won't have completed the work by the end of the month.
16. The children will post the letters.
17. People make wine from grapes.
18. Had Helen closed the windows before she left the house?
19. Jill hasn't done the housework yet.
20. They may not deliver the parcel today.

10. Put the verbs in brackets into the correct passive tense.

A: Do you still work at Browns and Co?
B: Yes, I do. I 1) ...*have been employed*... (employ) by Mr Brown for five years now, you know.
A: Oh. Do you still enjoy it?
B: Oh yes! I 2) … (give) a promotion last year and I'm very happy.
A: A promotion? So, what is your job now?
B: I 3) … (make) Head of European Sales.
A: So, what do you do?
B: Well, sometimes I 4) … (send) to other countries on business.
A: I see. Do they pay you well?
B: Well, I 5) … (pay) quite well and I expect I 6) … (give) a pay rise soon.
A: Good for you!

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.

Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Fill in the gaps with the correct pronoun or possessive adjective.

1. James said, 'My boss wants me to go to London tomorrow.'
James said ...*his*... boss wanted to go to London the following day.
2. Mary said, 'I'm waiting for my son to come out of school.'
Mary said that … was waiting for … son to come out of school.
3. George said, 'I've bought a new car for my mum.'
George said … had bought a new car for … mum.
4. Julie said to me, 'I need you to help me with the shopping.'
Julie told me that … needed … to help … with the shopping.
5. John said, 'I'd like to take you out to dinner.'
John said … 'd like to take … out to dinner.
6. Helen said to Jane, 'I think your new haircut is lovely.'
Helen told Jane that … thought … new haircut was lovely.

2. Turn the following sentences into reported speech.

1. Robin said, These biscuits taste delicious.' ...
Robin said (that) the biscuits tasted delicious....

2. “I can't see you this afternoon because I've got a lot to do,' Ann told me.
3. She came into the room holding some letters in her hand and said, 'I found these while I was tidying the desk drawers.'
4. Fiona said, That picture was painted by my great-grandfather.'
5. “Those were good times for my family,' Jack said.
6. 'I received a parcel this morning, but I haven't opened it yet,' Tom said.
7. "You mustn't do that again,' Mum said to Bob.
8. “These shoes are worn out. You'd better throw them away,' Mum said to me.

3. Turn the following sentences into reported speech.

1 He said, 'I'm going to the station.'

...He said (that) he was going to the station....

2 Tina said, 'You should exercise regularly.'
3 They said, 'We had booked the room before we left.'
4 Tom said, This meal is delicious.'
5 'I've written you a letter,' she said to her friend.
6 'We've decided to spend our holidays in Jordan,' they told us.
7 Jill said, “I’ll go to the bank tomorrow.'
8 She said to him, 'We've been invited to a wedding.'
9 She told me, 'You must leave early tomorrow.'
10 They've gone out for the evening,' Jessie said to me.
11 They said, 'We may visit Joe tonight.'
12 She said, 'I can meet you on Tuesday.'
13 Keith said, There is a letter for you on the table.'
14 'We won't be visiting Tom this evening,' Sam told us.
15 Eric said, They had been talking on the phone for an hour before I interrupted them.'
16 'I haven't spoken to Mary since last week,' Gloria said.
17 They delivered the letters this morning,' she said.
18 He said, 'I'd like to buy this jumper.'
19 They aren't going on holiday this year,' he said.
20 Jane said, 'I haven't finished my homework yet.'
21 'I'm going to bed early tonight,' Caroline said.
22 'My mother is coming to visit us,' I said.
23 'We don't want to watch a film tonight,' the children said.
24 'He's playing in the garden now,' his mother said.
25 She said, 'You must do your homework now.'

4. Turn the sentences into reported speech. In which of the following sentences do the tenses not change? In which do they not have to be changed? Why?

1 The article says, “The artist only uses oil paints.'

...The article says (that) the artist only uses oil paints....

... The tenses do not change because the introductory verb is in the present simple....

2 'They are working hard today,' he said.
3 'I've done the things you asked me to do,' Mary said.
4 The sun rises in the east,' she said.
5 'He broke the window,' they said.
6 'We've never been on holiday abroad,' they said.
7 Mum says, 'Dinner is ready.'
8 “I’ll start cooking at six o'clock,' she said.
9 'We went to the supermarket yesterday,' he said.
10 Mrs Jones says, 'My daughter is going to have a baby.'
11 'You're never going to get a job,' Dad always says.

12 'Fish live in water,' he said.
13 'We went to the beach last weekend,' they said.
14 'He showed me his photographs,' she said.
15 'I'm working on my project now,' Billy said.

5. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Seaweed grows in the sea,' the teacher said to the students.

...The teacher said to the students/told the students (that) seaweed grows/grew in the sea....

2 'I saw Amanda at the cinema,' she said, (up-to-date reporting)
3 They don't live here any more,' he said to me. (out-of-date reporting)
4 "Canada is a large country,' he said.
5 The Statue of Liberty is in America,' she said to us
6 “I’ll help you with your homework,' he said, (out-of-date reporting)
7 'I would go on holiday if I had enough money,' Bill said, (up-to-date reporting)
8 'If I'm free, I'll call you,' Tom said, (up-to-date reporting)
9 'You should make a decision,' he said to us.
10 'You can ask John for advice,' she said, (up-to-date reporting)

6. Turn the following into reported questions.

1 'Where do you live?' I asked her.

...I asked her where she lived....

2 'How old will you be on your next birthday?" he asked me.
3 'Where is your umbrella?' she asked her daughter.
4 'Do you like playing football?' John asked us.
5 The boss asked, 'What time are you going home today?'
6 'Will you take the children to school today?' he asked.
7 'Who called you today?' she asked.
8 'When will you decorate the kitchen?' Martha asked.
9 'Who broke my vase?' I asked.
10 Father asked, 'Will you help me lift these boxes, please?'
11 'Can you speak a foreign language?' she asked her.
12 'Where is the tourist information centre?' we asked.

7. Yesterday, Marion met a couple who were on holiday in London. They were looking at a map. She asked them some questions. Turn them into reported questions.

1 'Are you lost?'

...Marion asked them if/whether they were lost....

2 'Can you speak English?'
3 'Where are you from?'
4 'Is your hotel near here?'
5 'Where do you want to go?'
6 'Were you looking for Big Ben?'
7 'Have you been to the British Museum?'
8 'Have you visited Buckingham Palace?'
9 'Do you like London?'

8. Fill in the gaps with the introductory verbs in the list in the correct form.

order, tell, ask, beg, suggest

1 'Please visit me in hospital,' Joan said to Colin.

Joan *...asked...* Colin to visit her in hospital.

2 'Let's eat out this evening,' Paul said to her.

Paul … eating out that evening.

3 'Please, please be careful,' she said to him.
She … him to be careful.
4 'Don't go near the fire,' Dad said to us.
Dad … us not to go near the fire.
5 'Be quiet!' the commander said to the troops.
The commander … the troops to be quiet

9. Turn the following sentences into reported speech.

1 'Let's try the exercise again.'
The ballet teacher suggested trying the exercise again.
2 'Lift your leg higher please, Rachel.'
3 'Turn your head a little more.'
4 'Don't lean back.'

10. Turn the following sentences into reported speech.

1 The doctor said to the patient, 'Come back to see me again next week.'
... The doctor told the patient to go back and see him again the following week/the week after.
2 The guard said to the driver, 'Stop!'
3 He said, 'Shall we go for a walk?'
4 She said to him, 'Please, please don't leave me!'
5 Jenny said to Dave, 'Please help me with this
6 She said to him, 'Open the window, please.'
7 Mother said, 'How about going for a drive?'
8 She said, 'Let's eat now.'

ТЕМА 4. Профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность)

Тематика общения:

1. Избранное направление профессиональной деятельности.

4.1 Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …, oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость

heat - v нагревать; *n* теплота

liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(рудьі)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

4.2 Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.
2. Petrology which studies the rocks of the Earth.
3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.
4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.
5. Historic Geology which treats of the Earth's history.
6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.
7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

4.3 Систематизация грамматического материала:

1. Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий.
2. Основные сведения о сослагательном наклонении.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать
to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть

Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.

Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая
having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),

keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I'm tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Complete the sentences with the correct infinitive tense.

1 She has grown taller. She seems ...*to have grown taller*.
2 He is getting used to his new job. He appears
3 Kate makes friends easily. She tends
4 He has finished the report. He claims
5 It is raining over there. It seems
6 He is on a diet. He appears
7 They have sailed round the world. They claim
8 She is feeling better. She seems

2. Fill in the correct infinitive tense.

1 A: What would you like ...*to do*... (do) tonight?
B: Let's … (go) to an Italian restaurant.
2 A: What's Liz doing?
B: She seems … (look) for something in her bag.
3 A: Alan has been offered a new job!
B: No, he hasn't. He just pretended … (offer) a new job.
4 A: Colin claims … (meet) lots of famous people.
B: I know, but I don't believe him.
5 A: Look at those two men outside. What are they doing?
B: They appear … (empty) the rubbish bins.
6 A: Would you like to go to the cinema tonight?
B: Not really. I would prefer … (go) to the theatre.
7 A: Tara seems … (work) hard all morning.
B: Yes, she hasn't even stopped for a cup of coffee.
8 A: Why is Tom at work so early this morning?
B: He wants … (finish) early so that he can go to the concert tonight.

3. Rephrase the following sentences, as in the example.

1 He must wash the car. I want ...*him to wash the car…*
2 You mustn't be late for work. I don't want …
3 Claire must tidy her bedroom. I want …

4 She mustn't go to the disco. I don't want …
5 They must go to school tomorrow. I want …
6 Gary mustn't make so much noise. I don't want …
7 You mustn't make a mess. I don't want …
8 He must mend his bike. I want …

4. Complete the sentences with too or enough and the adjective in brackets.

1 A: Would you like to come to the disco?
B: Oh no. I'm ...*too tired*... to go to a disco, (tired)
2 A: Can you reach that top shelf?
B: No, I'm not … to reach it. (tall)
3 A: Did they go on a picnic yesterday?
B: No. It was … to go on a picnic, (cold)
4 A: Did Jane enjoy the horror film?
B: No. She was … to enjoy it. (scared)
5 A: Does Tom go to school?
B: No. He isn't … to go to school yet. (old)
6 A: Will you go to London by bus?
B: No. The bus is … . I'll take the train, (slow)
7 A: Did she like the dress you bought?
B: Yes, but it was … .(big)
8 A: Take a photograph of me!
B: I can't. It isn't … in here, (bright)

5. Rewrite the sentences using too.

1 This music is so slow that I can't dance to it.
...This music, is too slow for me to dance to…
2 The bird is so weak that it can't fly.
3 She's so busy that she can't come out with us.
4 The car was so expensive that he couldn't buy it.
5 These shoes are so small that they don't fit me.
6 The book is so boring that she can't read it.
7 I was so tired that I couldn't keep my eyes open.
8 The coffee was so strong that he couldn't drink it.

6. Underline the correct preposition and fill in the gaps with the -ing form of the verb in brackets.

1 He is ill. He is complaining **with/<u>about</u>** ...*having*... (have) a headache.
2 Marcus went out instead **for/of** … (do) his homework.
3 Tracy was very excited **with/about** … (go) to the party.
4 I hope you have a good excuse **of/for** … (be) so late.
5 Sam is interested **in/for** … (take up)French lessons.
6 You can't stop him **to/from** … (take)the job if he wants to.
7 Susie ran because she was worried **about/of** … (miss) the bus.
8 Thank you **to/for** … (help) me with my homework.
9 She felt tired because she wasn't used **to/with** … (work) so hard.
10 His boss blamed him **for/of** … (lose) the deal.
11 I am in charge **in/of** … (make) the Christmas deliveries.
12 We are thinking **of/from** … (buy) a new car next month.
13 Sandra apologised **for/about** … (ruin) the performance.
14 Ian was talking **with/about** … (open) a shop in York.

7. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 It's no use ...*talking*… (talk) to Bob; he won't change his mind.
2 She will … (return) the books next weekend.
3 It was good of you … (help) me fix my bicycle.
4 The man suggested … (call) the police in, to investigate.
5 I can't get used to … (live) in such a hot country.
6 He admitted … (rob) the bank.
7 You had better … (hurry), or you'll be late for work.
8 They refused … (give) me my money back.
9 She is too short … (become) a fashion model.
10 My parents let me … (stay) up late at weekends.
11 Our teacher makes us … (do) homework every evening.
12 The kitchen windows need … (clean).
13 They have begun … (make) preparations for the party.
14 He advised her … (speak) to her boss.
15 I dislike … (go) to the theatre alone.
16 Mr. Roberts was seen … (leave) his house at 12:15 last night.
17 My sister can't stand … (watch) horror films. She gets terribly scared.
18 Can you imagine … (spend) your holidays on the moon?
19 There's no point in … (call) again. There's no one at home.
20 I don't allow people … (smoke) in my house.
21 It was silly of you … (forget) to lock the door.
22 He risks … (lose) his wallet when he leaves it on his desk.

8. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 A: Is Anne in the room?
B: Yes. I can see her ...dancing... (dance) with her husband over there.
2 A: Did you see the robber?
B: Yes. I saw him … (get) into the car and drive away.
3 A: Is John here today?
B: Yes. I heard him … (talk) on the phone as I walked past his office.
4 A: Colin is good at speaking in public, isn't he?
B: Yes. I heard him … (make) a speech last month. It was excellent.
5 A: I walked past the sports centre today.
B: So did I, and I stopped for a moment to watch some boys … (play) football.
6 A: Your hair looks great today.
B: Thanks. I watched the hairdresser … (dry) it so I could learn how to do it myself.
7 A: That's a music school, isn't it?
B: That's right. I often hear the students … (sing) as I walk past.
8 A: Did you stay until the end of the contest?
B: Yes. I listened to the chairman … (announce) the results before I went home.
9 A: How do you know Tim is at home?
B: I saw him … (cut) the grass as I was driving home.
10 A: How do you know that man stole the watch?
B: I saw him … (put) it in his pocket and leave the shop without paying.

9. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

1 I'll never forget ...*sailing*... (sail) down the Danube on that warm spring night last year.
2 Please don't forget … (pay) the bill.
3 John said he remembers … (buy) the newspaper, but now he can't find it.
4 Did you remember … (post) my letters today?
5 Gloria regrets … (shout) at her sister.
6 I regret … (inform) you that we cannot give you your money back.

7 The students went on … (write) for another hour.
8 After cleaning the windows, he went on … (wash) the car.
9 We are sorry … (announce) that the 7:15 train to Liverpool has been cancelled.
10 I'm sorry for … (miss) your birth day party; I'll make it up to you.
11 She stopped … (go) to the gym after she had got back into shape.
12 They stopped … (have) a rest before they continued their journey.
13 They tried … (open) the door, but it was stuck.
14 You should try … (make) your own clothes. It's much cheaper.
15 I'm sorry. I didn't mean … (break) your vase.
16 Being a teacher means … (correct) a lot of homework.
17 I like … (tidy) my room at week ends because I don't have time during the week.
18 They like … (play) in the sea on hot days.

10. Put the verbs in brackets into the correct infinitive form or the -ing form.

My neighbour, Mr. Mason, loves 1) …*spending*… (spend) time in his garden. He would rather 2) … (work) outside than stay indoors, even when it is snowing! Early in the morning, you can 3) … (see) Mr. Mason 4) … (eat) breakfast in his garden, and late at night he is there again, with a cup of cocoa in his hand. I'd like 5) … (help) sometimes when there is lots of work to do, but Mr. Mason prefers 6) … (do) everything himself. He doesn't mind 7) … (get) cold and wet in the winter, and his wife says it's no use 8) … (try) to make him wear a waterproof jacket because he hates 9) … (wear) them! Mr. Mason says he will go on 10) … (garden) until he is too old 11) … (do) it!

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary

			to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

Выполните упражнения на закрепление материала:

1. Look at the prompts and make Type 1 conditional sentences, as in the example.

e.g. If we cut down all the forests, the world's climate will change.

1 cut down/ all forests / world's climate / change
2 not stop/use / aerosols /destroy / ozone layer
3 find / alternative sources of energy / solve / some of our environmental problems
4 temperatures / go up / by a few degrees /sea levels / rise
5 recycle / waste / save / natural resources
6 population / continue to increase / not be enough food for everyone

2. Lisa is trying to decide where to go on holiday. She would like to go to one of these places. In pairs, ask and answer questions using the prompts below, as in the example.

A) SPAIN FOR A WEEK
£180 Inclusive!!
2-star hotel beach
Free water sports

B) A TWO WEEK CAMPING HOLIDAY IN THE SOUTH OF FRANCE
ONLY £280 per person
Self-catering

1. How long / be away / choose / Spain?
SA: How long will she be away if she chooses Spain?
SB: If she chooses Spain, she'll be away for a week.
2. Where / go / like / camping?
3. How much / pay / go to / France?
4. What / do / go to / Spain?
5. Where / go / want / cheap holiday?

3. Study the situations, then make Type 2 conditional sentences, as in the example.

I don't have a car, so I have to wait for the bus every day.
1. If I ...had... (have) a car, I ...wouldn't have to... (not/have to) wait for the bus every day.
I never do my homework, so my teacher always gets angry with me.
2. If I … (do) my homework, my teacher … (not/get) angry with me.
I live in a small house, so I can't invite friends over.
3. If I … (live) in a bigger house, I … (be able to) invite friends over.
I never get up early, so I y am always late for school.
4. If I … (get up) earlier, I … (not/be) late for school.

4. Complete the sentences to make Type 3 conditional sentences, as in the example.

1. If he ...hadn't noticed... (not/notice) the mould in one of his glass dishes, Alexander Fleming ...would never have discovered... (never/discover) penicillin.
2. If he … (sell) some of his paintings, Van Gogh … (get) some recognition during his lifetime.
3. If Barbara Streisand … (change) the shape of her nose, her career … (never/be) the same.
4. If Anne Sullivan … (not/teach) her, Helen Keller … (not/be able to) communicate.
5. If Naomi Campbell … (not/be) so beautiful, she … (never/become) a supermodel.

5. Read the story below and make Type 3 conditional sentences, as in the example.

e.g. 1) ...if Sally hadn't been in a hurry, she would nave left some important notes at home....
Sally had a terrible day yesterday. She was in a hurry, so she left some important notes at home. She wasn't prepared for her meeting with a new client, so the meeting was a disaster. The client was

disappointed, and as a result he refused to do business with the company. The boss shouted at Sally, so she got upset.

6. Match the items in column A with those in column B in order to make correct Type 0 conditional sentences, as in the example.

e.g. 1 - c ...if you add sugar to a cup of coffee, the coffee tastes sweeter...

A

1. Add sugar to a cup of coffee.
2. Throw salt onto snow.
3. Put an apple in a bowl of water.
4. Water plants regularly.
5. Lie in the sun too long.
6. Take regular exercise.

B

a The apple floats.
b Your skin turns red.
c The coffee tastes sweeter.
d You feel healthy.
e The plants grow.
f The snow melts.

7. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 A: What time will you be home tonight?
B: I'm not sure. If I ...have to... (have to) work late. I ...'ll call... (call) you.
2 A: I felt very tired at work today.
B: Well, if you … (not/watch) the late film, you … (not/feel) so tired
3 A: Should I buy that car?
B: Why not? If I … (have) the money, I … (buy) it myself.
4 A: If you … (pass) a chemist's, … (you/get) me some cough medicine?
B: Yes, certainly.
5 A: My sister seems very upset at the moment.
B: Were I you, I … (talk) to her about it.
6 A: Unless you … (hurry), you … (be) late again.
B: No, I won't. There's plenty of time.
7 A: Oh! I forgot to ask Sarah over for dinner.
B: If I … (speak) to her today, I … (ask) her for you.
8 A: May I join the club, please?
B: Provided you … (be) over eighteen, you can join the club.
9 A: What a lovely restaurant! I'm glad we came here.
B: If you … (not/burn) the dinner, we … (not/come) here!
10 A: Just think. If I … (not/move) to York, I … (never/meet) you.
B: I know, wasn't it lucky?
11 A: Jo doesn't spend enough time with me.
B: Well, if she … (have) the time, I'm sure she … (try), but she's very busy.
12 A: Did you give Bill the message?
B: No, but when I … (see) him, I … (tell) him the news.

8. Choose the correct answer.

1 'If you ...C... that plate, you'll burn your fingers.'

'Why? Has it been in the oven?'
A would touch
B will touch
C touch
2 ‘ … you're busy, we'll talk now.'
‘That's fine. I'm not busy at the moment.'
A If
B Provided
C Unless
3 'If you watch the news, you … a lot.'
'I know. I watch it every day.'
A learn
B were learning
C would learn
4 '… you wear warm clothes, you won't get cold.'
'I'll wear an extra jumper.'
A Unless
B Providing
C Supposing
5 'Shall I invite John to the party?'
'Well, were I you, I … him.'
A would invite
B will invite
C am inviting
6 '… the teacher comes back now, what will you do?'
'I don't know.'
A When
B Providing
C Supposing
7 'Could I see the menu, please?'
'Yes, sir. If you … a seat, I will fetch it for you.'
A take
B had taken
C have taken
8 'Don't cry. Everything will be alright.'
'Yes, but if I … the bus, I wouldn't have been late for school.'
A didn't miss
B hadn't missed
C don't miss
9 'When water boils, it … steam.'
'Yes, I know; and the steam is hot, too.'
A would produce
B produce
C produces
10 'Can you help me, please?'
'Well, if I wasn't studying, I … you.'
A would help
B help
C will help
11 'John crashed his car yesterday.'
'I know, but if he hadn't been changing the cassette, he …'
A won't crash

B wouldn't crash
C wouldn't have crashed
12 'Can I have some chocolate, please?'
'If you behave yourself, I you some later.'
A would buy
B might buy
C buy
13 'Should you see Colin … and tell me.'
'I will.'
A come
B to come
C will come
14 'If we were rich, we … expensive clothes.'
'Well, unfortunately we aren't rich!'
A could afford
B can afford
C afford

9. Put the verbs in brackets into the correct tense.

1 If I ...were... (be) you, I wouldn't drive in the snow.
2 Peter … (be able to) help you if he was here.
3 If I had closed the window, the cat … (not/jump) out.
4 I … (call) for help if I got stuck in a lift.
5 Had I known him, I … (talk) to him.
6 John … (may/lose) his job if he is rude to the boss.
7 If you … (save) some money, you would have been able to go on holiday last year.
8 You may win if you … (take) part in the contest.
9 If I had toothache, I … (go) to the dentist.
10 They would have helped us move house if we … (ask) them.
11 If Jane … (be) older, she could live by herself.
12 We would have changed our plans if we … (hear) the weather forecast.
13 Emma … (send) a card if she had remembered it was their anniversary.
14 Robert … (feel) better if you talked to him.
15 If Sam was still living nearby, you … (can/invite) him for dinner.
16 If you … (put) your money in your wallet, you will not lose it.
17 If you … (like) chocolate, you will love this cake.
18 If Bill … (come) home early, he will eat dinner with us.
19 Sandra will join us later unless she … (have) a lot of work to do.

10. Fill in the gaps using when or if.

1 A: Have you phoned Paul yet?
B: No, I'll phone him ...when... I get home.
2 A: … I get a new job soon, I may have a party.
B: That's a good idea.
3 A: I really liked that dress we saw.
B: Well, you can buy it … you get paid.
4 A: Shall we go somewhere this weekend?
B: Yes … it's sunny, we could go to the beach.
5 A: Did you make this cake yourself?
B: Yes … you like it, I'll give you the recipe.
6 A: Is Jane still asleep?
B: Yes … she wakes up, I'll tell her you're here.

7 A: Have you done your homework?
B: No. I'll do it … we've finished dinner.
8 A: We've run out of milk.
B: Well, … I go to the shops, I'll buy some more.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ Угеров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.03 ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация №1

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Безбородова С. А., к.п.н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Иностранных языков и деловой коммуникации	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Юсупова Л. Г.	д.г-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 22.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

2020

СОДЕРЖАНИЕ

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям……... 3
1.1 Повторение материала практических занятий……..... 3
1.2 Чтение и перевод учебных текстов……. 42
1.3 Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций) ..……..... 60
1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения) ……. 73
1.5 Подготовка к контрольной работе 73

II. Другие виды самостоятельной работы……. 73
2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания:
2.1.1 Подготовка к ролевой игре…….. 73
2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию ……. 74
2.1.3 Подготовка к опросу ……. 75
2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного……. 75
2.3 Подготовка доклада…….. 94
2.4 Подготовка к тесту……..... 95
2.5 Подготовка к экзамену…….. 99

I. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям

1. Повторение материала практических занятий

Практические занятия направлены на развитие умений иноязычного говорения в рамках заданных РПД тем: бытовая сфера общения (Я и моя семья); учебно-познавательная сфера общения (Я и мое образование); социально-культурная сфера общения (Я и моя страна. Я и мир); профессиональная сфера общения (Я и моя будущая специальность).

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My family

My name is Vladimir Petrov. I am … years old. I was born in 19… in Nizhniy Tagil. I went to school when I was 7. In 20… I finished school number 10 in Ekaterinburg. This year I entered the Ural State Mining University. In five years I shall graduate from this University.

I live in the center of Ekaterinburg. I work at the Ministry of Foreign Trade. I'm an engineer & I am also a student. Many engineers in our Ministry learn foreign languages.

My family is not large. I have a wife & two children. My wife's name is Ann & children's names are Nick & Natalie.

My wife is an economist. My wife is a young woman. She is twenty – nine years old. She works at the Ministry of Foreign Trade, too. She goes to the office every day. My wife doesn't learn English. She already knows English very well. She reads many English books, magazines & newspapers. My wife is also a student. She learns German. She likes languages very much & is going to learn French next year.

My daughter is a girl of ten. She goes to school. She has a lot of subjects at school. She also learns English. She also helps her mother at home.

My son is a little boy. He was born five years ago. I take him to the kindergarten every morning.

My parents are not old. My father is 53. He is an engineer. He graduated from The Ural Polytechnical Institute. He works at a big plant. My mother is 51. She is a teacher. She teaches Russian at school. She graduated from the Leningrad Teachers' Training University.

My sister's name is Katya. She works at an office. Besides she studies at an Evening Department. She is married. Her husband is a doctor. He works at a hospital. They have a little son. He is only six months old.

My elder brother, Boris by name, does not stay with us. He lives in Gorky in a large two-roomed flat. He is a designer. He has also a family of his own. He has a wife & two children: a boy & a girl. Their son is already a pupil. My brother & his family often come to see us. We also visit them sometimes.

I also have a grandfather & a grandmother. They are pensioners. My grandmother looks after the house & does the cooking. We usually take our children to the country in summer to stay with their grandparents. They love their grandchildren very much.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My student's life

I'm a student of The Ural State Mining University. I have been a student only one month. I can't speak English very well yet. I am just a beginner. I live in a hostel. It is rather a long way from the University. In fact, it takes me about an hour to get to the University. But it gives me no trouble at all, as I like to get up early. I don't need an alarm-clock to wake me up. I am an early - riser.

Though the hostel is far from the University it is very comfortable & has all modern conveniences.

As a rule I get up at 6.30, do morning exercises & have shower. I don't have a bath in the morning; I have a bath before I go to bed.

For breakfast I have a boiled egg & a cup of coffee in order not to waste the time. At about 7.30 I am quite ready to go. It is about 5 minutes walk from the hostel to the stop. I usually take the 7.40. bus. I walk to the stop as I have plenty of time to catch my bus.

I come to the University 5 minutes before the lesson begins. So I can have a chat with my friends. The majority of my group mates are from Ekaterinburg the others either come from different towns of our country. We usually have a lot of things to talk about.

We don't go out to the lunch. There is a good canteen at the University. It is on the ground floor. But I should say that you have to stand in a queue to have lunch.

I come to the hostel from the University at about 3 o'clock. I live in a single room & have nobody to speak with. In the evening I sometimes go out with my friends. We go to the cinema if there is something new or to the club if there is a dancing party there. But often I stay in, watch TV programs or listen to the music. Then I read a book for half an hour or so & go to sleep. That doesn't take me long, as a rule.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

Ekaterinburg – an Industrial Centre

Ekaterinburg is one of the leading industrial centres of Russia. There are over 200 industrial enterprises of all-Russia importance in it. The key industry is machine-building. The plants of our city produce walking excavators, electric motors, turbines, various equipment for industrial enterprises.

During the Great Patriotic War Sverdlovsk plants supplied the front with arms and munitions and delivered various machinery for restoration of Donbass collieries and industrial enterprises of the Ukraine.

The biggest plants of our city are the Urals Heavy Machine Building Plant (the Uralmash), the Urals Electrical Engineering Plant (Uralelectrotyazhmash), the Torbomotorny Works (TMZ), the Chemical Machinery Building Works (Chimmash), the Verkh Iset Metallurgical Works (VIZ) and many others.

The Urals Heavy Machinery Building Plant was built in the years of the first five-year plan period. It has begun to turn out production in 1933. The machines and equipment produced by the Uralmash have laid the foundation for the home iron and steel, mining and oil industries. The plant produces walking excavators and draglines, drilling rigs for boring super-deep holes, crushing and milling equipment for concentrators. The plant also produces rolling-mills, highly efficient equipment for blast furnaces, powerful hydraulic presses and other machines. The trade mark of the Uralmash is well-known all over the world.

The Electrical Engineering plant was put into operation in 1934. At the present time it is a great complex of heavy electrical machine-building. It produces powerful hydrogenerators, transformers, air and oil switches, rectifiers & other electrical equipment. Besides, it is one of the main producers of high-voltage machinery.

The Turbo-Motorny Works produces turbines & diesel motors for powerful trucks. The turbines manufactured by this plant are widely known not only in our country, but also abroad. The plant turned out its first turbines in 1941.

The Urals Chemical Works, the greatest plant in the country, produces machinery for the chemical industry. It also produces vacuum- filters used in different branches of oil industry.

The Verkh-Iset Metallurgical Works the oldest industrial enterprise in Ekaterinburg is now the chief producer of high grade transformer steel in the country.

Now complex mechanization & automation of production processes are being used at all industrial enterprises of Ekaterinburg. Its plants make great contribution to the development of our country's national economy.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (the UK) occupies most of the territory of the British Isles. It consists of four main parts: England, Scotland, Wales and Northern

Ireland. London is the capital of England. Edinburgh is the capital of Scotland, Cardiff— of Wales and Belfast — of Northern Ireland. The UK is a small country with an area of some 244,100 square kilometres. It occupies only 0.2 per cent of the world's land surface. It is washed by the Atlantic Ocean in the north-west, north and south-west and separated from Europe by the Severn, but the most important waterway is the Thames.

The climate is moderate and mild. But the weather is very changeable. The population of the United Kingdom is over 57 million people. Foreigners often call British people "English", but the Scots, the Irish and the Welsh do not consider themselves to be English. The English are Anglo-Saxon in origin, but the Welsh, the Scots and the Irish are Celts, descendants of the ancient people, who crossed over from Europe centuries before the Norman Invasion. It was this people, whom the Germanic Angles and Saxons conquered in the 5th and 6th centuries AD. These Germanic conquerors gave England its name — "Angle" land. They were conquered in their turn by the Norman French, when William the Conqueror of Normandy landed near Hastings in 1066. It was from the union of Norman conquerors and the defeated Anglo-Saxons that the English people and the English language were born. The official language of the United Kingdom is English. But in western Scotland some people still speak Gaelic, and in northern and central parts of Wales people often speak Welsh.

The UK is a highly developed industrial country. It is known as one of the world’s largest producers and exporters of machinery, electronics, textile, aircraft, and navigation equipment. One of the chief industries of the country is shipbuilding.

The UK is a constitutional monarchy. In law, Head of the State is Queen. In practice, the country is ruled by the elected government with the Prime Minister at the head. The British Parliament consists of two chambers: the House of Lords and the House of Commons. There are three main political parties in Great Britain: the Labour, the Conservative and the Liberal parties. The flag of the United Kingdom, known as the Union Jack, is made up of three crosses. The big red cross is the cross of Saint George, the patron saint of England. The white cross is the cross of Saint Andrew, the patron saint of Scotland. The red diagonal cross is the cross of Saint Patrick, the patron saint of Ireland.

The United Kingdom has a long and exciting history and a lot of traditions and customs. The favorite topic of conversation is weather. The English like to drink tea at 5 o’clock. There are a lot of high daysin Great Britain. They celebrate Good Friday, Christmastide, Christmas, Valentine`s day and many others. It is considered this nation is the most conservative in Europe because people attach greater importance to traditions; they are proud of them and keep them up. The best examples are their money system, queen, their measures and weights. The English never throw away old things and don’t like to have changes.

Great Britain is a country of strong attraction for tourists. There are both ancient and modern monuments. For example: Hadrian Wall and Stonehenge, York Cathedral and Durham castle. It is no doubt London is the most popular place for visiting because there are a lot of sightseeing like the Houses of Parliament, Buckingham Palace, London Bridge, St Paul’s Cathedral, Westminster Abbey, the Tower of London. Also you can see the famous Tower Clock Big Ben which is considered to be the symbol of London. Big Ben strikes every quarter of an hour. You will definitely admire Buckingham Palace. It’s the residence of the royal family. The capital is famous for its beautiful parks: Hyde Park, Regent’s Park. The last one is the home of London Zoo.

Подготовьте устный рассказ по теме на основе предложенного:

My speciality is Geology

I am a first year student of the Ural State Mining University. I study at the geological faculty. The geological faculty trains geologic engineers in three specialities: mineral prospecting and exploration, hydrogeology and engineering geology, drilling technology.

Geology is the science which deals with the lithosphere of our planet. Geology studies the composition of the Earth's crust, its history, the origin of rocks, their distribution and many other problems.

That is why the science of geology is commonly divided into several branches, such as:

1. General Geology which deals with the composition arid the structure of the Earth and with various geological processes going on below the Earth’s surface and on its surface.

2. Petrology which studies the rocks of the Earth.

3. Mineralogy which investigates the natural chemical compounds of the lithosphere.

4. Paleontology which deals with fossil remains of ancient animals and plants found in rocks.

5. Historic Geology which treats of the Earth's history.

6. Structural Geology which deals with the arrangement of rocks due to the Earth's movements.

7. Economic Geology which deals with occurrence, origin and distribution of mineral deposits valuable to man.

All these branches of geology are closely related to each other.

Geology is of great practical importance because .it supplies industry with all kinds of raw materials, such as ore, coal, oil, building materials, etc.

Geology deals with the vital problem of water supply. Besides, many engineering projects, such as tunnels, canals, dams, irrigation systems, bridges etc. need geological knowledge in choosing construction sites and materials.

The practical importance of geology has greatly increased nowadays. It is necessary to provide a rapid growth of prospecting mineral deposits, such as ores of iron, copper, lead, uranium and others, as well as water and fossil fuels (oil, gas and coal). They are badly needed for further development of all the branches of the national Economy of our country and for creating a powerful economic foundation of the society. The graduates of the geological faculty of the Ural State Mining University work all over the country in mines, geological teams and expeditions of the Urals, Siberia, Kasakhstan, in the North and Far East, etc. as well as abroad.

Very often geologists have to work under hard climatic and geological conditions. They must be courageous, strong and purposeful people, ready to overcome any hardships which nature has put in their way to its underground treasure-house.

Практические занятия направлены также на формирование грамматического навыка по темам: порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях, порядок слов в вопросительном предложении, безличные предложения, местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные), имя существительное, артикли (определенный, неопределенный, нулевой), функции и спряжение глаголов *to be* и *to have, о*борот *there+be,* имя прилагательное и наречие, степени сравнения, сравнительные конструкции, имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат), образование видовременных форм глагола в активном залоге.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице №1:

Таблица №1

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Порядок слов в повествовательном и побудительном предложениях	148	9
Порядок слов в вопросительном предложении	163-170	10, 24
Безличные предложения	149	440
Местоимения (указательные, личные, возвратно-усилительные, вопросительные, относительные, неопределенные)	41-55	101, 439
Имя существительное	66-78	435

Артикли (определенный, неопределенный, нулевой)	78-84	433
Функции и спряжение глаголов *to be* и *to have*	102-104	6-8
Оборот *there+be*	105-107	100
Имя прилагательное и наречие	115	83
Степени сравнения, сравнительные конструкции	115-121	143
Имя числительное (количественные и порядковые; чтение дат)	261-271	-
Образование видовременных форм глагола в активном залоге	193-209	10, 36, 69

Повторите материал практических занятий!

Порядок слов в английском предложении

В русском языке, благодаря наличию падёжных окончаний, мы можем переставлять члены предложения, не меняя основного смысла высказывания. Например, предложения Студенты изучают эти планы и Эти планы изучают студенты совпадают по своему основному смыслу. Подлежащее в обоих случаях - студенты, хотя в первом предложении это слово стоит на первом месте, а во втором предложении - на последнем.

По-английски такие перестановки невозможны. Возьмём предложение The students study these plans Студенты изучают эти планы. Если подлежащее и дополнение поменяются местами, то получится бессмыслица: These plans study the students Эти планы изучают студентов. Произошло это потому, что слово plans, попав на первое место, стало подлежащим.

Английское предложение имеет твёрдый порядок слов.

Порядок слов в английском предложении показан в этой таблице:

I	**II**	**III Дополнение**			**IV Обстоятельство**
Подлежащее	**Сказуемое**	**Косвенное без предлога**	**Прямое**	**Косвенное с предлогом**	
We Мы	study изучаем		math математику		
He Он	gives дает	us нам	lessons уроки		in this room. в этой комнате
She Она	reads читает		her notes свои заметки	to Peter Петру	every day. каждый день

Вопросительное предложение

Общее правило построения вопросов в английском языке таково: Все вопросы (кроме специальных вопросов к подлежащему предложения) строятся путем инверсии. Инверсией называется нарушение обычного порядка слов в английском предложении, когда сказуемое следует за подлежащим.

В тех случаях, когда сказуемое предложения образовано без вспомогательных глаголов (в Present и Past Indefinite) используется вспомогательный глагол to do в требуемой форме - do/does/did.

Общие вопросы

Общий вопрос задается с целью получить подтверждение или отрицание высказанной в вопросе мысли. На общий вопрос обычно дается краткий ответ: "да" или "нет".

Для построения общего вопроса вспомогательный или модальный глагол, входящий в состав сказуемого, ставится в начале предложения перед подлежащим.

а) Примеры сказуемого с одним вспомогательным глаголом: Is he speaking to the teacher? - Он говорит с учителем?

б) Примеры сказуемого с несколькими вспомогательными глаголами:

You will be writing letters to us. – Ты будешь писать нам письма.
Will you be writing letters to us? – Будешь ли ты писать нам письма?
Примеры с модальными глаголами:
She can drive a car. – Она умеет водить машину.
Can she drive a car? - Она умеет водить машину? (Yes, she can.; No, she cannot)

Когда в составе сказуемого нет вспомогательного глагола (т.е. когда сказуемое выражено глаголом в Present или Past Indefinite), то перед подлежащим ставятся соответственно формы do / does или did; смысловой же глагол ставится в форме инфинитива без to (словарная форма) после подлежащего.

С появлением вспомогательного глагола do на него переходит вся грамматическая нагрузка - время, лицо, число: в Present Indefinite в 3-м лице ед. числа окончание -s, -es смыслового глагола переходит на глагол do, превращая его в does; а в Past Indefinite окончание прошедшего времени -ed переходит на do, превращая его в did.
Do you go to school? – Ходишь ли ты в школу?
Do you speak English well? - Ты хорошо говоришь по-английски?

Ответы на общие вопросы

Общий вопрос требует краткого ответа "да" или "нет", которые в английском языке образуются следующим образом:

а) Положительный состоит из слова Yes за которым (после запятой) идет подлежащее, выраженное личным местоимением в им. падеже (никогда не используется существительное) и тот вспомогательный или модальный глагол, который использовался в вопросе (вспомогательный глагол согласуется с местоимением ответа);

б) Отрицательный ответ состоит из слова No, личного местоимения и вспомогательного (или модального) глагола с последующей частицей not
Например: Are you a student? - Ты студент?
Yes, I am. - Да.; No, I am not. - Нет.
Do you know him? – Ты знаешь его?
Yes, I do. – Да (знаю).; No, I don't. – Нет (не знаю).

Специальные вопросы

Специальный вопрос начинается с вопросительного слова и задается с целью получения более подробной уточняющей информации. Вопросительное слово в специальном вопросе заменяет член предложения, к которому ставится вопрос.
Специальные вопросы могут начинаться словами:
who? – кто? whom? – кого? whose? - чей? what? – что? какой? which? – который?
when? – когда? where? – где? куда? why? – почему? how? – как?
how much? – сколько? how many? – сколько? how long? – как долго? сколько времени?
how often? – как часто?

Построение специальных вопросов:

1) Специальные вопросы ко всем членам предложения, кроме подлежащего (и его определения) строятся так же, как и общие вопросы – посредством инверсии, когда вспомогательный или модальный глагол ставится перед подлежащим.

Специальный вопрос (кроме вопроса к подлежащему) начинается с вопросительного слова или группы слов за которым следуют вспомогательный или модальный глагол, подлежащее и смысловой глагол (сохраняется структура общего вопроса).

Вопрос к прямому дополнению:
What are you reading? Что ты читаешь?
What do you want to show us? Что вы хотите показать нам?

Вопрос к обстоятельству

Обстоятельства бывают разного типа: времени, места, причины, условия, образа действия и др.

He will come back tomorrow. – Он вернется завтра.
When will he come back? – Когда он вернется?
What did he do it for? Зачем он это сделал?
Where are you from?

Вопрос к определению

Вопрос к определению начинается с вопросительных слов what какой, which (of) который (из), whose чей, how much сколько (с неисчисляемыми существительными), how many сколько (с исчисляемыми существительными). Они ставятся непосредственно перед определяемым существительным (или перед другим определением к этому существительному), а затем уже идет вспомогательный или модальный глагол.

What books do you like to read? Какие книги вы любите читать?
Which books will you take? Какие книги (из имеющихся) вы возьмете?

Вопрос к сказуемому

Вопрос к сказуемому является типовым ко всем предложениям: ”Что он (она, оно, они, это) делает (делал, будет делать)?”, например:
What does he do? Что он делает?

Специальные вопросы к подлежащему

Вопрос к подлежащему (как и к определению подлежащего) не требует изменения прямого порядка слов, характерного для повествовательного предложения. Просто подлежащее (со всеми его определениями) заменяется вопросительным местоимением, которое исполняет в вопросе роль подлежащего. Вопросы к подлежащему начинаются с вопросительных местоимений:

who – кто (для одушевленных существительных)
what - что (для неодушевленных существительных)
The teacher read an interesting story to the students yesterday.
Who read an interesting story to the students yesterday?

Сказуемое в таких вопросах (после who, what в роли подлежащего) всегда выражается глаголом в 3-м лице единственного числа (не забудьте про окончание -s в 3-м лице ед. числа в Present Indefinite. Правила образования -s форм см. здесь.):
Who is reading this book? Кто читает эту книгу?
Who goes to school?

Альтернативные вопросы

Альтернативный вопрос задается тогда, когда предлагается сделать выбор, отдать чему-либо предпочтение.

Альтернативный вопрос может начинаться со вспомогательного или модального глагола (как общий вопрос) или с вопросительного слова (как специальный вопрос) и должен обязательно содержать союз or - или. Часть вопроса до союза or произносится с повышающейся интонацией, после союза or - с понижением голоса в конце предложения.

Например вопрос, представляющий собой два общих вопроса, соединенных союзом or:
Is he reading or is he writing?
Did he pass the exam or did he fail?

Вторая часть вопроса, как правило, имеет усеченную форму, в которой остается (называется) только та часть, которая обозначает выбор (альтернативу):
Is he reading or writing?

Разделительные вопросы

Основными функциями разделительных вопросов являются: проверка предположения, запрос о согласии собеседника с говорящим, поиски подтверждения своей мысли, выражение сомнения.

Разделительный (или расчлененный) вопрос состоит из двух частей: повествовательной и вопросительной.

Первая часть - повествовательное утвердительное или отрицательное предложение с прямым порядком слов.

Вторая часть, присоединяемая через запятую, представляет собой краткий общий вопрос, состоящий из местоимения, заменяющего подлежащее, и вспомогательного или модального глагола. Повторяется тот вспомогательный или модальный глагол, который входит в состав сказуемого первой части. А в Present и Past Indefinite, где нет вспомогательного глагола, употребляются соответствующие формы do/ does/ did.

В второй части употребляется обратный порядок слов, и она может переводится на русский язык: не правда ли?, не так ли?, верно ведь?

1. Если первая часть вопроса утвердительная, то глагол во второй части стоит в отрицательной форме, например:

You speak French, don't you? You are looking for something, aren't you? Pete works at a plant, doesn't he?

2. Если первая часть отрицательная, то во второй части употребляется утвердительная форма, например:

It is not very warm today, is it? John doesn't live in London, does he?

Безличные предложения

Поскольку в английском языке подлежащее является обязательным элементом предложения, в безличных предложениях употребляется формальное подлежащее, выраженное местоимением it. Оно не имеет лексического значения и на русский язык не переводится.

Безличные предложения используются для выражения:

1. Явлений природы, состояния погоды: It is/(was) winter. (Была) Зима. It often rains in autumn. Осенью часто идет дождь. It was getting dark. Темнело. It is cold. Холодно. It snows. Идет снег.

2. Времени, расстояния, температуры: It is early morning. Ранее утро. It is five o'clock. Пять часов. It is two miles to the lake. До озера две мили. It is late. Поздно.

3. Оценки ситуации в предложениях с составным именным (иногда глагольным) сказуемым, за которым следует подлежащее предложения, выраженное инфинитивом, герундием или придаточным предложением: It was easy to do this. Было легко сделать это.
It was clear that he would not come. Было ясно, что он не придет.

4. С некоторыми глаголами в страдательном залоге в оборотах, соответствующих русским неопределенно-личным оборотам: It is said he will come. Говорят, он придет.

Местоимение. The Pronoun.
Классификации местоимений.

1	**personal**	личные
2	**possessive**	притяжательные
3	**demonstrative**	указательные
4	**indefinite and negative**	неопределенные и отрицательные
5	**quantifiers**	количественные
6	**reflexive**	возвратные
7	**reciprocal**	взаимные
8	**relative**	относительные
9	**defining**	определительные
10	**interrogative**	вопросительные

I. Личные (personal) местоимения

Общий падеж		**Объектный падеж**	
I	я	**me**	мне, меня
he	он	**him**	его, ему
she	она	**her**	ей, о ней
it	оно, это	**it**	ей, ему, этому
we	мы	**us**	нам, нас

they	они	**them**	им, их
you	ты, вы	**you**	тебе, вам

Внимание! He (он) и **she (она)** в английском языке можно говорить только про людей. Все остальные английские существительные (предметы, животные, явления природы, чувства и т. д.) - обозначаются – it (оно, это).

he	**she**	**it**
a boy – мальчик **a man –** мужчина **brother –** брат **father –** отец **Nick –** Николай **Mr Grey –** мистер Грей	**a girl –** девочка **a woman –** женщина **sister – с**естра **motherч–** мама **Kate –** Катя **Mrs Grey –** миссис Грей	**a cat –** кот **a wall –** стена **rain –** дождь **love –** любовь **a hand –** рука **an apple -** яблоко

Англичане говорят <u>It's me</u>, а не It's I (это я).

II. Притяжательные (possessive) местоимения

Притяжательные местоимения выражают принадлежность и имеют в английском языке **две формы - основную** (после этой формы обязательно требуется существительное).
Whose pen is it? - *Чья это ручка?* **- It's my pen**. - *Это моя ручка*.
И **абсолютную** (существует самостоятельно, без существительного) **- It's mine.** - *Это моя.*

Личное местоимение	**Основная форма**	**Абсолютная форма**
I – я **he –** он **she –** она **it – оно,** это **we –** мы **you –** ты, вы **they -** они	**my (toy) -** моя (игрушка) **his (toy) -** его (игрушка) **her (toy) -** ее (игрушка) **its (toy) -** его (не о человеке) **our (toy) -** наша (игрушка) **your (toy) -** ваша, твоя (игрушка) **their (toy) -** их (игрушка)	**his -** его **hers -** ее **its -** его (этого) **ours -** наша **yours -** ваша, твоя **theirs -** их

III. Указательные (demonstrative) местоимения

this (это, эта, этот) **– these** (эти) **that** (то, та, тот) **- those** (те)

IV. Неопределенные (indefinite) и отрицательные (negative) местоимения

Местоимения some, any, every, и их производные

• Если у вас есть, например, яблоки и вы знаете, сколько их, вы говорите:
I have/l have got three apples. *У меня есть 3 яблока,*
• Если вы не знаете точное количество, то используйте неопределенное местоимение **some: I have/1 have got apples.** *У меня есть несколько яблок (некоторое количество).*

Производные от неопределенных местоимений

Слово **"think"** обозначает **"вещь"** (не обязательно материальная).
Слово **"body"** обозначает **"тело".** Эти слова являются основой для целого ряда словообразований.

Thing используется для неодушевленных (что-то):

some	**something –** *что-то, что-нибудь*
any	**anything -** *что-то, что-нибудь*
thing	
no	**nothing -** *ничего, ничто*

every	**everything** - *все*
Body/one - для одушевленных (кто-то):	
some	**somebody/someone –** *кто-то, кто-нибудь*
any	**anybody/anyone -** *кто-то, кто-нибудь*
body/one	
no	**nobody / no one -** *никого, никто*
every	**everybody /everyone –** *все, каждый*
Местоимение **some** и основа **body** должны произноситься и писаться слитно, в противном случае вместо **somebody** – *кто-то*, получится **some body** - *какое-то тело*, **Something/somebody/someone** - в утвердительных предложениях, **anything/anybody/anyone** - в отрицательных и вопросительных предложениях**, nothing/nobody/no one** – в отрицательных. **Anything/anybody/anyone** - также используются в утвердительных предложениях, но в значении *что угодно/кто угодно*	

somewhere - *где-нибудь, куда-нибудь*	**anywhere** - *где угодно*
nowhere - *нигде*	**everywhere** - *везде*

V. Количественные (quantifiers) местоимения

Many и much - оба слова обозначают **" много"**, С **исчисляемыми** существительными (теми, которые можно посчитать, можно образовать множественное число) используется слово **many**, а с **неисчисляемыми** - слово **much**.	
many girls - *много девочек* **many boys** - *много мальчиков* **many books** - *много книжек*	**much snow** - *много снега* **much money** - *много денег* **much time** - *много времени*
How many? } **сколько?** **How much?** } **сколько?**	**How many girls?** - *Сколько девочек?* **How much sugar?** - *Сколько сахара?* **How much sugar?** - *Сколько сахара?*
a lot of... - много - используется и с исчисляемыми, и с неисчисляемыми существительными a lot без (of) используется и без существительного.	girls – много девочек **a lot of** sugar - много сахара
Сравните: He writes **a lot** of funny stories**.** *Он пишет много забавных рассказов.* He writes **a lot.** *Он много пишет.*	
В утвердительных предложениях используйте **a lot of.** В отрицательных и в вопросительных **many/much,** **Сравните:** (+) My grandmother often cooks **a lot of** tasty things. *Моя бабушка часто готовит много вкусного*. (-) But we don't eat **much.** *Но мы не едим много*. (?) Do you eat much? *Вы много едите?* Иногда слова **much** и **a lot** являются синонимами слова **"часто":** Do you ski **much**? *Вы много (часто) катаетесь на лыжах?* No, not much (= not often).Нет, не часто.	

Few, little, a few, a little

С неисчисляемыми существительными используйте слово little (мало), а с исчисляемыми - few (мало).

few books - мало книг **few girls** - мало девочек **few boys** - мало мальчиков	**little time** - мало времени **little money** - мало денег **little snow** - мало снега
little } **мало (т.е. надо еще)** **few** } **мало (т.е. надо еще)**	**a little** } **немного (т.е. пока хватает)** **a few** } **немного (т.е. пока хватает)**

VI. Возвратные (reflexive) местоимения

Возвратные местоимения образуются от личных местоимений в объектном падеже и притяжательных местоимений прибавлением **- self** в единственном числе и **- selves** во множественном числе. Возвратные местоимения используются для того, чтобы показать, что объект, названный подлежащим предложения сам совершает действие.

Личное местоимение	**Возвратное местоимение**	**Пример**	**Перевод**
I	myself	I did it myself.	Я сделал это сам
he	himself	He did it himself.	Он сделал это сам.
she	herself	She did it herself.	Она сделала это сама
you	yourself	You did it yourself.	Вы сделали это сами.
they	themselves	They did it themselves.	Они сделали это сами.
we	ourselves	We did it ourselves.	Мы сделали это сами.

VII. Взаимные (reciprocal) местоимения

Each other - друг друга (относится к двум лицам или предметам).
One another - друг друга (относится к большему количеству лиц или предметов).
They spoke to <u>each other</u> rather friendly. *Они разговаривали друг с другом довольно дружелюбно.*
They always help <u>one another</u>. *Они всегда помогают друг другу.*

VIII. Относительные (relative) местоимения

Who (whom), whose, which, that

who	**Именительный падеж <u>who</u> (подлежащее)** **The girl <u>who</u> is playing the piano is my sister.** *Девочка, которая играет на пианино, - моя сестра.*
	Объектный падеж <u>whom</u> (дополнение) **The man <u>whom</u> I love the best is your brother.** *Человек, которого я люблю больше всех, - твой брат.*
which	**Для неодушевленных предметов и животных** **The flowers <u>which</u> you brought me were pretty nice.** *Цветы, которые ты мне принес, очень милые.*
whose	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>whose</u> book we read yesterday.** *Это человек, книгу которого мы читали вчера.*
	Для неодушевленных существительных **We saw the tree <u>whose</u> leaves were absolutely yellow.** *Мы увидели дерево, листья которого были абсолютно желтыми.*
that	**Для одушевленных существительных** **This is the man <u>that</u> we saw yesterday.** *Это мужчина, которого мы видели вчера.*
	Для неодушевленных существительных **This is the film <u>that</u> we saw yesterday.** *Это фильм, который мы видели вчера.*

IX. Определительные (defining) местоимения

all

Употребление	**Примеры**	**Перевод**
определяет неисчисляемые	He spent **all his** time fishing on the	Он провел все свое время,

существительные	lake**.**	ловя рыбу на озере.
определяет исчисляемые существительные	**All the** boys like football. **(the после all!)**	Все мальчишки любят футбол.
all = everything	I know **all/everything.**	Я знаю всё.
all = everybody	**All** were hungry. **Everybody** was hungry.	Все были голодны. Все были голодны.
we all = ail of us you all = all of you they all = ail of them	We **all** love you very much = **All** of us love you very much.	Мы все тебя очень любим

both

Употребление	Примеры	Перевод
определяет существительные	**Both (the/my) friends like football.**	Оба моих друга любят футбол
допускается использование артикля вместо указательных местоимений после both	**Both these/the men are Russian.**	Оба (эти) мужчины - русские.
употребляется вместо существительного	**He gave me two apples. Both were sweet.**	Он дал мне два яблока. Оба были сладкими.
they both = both of them you both = both of you we both = both of us	**They both (both of them) came to visit us.**	Они оба пришли навестить нас.
в устойчивой конструкции **both...and.**	**Both mother father were at home**	И мама, и папа были дома.
в отрицательных предложениях **вместо both** используется **neither**	**Both of them know English. Neither of them know English.**	Они оба знают английский. Ни один из них не знает английского.

either/neither

	Употребление	Примеры	Перевод
either	любой из двух (артикль не ставится)	**I’ve got 2 cakes. Take either cake.**	У меня 2 пирожных. Возьми любое.
	каждый, оба, и тот, и другой	**There are windows on either side of the house.**	С обеих сторон дома есть окна.
	заменяет существительное (глагол в ед. числе)	**Either of dogs is always hungry.**	Любая из собак вечно голодная.
neither	отрицательное местоимение-определение (ни тот, ни другой)	**Neither of examples is correct.**	Ни один из примеров не верен.
	в констр. neither.. .nor (ни.. .ни)	**I like neither tea, nor coffee.**	Я не люблю ни чай, ни кофе.

other, another, the other, the others (другой, другие)

	Употребление	Примеры	Перевод
the other	другой (второй), другой из двух	**You’ve got 2 balls: one and the other.**	У тебя 2 мяча: один и другой.
another	другой из многих, еще один	**Take another ball.**	Возьми другой мяч. (Любой, но не этот.)
other	другие (любые), не последние	**Take other 2 balls.**	Возьми другие 2 мяча. (Из многих.)

the others	другие (определенные)	**There are 4 balls: 2 balls are red and the others are blue.**	Есть 4 мяча: 2 красных, а другие 2 - синие.

X. Вопросительные (interrogative) местоимения

what	что	**What's this?**	Что это?
which	который	**Which of them?**	Который из них?
who	кто, кого	**Who was that?**	Кто это был?
whom	кого	**Whom did you meet?**	Кого ты встретил?
whose	чей	**Whose book is it?**	Чья это книга?

Имя существительное. The Noun

Категории	Существительное в русском языке	Существительное в английском языке
Число	**Изменяется**	**Изменяется**
Падеж	**Изменяется**	**Не изменяется**

The Plural Form of Nouns

Образование множественного числа у английских существительных

Способ образования	Примеры	Перевод
после глухих согласных	**a book - books** **a cup - cups**	**книга - книги** **чашка - чашки**
после звонких согласных и гласных -	a name - names a girl - girls	**имя - имена** **девочка - девочки**
после шипящих, свистящих звуков -ch, -sh, -x, -s, -z: -es	a palace - palaces a bush - bushes a box - boxes a church - churches	дворец - дворцы куст - кусты коробка - коробки церковь - церкви
слово заканчивается на -y: 1) гласная +y	**a toy - toys** **a boy - boys**	игрушка - игрушки мальчик - мальчики
2) согласная **+** y	**a family - families** **a story - stories**	**семья - семьи** **история - истории**
слово заканчивается на *-file*	**a leaf - leaves** **a shelf - shelves**	лист - листья полка - полки

Особые случаи образования множественного числа

Ед. число	**Мн. число**	**Перевод**
man	men	мужчина - мужчины
woman	women	женщина - женщины
foot	feet	нога (стопа) - ноги (стопы)
child	children	ребенок - дети
goose	geese	гусь - гуси
mouse	mice	мышь - мыши
ox	oxen	**бык - быки**
tooth	teeth	**зуб - зубы**

Слова - заместители существительных **Substitutions: one/ones**

При повторном использовании одного и того же существительного в одном предложении, вместо него следует использовать one (в единственном числе) и ones (во множественном числе):

This table is bigger that that one - Этот стол больше, чем тот (стол).
These table are bigger than those ones. - Эти столы больше, чем те (столы).

Со словами one/ones **может быть использован артикль, если перед ними стоит прилагательное.**	
What apple do you want? **Какое ты хочешь яблоко?** **The red one. Красное.**	**What apples do you want?** **Какие яблоки ты хочешь?** **The red ones. Красные.**

Английские существительные не имеют падежных окончаний традиционно выделяют два падежа -общий и притяжательный.

Общий падеж

И. п. Эта девочка хорошо говорит по-английски.	This girl speaks English well.
Р. п. Это собака той девочки.	It's a dog of that girl.
Д. п. Я дал яблоко той девочке. .	I gave an apple to that girl.
В. п. Я вижу маленькую девочку. .	1 can see a little girl.
Т. п. Я люблю гулять с этой девочкой.	1 like to play with this girl.
П. п. Я часто думаю об этой девочке.	1 often think about this girl.

Притяжательный падеж. The Possessive Case
Образование притяжательного падежа

	Образование	**Примеры**	**Перевод**
существительные в единственном числе	**'s**	**bird's house** **child's ball**	домик птички мячик ребенка
существительные во множественном числе (группа исключений}	**'s**	**children's bail** **women's rights**	мячик детей права женщин
существительное во множественном числе	**'**	**girls' toy** **birds' house**	игрушка девочек домик птичек

Формула притяжательного падежа обычно имеют лишь одушевленные существительные, обозначающие живое существо, которому что-то принадлежит,

my mother's book - мамина книга,

this girl's bail - мячик девочки,

the bird's house - домик птички

Для того, чтобы показать принадлежность объекта неодушевленному предмету, используется предлог of:

the handle of the door (ручка (от) двери), но чаще образуется составное существительное door-handle,

Артикль. The Article

1. Неопределенный a/an (используется перед исчисляемыми существительными в единственном числе)

a cat –кот a dog –собака a boy – мальчик a girl -девочка
a teacher - учитель

2. Определенный the (может использоваться с любыми существительными)

the cat -кот the houses –дома the water -вода the weather –погода
the flowers - цветы

Если слово начинается с гласной буквы, к артиклю "a" добавляется буква "n", для того, чтобы две гласные не сливались: an apple (яблоко), an orange (апельсин), an author (автор) и т, д. Слово "an hour" (час) начинается с согласной буквы "h", но в слове эта буква не читается, т.е. слово начинается с гласного звука, поэтому к артиклю "a" также добавляется n = an

Упоминая объект впервые, перед ним ставят неопределенный артикль a/an при вторичном с упоминании того же самого объекта, перед ним ставят определенный артикль the

I see a cat, Я вижу кота (одного). The cat is black. (этот) Кот – черный.

This is a kitten. Это - котенок. (Один из многих) The kitten is hungry. (этот) Котенок - голодный.

I have a book- У меня есть книга. The book is interesting. (эта) Книга - интересная.

Неопределенный артикль a/an опускается перед исчисляемыми существительными и существительными во множественном числе.

a pen - pens (ручка - ручки) a dog - dogs (собака - собаки) a book - books (книга -книги)
- water (вода) - snow (снег) - meat (мясо)

Использование неопределенного артикля a

один из множества (любой)	This is a cat.
первое упоминание в тексте	I see a bird.
при упоминании профессии	My brother is a pilot.
в восклицательных предложениях	What a good girl! What a surprise! Such a fine room!
вместо слова один	She is coming for a weak.
в определенных конструкциях there is a... I have a… he has a... I see a... this is a... that is a… It is a... Iama… he/she is a…	There is a book here. I have got a nice coat. He has a kind smile. I see a wolf. This is a dog. That is a doctor. It is a red pen. I am a good swimmer. He/she is a tourist
в ряде устойчивых словосочетаний at a quarter.., in a loud, (a low, an angry voice) to have a good time a lot of to go for a walk such a... after a while in a day (a month, a week, a year)	Come at a quarter to 8. Don't speak to him in an angry voice. We had a good time in the country. She has got a lot of presents. Let's go for a walk. He is such a clever boy. You'll see them after a while. We are living in a day.

Использование определенного артикля the

если речь идет о конкретном лице или предмете	The pen is on the table.
при повторном упоминании того же самого объекта	I see a cat. The cat is black.
если слово обозначает нечто, существующее в единственном лице, с частями света	the sun, the moon, the Earth
со словами: only (только), main (главный), central (центральный), left (левый), right (правый), wrong (неправильный), next (следующий), last (последний), final (заключительный)	The only man I love the main road to the left, to the right It was the right answer. the final test
с порядковыми числительными	the first, the tenth

с прилагательными в превосходной степени	the kindest, the most interesting the best
с музыкальными инструментами и танцами	to play the piano, to dance the tango
с обобщающими существительными (класс людей» животных, термины, жанры)	The Britons keep their traditions.
с названиями музеев, кинотеатров, кораблей, галерей, газет, журналов	the Hermitage the Tretyakov Gallery the Avrora the Seasame Street
с названиями океанов, рек, морей, каналов, пустынь, групп, островов, штатов, горных массивов, наименований с of	the Atlantic ocean the Neva river the Black sea Changing of the Guard

Использование определенного артикля в ряде устойчивых словосочетаний

in the middle, in the corner	The table is in the middle of the room.
in the morning, In the evening, in the afternoon	I never drink coffee in the evening.
what’s the use?	What's the use of going there so late?
to the cinema, to the theatre, to the shop, to the market	Do you like going to the theatre? He works at the shop.
at the cinema, at the theatre, at the shop, at the market	The fact is that I have no money at all. Where is the doctor?
the fact is (was) that...	We always spend summer in the country.
where is the…?	
in the country, to the country	

Сколько бы прилагательных-определений ни стояло перед существительным, все эти определения ставятся между артиклем и существительным: A big, black, fat cat большой, черный, толстый кот.

Случаи, когда артикль не употребляется

если, перед существительным стоит притяжательное местоимение	a pen - my pen a dog - his dog the teacher - our teacher the apple - her apple
если перед существительным стоит указательное местоимение	the cats - those cats the books - these books a mouse - this mouse
если стоит другое существительное в притяжательном падеже	a car - father's car the horse - farmer's horse a bike - brother's bike the doll - sister's doll
если перед существительным стоит, количественное числительное	5 balls, 7 bananas, 2 cats
если перед существительным стоит отрицание “no”	She has no children. I see no birds.
перед именами	Mike, Kate, Jim, etc
с названиями дней недели	Sunday, Monday, etc.
с названиями месяцев	May, December, etc.
с названиями времен года	in spring, in winter
с названиями цветов	white, etc. I like green
с названиями спортивных игр	football, chess, etc.
с названиями блюд, напитков	tea, coffee, soup, etc,
с названиями праздников	Easter, Christmas, etc.

с названиями языков, если нет слова (язык). Если есть, нужен артикль the	English, etc. I learn English, the English language
с названиями стран	Russia, France, etc НО: the USA, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the Netheriands, the Ukraine, the Congo
с названиями городов	Moscow, Paris, etc.
с названиями улиц, площадей	Trafalgar Square
с названиями парков	St James' Park, Hyde Park
с названиями мостов	Tower Bridge
с названиями одиночных гор	Kilimanjaro
с названиями озер	Loch Ness
с названиями континентов	Asia, Australia, etc.
с названиями одиночных островов	Cyprus
если перед существительными стоит вопросительное или отрицательное местоимение	what animals can swim? I know what thing you have lost!

ГЛАГОЛ (THE VERB)

Глаголом называется часть речи, обозначающая действие или состояние предмета или лица.

В английском языке признаком глагола в неопределенной форме (инфинитиве) является частица to.

По своей структуре глаголы делятся на:

1. Простые, состоящие только из одного корня:

to fire - стрелять; зажигать
to order - приказывать
to read - читать
to play - играть

2. Производные, состоящие из корня и префикса, из корня и суффикса или из корня, префикса и суффикса:

to unpack - распаковывать
to dismiss - увольнять, отпускать
to realize - представлять себе
to shorten - укорачивать (ся)
to encounter - встречать (ся), наталкивать (ся)
to regenerate - перерождаться, возрождаться

3. Сложные, состоящие из двух основ (чаще всего основы существительного или прилагательного и основы глагола):

to broadcast (broad + cast) - передавать по радио
to whitewash (white + wash) - белить

4. Составные, состоящие из глагольной основы и наречия или предлога:

to carry out - выполнять
to sit down - садиться

По значению глаголы делятся на смысловые и служебные.

1. Смысловые глаголы имеют самостоятельное значение, выражают действие или состояние: Lomonosov as a poet and scientist played a great role in the formation of the Russian literary language. Как поэт и ученый Ломоносов сыграл огромную роль в создании русского литературного языка.

2. Служебные глаголы не имеют самостоятельного значения и употребляются для образования сложных форм глагола или составного сказуемого. Они являются спрягаемым элементом сказуемого и в его формах выражается лицо, число и время. К ним относятся:

1. Глаголы-связки to be быть, to become становиться, to remain оставаться, to grow становиться, to get, to turn становиться, to look выглядеть, to keep сохраняться.

Every man is the maker of his own fortune. Каждый человек-творец своей судьбы.

2. Вспомогательные глаголы to be, to do, to have, to let, shall, will (should, would):

The kitchen was supplied with every convenience, and there was even a bath-room, a luxury the Gerhardts had never enjoyed before. На кухне имелись все удобства; была даже ванная комната- роскошь, какой Герхардты никогда до сих пор не обладали.

3. Модальные глаголы can, may, must, ought, need: He that would eat the fruit must climb the tree. Кто любит фрукты, должен влезть на дерево (чтобы сорвать). (Любишь кататься-люби и саночки возить.)

Все формы глагола в английском языке делятся на личные и неличные.

Личные формы глагола выражают время, лицо, число, наклонение. Они выполняют в предложении функцию сказуемого. К личным формам относятся все формы времен действительного и страдательного залога (изъявительного и сослагательного наклонения):

As you leave the Kremlin by Spassky Gate you come out on the Red Square. Если вы выходите из Кремля мимо Спасских Ворот, вы оказываетесь на Красной площади.

Неличные формы глагола не различаются по лицам и числам. Они не могут самостоятельно выполнять в предложении функцию сказуемого, но могут входить в его состав. К неличным формам относятся: инфинитив, причастие и герундий. Every step towards eliminating nuclear weapons is in the interests of every nation. Любой шаг в направлении уничтожения ядерного оружия служит интересам каждого государства.

Личные формы глагола в английском языке имеют три наклонения: изъявительное (the Indicative Mood), повелительное (the Imperative Mood) и сослагательное (the Subjunctive Mood).

Глаголы в изъявительном наклонении выражают реальное действие, передают факты:

His son goes to school. Его сын учится в школе.

She has written an interesting article. Она написала интересную статью.

A new building of the theatre was built in this street. На этой улице построили новое здание театра.

Глаголы в повелительном наклонении выражают приказание, просьбу, совет, запрещение, команду:

"Don't buy them", warned our cautious driver. "Не покупайте их", - предупредил наш осторожный шофер.

Undertake not what you cannot perform but be careful to keep your promise. Не беритесь за то, что не сможете выполнить, но старайтесь сдержать обещание.

Глаголы в сослагательном наклонении выражают действие не реальное, а желательное или предполагаемое: If there were no bad people, there would be no good lawyers. Если бы не было плохих людей, не было бы хороших адвокатов.

Как личные, так и неличные формы глагола имеют **два залога**: действительный (the Active Voice) и страдательный (the Passive Voice).

Глаголы в действительном залоге выражают действие, которое производится подлежащим: I inform you that I have carried out the mission. Сообщаю, что я выполнил задание.

Глаголы в страдательном залоге выражают действие, которое испытывает на себе подлежащее: I was informed that the mission had been carried out. Мне сообщили, что задание было выполнено.

Формы глагола могут выражать отношение между действием и временем. В русском языке бывают глаголы **совершенного и несовершенного вида**. **Глаголы совершенного вида** обозначают действие, которое закончено, и есть его результат:

Он прочитал эту статью с интересом.

Глаголы несовершенного вида обозначают действие, указывая на его повторяемость, длительность, незаконченность: Вчера он читал эту статью с интересом. (Но он мог и не прочитать ее).

Вид глагола в русском языке выражается либо изменением его формы, либо с помощью суффиксов и приставок. Видовые значения глагола в английском языке выражаются сочетанием вспомогательного глагола с причастием настоящего или прошедшего времени смыслового глагола.

В английском языке четыре видо-временных группы глагола: неопределенные времена (Indefinite Tenses), продолженные времена (Continuous Tenses), совершенные времена (Perfect Tenses), и совершенные продолженные времена (Perfect Continuous Tenses). В каждой временной группе три времени: настоящее (Present), прошедшее (Past), будущее (Future).

Глагол “to be”

A: Are you from England?
B: No, we aren't. We're from China.

He's Tom and she's Helen. They are friends.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Am I?
I am	I'm	I am not	I'm not	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Is he?
He is	He's	He is not	He isn't	Is she?
She is	She's	She is not	She isn't	Is it?
It is	It's	It is not	It isn't	Are we?
We are	We're	We are not	We aren't	Are you?
You are	You're	You are not	You aren't	Are they?
They are	They're	They are not	They aren't	

Краткими ответами называются ответы на вопросы, начинающиеся с глагольной формы is /are; в кратком ответе содержание вопроса не повторяется. Употребляется только Yes или No, далее личное местоимение в именительном падеже и глагольная форма is (isn't) / are (aren't). Например: Are you British? No, I'm not.
Yes, I am /we are. No, I'm not/we aren't.
Yes, he/she/it is. No, he/she/it isn't.
Yes, they are. No, they aren't.

WAS/WERE

Bob is eighty. He's old and weak.
Mary, his wife is seventy-nine. She's old too.
Fifty years ago they were young. Bob was strong. He wasn't weak. Mary was beautiful. She wasn't old.
В прошедшем простом времени (past simple) глагол "to be" с личными местоимениями в именительном падеже имеет следующие формы: was для I, he, she, it и –were для –we, you, they. В вопросахwas/were ставятся перед личным местоимением в именительном падеже (I, you, he и т.д.) или существительным. Например: She was ill yesterday. -> Was she ill yesterday? Отрицания образуются путем постановки not после was/were. Например: She was not ill yesterday. She wasn't ill yesterday.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I was	I was not	I wasn’t	Was I?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
He was	He was not	He wasn’t	Was he?

She was	She was not	She wasn’t	Was she?
It was	It was not	It wasn’t	Was it?
We were	We were not	We weren’t	Were we?
You were	You were not	You weren’t	Were you?
They were	They were not	They weren’t	Were they?

ОБОРОТ THERE IS/THERE ARE

There is a sofa in the room. There are two pictures on the wall. There isn't a TV in the room. What else is there in the room?

Мы употребляем конструкцию there is/there are, чтобы сказать, что кто-то или что-то существует или находится в определенном месте. Краткая форма there is – there’s. There are не имеет краткой формы. Например: There is (There's) a sofa in the room. There are four children in the garden.

Вопросительная форма: Is there? Are there? Например: Is there a restaurant in the town? Are there any apples in the basket?

Отрицательная форма: There isn’t …/There aren’t … Например: There is not / isn't a man in the room. There are not/aren't any cars in the street.

Краткие ответы строятся с помощью Yes, there is/are или No, there isn't / aren't. Содержание вопроса не повторяется.

Yes, there is. No, there isn't.

Yes, there are. No, there aren't.

Мы употребляем there is / there are, чтобы сказать, что что-то существует или находится в определенном месте, it is / they are - когда уже упоминали об этом. Например: There is a house in the picture.

It is a big house. (Но не: It's a house in the picture.)

There are three books on the desk.

They are history books. (Но не: They are three books on the desk.)

Конструкция There was/There were

This is a modern town today.

There are a lot of tall buildings and shops. There are cars and there isn't much peace and quiet.

This is the same town fifty years ago.

There weren't any tall buildings. There were some old houses. There weren't many cars and there wasn't much noise.

Конструкция There was/There were - это There is / There are в форме past simple. There was употребляется с существительными в единственном числе. Например: There was a post office in the street thirty years ago. There were употребляется с существительными во множественном числе. Например: There were a few houses in the street thirty years ago.

В вопросах was/were ставятся перед there. Например: Was there a post office in the street thirty years ago? Were there any houses in the street thirty years ago?

Отрицания строятся путем постановки not после was / were. Например: There was not / wasn't a post office in the street thirty years ago. There were not / weren't any houses in the street thirty years ago.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
There was	There was not	There wasn't	Was there?
There were	There were not	There weren't	Were there?

Краткие ответы строятся с помощью Yes или No и there was/there were. Содержание вопроса не повторяется.

Was there a book on the desk? Yes, there was. No, there wasn't.

Were there any people in the shop? Yes, there were. No, there weren't.

Глагол Have got

A bird has got a beak, a tail and wings.
Has she got long hair? No, she hasn't. She's got short hair.
What have they got? They've got roller blades. They haven't got skateboards.
She has got a headache.

Have (got) используется:

а) чтобы показать, что что-то принадлежит кому-то. Например: He's got a ball.
б) при описании людей, животных или предметов. Например: She's got blue eyes.
в) в следующих высказываниях: I've got a headache. I've got a temperature. I've got a cough, I've got a toothache, I've got a cold, I've got a problem.

Утверждение		Отрицание		Вопрос
Полная форма	Краткая форма	Полная форма	Краткая форма	Have I (got)?
I have (got)	I've (got)	I have not (got)	I haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Has he (got)?
He has (got)	He's (got)	He has not (got)	He hasn't (got)	Has she (got)?
She has (got)	She's (got)	She has not (got)	She hasn't (got)	Has it (got)?
It has (got)	It's (got)	It has not (got)	It hasn't (got)	Have we (got)?
We have (got)	We've (got)	We have not (got)	We haven't (got)	Have you (got)?
You have (got)	You've (got)	You have not (got)	You haven't (got)	Have they (got)?
They have (got)	They've (got)	They have not (got)	They haven't (got)	

Had

Grandpa, did you have a TV when you were five?
No, I didn't. People didn't have TV's then. They had radios.

Have (had) в past simple имеет форму Had для всех лиц.

Вопросы строятся с помощью вспомогательного глагола did, личного местоимения в именительном падеже и глагола - have. Например: Did you have many toys when you were a child? Отрицания строятся с помощью did not и have. Например: I did not / didn't have many toys when I was a child.

Утверждение	Отрицание		Вопрос
	Полная форма	Краткая форма	
I had	I did not have	I didn't have	Did I have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
He had	He did not have	He didn't have	Did he have?
She had	She did not have	She didn't have	Did she have?
It had	It did not have	It didn't have	Did it have?
We had	We did not have	We didn't have	Did we have?
You had	You did not have	You didn't have	Did you have?
They had	They did not have	They didn't have	Did they have?

Имя прилагательное. The Adjective

Категории	**Прилагательное в русском языке**	**Прилагательное в английском языке**
Число	изменяется	не изменяется
Род	изменяется	не изменяется
Падеж	изменяется	не изменяется

Образование имен прилагательных

Имена прилагательные бывают: **простые и производные**
К **простым** именам прилагательным относятся прилагательные, не имеющие в своем составе

ни приставок, ни суффиксов: small - *маленький*, **long** - *длинный*, **white** - *белый*.
К **производным** именам прилагательным относятся прилагательные, имеющие в своем составе **суффиксы** или **приставки**, или одновременно и те, и другие.

Суффиксальное образование имен прилагательных

Суффикс	Пример	Перевод
- ful	use**ful** doubt**ful**	**полезный** **сомневающийся**
- less	help**less** use**less**	**беспомощный** **бесполезный**
- ous	fam**ous** danger**ous**	**известный** **опасный**
- al	form**al** centr**al**	**формальный** **центральный**
- able	eat**able** cap**able**	**съедобный** **способный**

Приставочный способ образования имен прилагательных

Приставка	Пример	Перевод
un -	**un**cooked **un**imaginable	**невареный** **невообразимый**
in -	**in**capable **in**human	**неспособный** **негуманный**
il -	**il**legal **il**liberal	**нелегальный** **необразованный**
im -	**im**possible **im**practical	**невозможный** **непрактичный**
dis -	**dis**honest **dis**agreeble	**бесчестный** **неприятный**
ir -	**ir**regular **ir**responsible	**неправильный** **безответственный**
Некоторые имена прилагательные являются составными и образуются из двух слов, составляющих одно понятие: **light-haired –** светловолосый, **snow-white –** белоснежный.		

Прилагательные, оканчивающиеся на – ed и на - ing

- ed	**- ing**
Описывают чувства и состояния	**Описывают предметы, вещи, занятия, вызывающие эти чувства**
interested – интересующийся, заинтересованный	**interesting** - интересный
bored - скучающий	**boring** - скучный
surprised - удивленный	**surprising** - удивительный

Степени сравнения прилагательных

Английские прилагательные не изменяются ни по числам, ни по родам, но у них есть **формы степеней сравнения.**
Имя прилагательное в английском языке имеет **три формы** степеней сравнения:
- положительная степень сравнения **(Positive Degree);**
- сравнительная степень сравнения **(Comparative Degree);**
- превосходная степень сравнения **(Superlative Degree).**

Основная форма прилагательного - положительная степень. Форма сравнительной и

превосходной степеней обычно образуется от формы положительной степени одним из следующих способов:

1. -er. -est

Односложные прилагательные образуют **сравнительную степень** путем прибавления **к форме прилагательного в положительной степени** суффикса **- er.** Примерно, тоже самое мы делаем и в русском языке - добавляем “е” (большой - больше, холодный - холоднее).
Превосходная степень образуется путем прибавления суффикса **- est. Артикль the обязателен!!!**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
cold - холодный	cold**er** - холоднее	the cold**est** - самый холодный
big - большой	bigg**er** - больше	the bigg**est** - самый большой
kind - добрый	kind**er** - добрее	the kind**est** - самый добрый

По этому же способу образуются степени сравнения двусложных прилагательных оканчивающихся на **-y, -er, -ow, -ble:**

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
clever — умный	clever**er - умнее**	**the** clever**est - самый умный**
easy - простой	eas**ier - проще**	**the** easi**est - самый простой**
able - способный	abl**er - способнее**	**the** abl**est - самый способный**
busy - занятой	bus**ier - более занятой**	**the** busi**est - самый занятой**

При образовании степеней сравнения посредством суффиксов **– er и – est** соблюдаются следующие **правила орфографии:**

Если прилагательное заканчивается на немое **“e” ,** то при прибавлении **– er и – est немое “e” опускается:**
larg**e – larger - the** larg**est /** большой – больше – самый большой
brav**e – braver – the** brav**est /** смелый – смелее – самый смелый

Если прилагательное заканчивается **на согласную с предшествующим кратким гласным звуком,** то в сравнительной и превосходной степени **конечная согласная буква удваивается:**
big – bigg**er –** bigg**est /** большой – больше – самый большой
hot – hott**er –** hott**est /** горячий – горячее – самый горячий
thin – thinn**er –** thinn**est /** тонкий – тоньше – самый тонкий

Если прилагательное **заканчивается на “y” с предшествующей согласной,** то в сравнительной и превосходной степени **“y” переходит в “i”:**
busy – bus**ier – busiest / занятой – более занятой – самый занятой**
easy – eas**ier –** eas**iest / простой – проще – самый простой**

2. more, the most

Большинство двусложных прилагательных и прилагательных, состоящих из трех и более слогов, образуют сравнительную степень при помощи слова **more**, а **превосходную** – при помощи слова **most**.
Эти слова ставятся перед именами прилагательными в положительной степени:

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful - красивый	**more beautiful** - красивее	**the most beautiful** - самый красивый
interesting – интересный	**more interesting** - интереснее	**the most interesting** - самый интересный
important - важный	**more important** - важнее	**the most important** - самый важный

Особые формы

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень

good - хороший **bad** - плохой **little** - маленький **much/many** - много **far** - далекий/далеко **old** - старый	**better** - лучше **worse** - хуже **less** - меньше **more** - больше **farther/further** - дальше **older/elder** - старше	**the best** - самый лучший **the worst** - самый плохой **the least** - самый маленький, меньше всего **the most** - больше всего **the farthest/furthest** - самый дальний **the oldest/eldest** - самый старый

3. less. the least

Для выражения **меньшей** или **самой низкой степени** качества предмета по сравнению с другими предметами употребляются соответствующие слова **less** – менее и **the least** – наименее, которые ставятся перед прилагательными в форме положительной степени.

Положительная степень	Сравнительная степень	Превосходная степень
beautiful – красивый **interesting** - интересный **important** - важный	**less beautiful** - менее красивый **less interesting –** менее интересный **less important** - менее важный	**the least beautiful –** самый некрасивый **the least interesting –** самый неинтересный **the least important –** самый неважный

Другие средства сравнения двух предметов или лиц

Конструкция	Комментарий	Примеры
As…as (такой же, так же)	**Для сравнения двух объектов одинакового качества**	He is **as** a strong **as** a lion Он такой же сильный, как лев. She is **as** clever **as** an owl**.** Она такая же умная, как сова.
Not so…as (не такой, как)	**в отрицательных предложениях**	He is **not so** strong **as** a lion. Он не такой сильный, как лев**.** She is **not so** clever **as** an owl. Она не такая умная, как сова.
The…the (с двумя сравнительными степенями)	**показывает зависимость одного действия от другого**	**The more** we are together **the happier** we are. Чем больше времени мы проводим вместе, тем счастливее мы становимся. **The more** I learn this rule **the less** I understand it. Чем больше я учу это правило, тем меньше я его понимаю.

Особые замечания об употреблении сравнительных и превосходных степеней имен прилагательных:

- Сравнительная степень может быть усилена употреблением перед ней слов со значением **«гораздо, значительно»:**

His new book is **much more** interesting than previous one. *Его новая книга гораздо более интересная, чем предыдущая.*

This table **is more** comfortable than **that one**. *Этот стол более удобный чем тот.*

- После союзов **than** и **as** используются либо личное местоимение в именительном падеже с глаголом, либо личное местоимение в объектном падеже:

I can run **as** fast **as** him **(as he can).** *Я могу бегать так же быстро, как он.*

Числительное. The numeral

Перед **сотнями, тысячами, миллионами** обязательно называть их количество, даже если всего одна сотня или одна тысяча:

126 – one hundred twenty six

1139 – one thousand one hundred and thirty nine

В составе числительных – сотни, тысячи и миллионы не имеют окончания множественного числа: **two hundred – 200, three thousand – 3000, и т.д.**

НО: окончание множественного числа добавляется hundred, thousand, million, когда они выражают неопределенное количество сотен, тысяч, миллионов. В этом случае после них употребляется существительное с предлогом **“of”:**

hundreds of children – сотни детей

thousands of birds- тысячи птиц

millions of insects – миллионы насекомых

Начиная с 21, числительные образуются так же как в русском языке:

20+1=21 (twenty + one = **twenty one**)

60+7=67 (sixty + seven = **sixty seven**) и т.д.

Как читать даты

1043	ten forty-three
1956	nineteen fifty-six
1601	sixteen o one
2003	two thousand three
В 2003 году	in two thousand three
1 сентября	the first of September
23 февраля	the twenty-third of February

ДРОБНЫЕ ЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ (FRACTIONAL NUMERALS)

В простых дробях (Common Fractions) числитель выражается количественным числительным, а знаменатель порядковым:

1/7- one seventh одна седьмая

При чтении простых дробей, если числитель их больше единицы, к знаменателю прибавляется окончание множественного числа -s:

2/4 - two fourths - две четвертых

2/3 -two thirds - две третьих

3 1/5 - three and one fifth - три целых и одна пятая

1/2 - one second, a second, one half, a half - одна вторая, половина

1/4 -one fourth, a fourth, one quarter, a quarter - одна четвертая, четверть

В десятичных дробях (Decimal Fractions) целое число отделяется точкой, и каждая цифра читается отдельно. Нуль читается nought [no:t] (в США - zero ['zierou]).

4.25 four point twenty-five; four point two five

0.43 nought point forty-three; nought point four three

Существительные, следующие за дробью, имеют форму единственного числа, и перед ними при чтении ставится предлог -of:

2/3 metre- two thirds of a metre

две третьих метра

0.05 ton - nought point nought five of a ton

ноль целых пять сотых тонны

Существительные, следующие за смешанным числом, имеют форму множественного числа и читаются без предлога of:

35 1 /9 tons -thirty-five and one ninth tons

14.65 metres -one four (или fourteen) point six five (или sixty-five) metres

В обозначениях номеров телефонов каждая цифра читается отдельно, нуль здесь читается [ou]:
224-58-06 ['tu:'tu:'fo:'faiv'eit'ou'siks]

Образование видовременных форм глагола в активном залоге

Present Simple употребляется для выражения:

1. постоянных состояний,

2. повторяющихся и повседневных действий (часто со следующими наречиями: always, never, usually и т.д.). Mr Gibson is a businessman. He lives in New York, (постоянное состояние) He usually starts work at 9 am. (повседневное действие) He often stays at the office until late in the evening, (повседневное действие)

3. непреложных истин и законов природы, The moon moves round the earth.

4. действий, происходящих по программе или по расписанию (движение поездов, автобусов и т.д.). The bus leaves in ten minutes.

Маркерами present simple являются: usually, always и т.п., every day / week / month / year и т.д., on Mondays I Tuesdays и т.д., in the morning / afternoon / evening, at night / the weekend и т.д.

Present Continuous употребляется для выражения:

1. действий, происходящих в момент речи He is reading a book right now.

2. временных действий, происходящих в настоящий период времени, но не обязательно в момент речи She is practising for a concert these days. (В данный момент она не играет. Она отдыхает.)

3. действий, происходящих слишком часто и по поводу которых мы хотим высказать раздражение или критику (обычно со словом "always") "You're always interrupting me!"(раздражение)

4. действии, заранее запланированных на будущее. He is flying to Milan in an hour. (Это запланировано.)

Маркерами present continuous являются: now, at the moment, these days, at present, always, tonight, still и т.д.

Во временах **группы Continuous** обычно **не употребляются** глаголы:

1. выражающие восприятия, ощущения (see, hear, feel, taste, smell), Например: This cake tastes delicious. (Но не: This cake is tasting delicious)

2. выражающие мыслительную деятельность [know, think, remember, forget, recognize(ze), believe, understand, notice, realise(ze), seem, sound и др.],
Например: I don't know his name.

3. выражающие эмоции, желания (love, prefer, like, hate, dislike, want и др.), Например: Shirley loves jazz music.

4. include, matter, need, belong, cost, mean, own, appear, have (когда выражает принадлежность) и т.д. Например: That jacket costs a tot of money. (Но не: That jacket is costing a lot of money.)

Present perfect употребляется для выражения:

1. действий, которые произошли в прошлом в неопределенное время. Конкретное время действия не важно, важен результат, Kim has bought a new mobile phone. (Когда она его купила? Мы это не уточняем, поскольку это не важно. Важного, что у нее есть новый мобильный телефон.)

2. действий, которые начались в прошлом и все еще продолжаются в настоящем, We has been a car salesman since /990. (Он стал продавцом автомобилей в 1990 году и до сих пор им является.)

3. действий, которые завершились совсем недавно и их результаты все еще ощущаются в настоящем. They have done their shopping. (Мы видим, что они только что сделали покупки, поскольку они выходят из супермаркета с полной тележкой.)

4. Present perfect simple употребляется также со словами "today", "this morning / afternoon" и т.д., когда обозначенное ими время в момент речи еще не истекло. He has made ten photos this morning. (Сейчас утро. Указанное время не истекло.)

К маркерам present perfect относятся: for, since, already, just, always, recently, ever, how long, yet, lately, never, so far, today, this morning/ afternoon / week / month / year и т.д.

Present perfect continuous употребляется для выражения:

1. действий, которые начались в прошлом и продолжаются в настоящее время He has been painting the house for three days. (Он начал красить дом три дня назад и красит его до сих пор.)

2. действий, которые завершились недавно и их результаты заметны (очевидны) сейчас. They're tired. They have been painting the garage door all morning. (Они только что закончили красить. Результат их действий очевиден. Краска на дверях еще не высохла, люди выглядят усталыми.)

Примечание.

1. С глаголами, не имеющими форм группы Continuous, вместо present perfect continuous употребляется present perfect simple. Например: I've known Sharon since we were at school together. (А не: I've been knowing Sharon since we were at school together.)

2. С глаголами live, feel и work можно употреблять как present perfect continuous, так и present perfect simple, при этом смысл предложения почти не изменяется.

Например: He has been living/has lived here since 1994.

К маркерам present perfect continuous относятся: for. since. all morning/afternoon/week/day и т.д., how long (в вопросах).

Past simple употребляется для выражения:

1. действий, произошедших в прошлом в определенное указанное время, то есть нам известно, когда эти действия произошли, They graduated four years ago. (Когда они закончили университет? Четыре года назад. Мы знаем время.)

2. повторяющихся в прошлом действий, которые более не происходят. В этом случае могут использоваться наречия частоты (always, often, usually и т.д.), He often played football with his dad when he was five. (Но теперь он уже не играет в футбол со своим отцом.) Then they ate with their friends.

3. действий, следовавших непосредственно одно за другим в прошлом.

They cooked the meal first.

4. Past simple употребляется также, когда речь идет о людях, которых уже нет в живых. Princess Diana visited a lot of schools.

Маркерами past simple являются: yesterday, last night / week / month / year I Monday и т.д., two days I weeks I months I years ago, then, when, in 1992 и т.д.

People used to dress differently in the past. Women used to wear long dresses. Did they use to carry parasols with them? Yes, they did. They didn't use to go out alone at night.

• **Used to** (+ основная форма глагола) употребляется для выражения привычных, повторявшихся в прошлом действий, которые сейчас уже не происходят. Эта конструкция не изменяется по лицам и числам. Например: Peter used to eat a lot of sweets. (= Peter doesn't eat many sweets any more.) Вопросы и отрицания строятся с помощью did / did not (didn't), подлежащего и глагола "use" без -d.

Например: Did Peter use to eat many sweets? Mary didn't use to stay out late.

Вместо "used to" можно употреблять past simple, при этом смысл высказывания не изменяется. Например: She used to live in the countryside. = She lived in the countryside.

Отрицательные и вопросительные формы употребляются редко.

Past continuous употребляется для выражения:

1. временного действия, продолжавшегося в прошлом в момент, о котором мы говорим. Мы не знаем, когда началось и когда закончилось это действие, At three o'clock yesterday

afternoon Mike and his son were washing the dog. (Мы не знаем, когда они начали и когда закончили мыть собаку.)

2. временного действия, продолжавшегося в прошлом (longer action) в момент, когда произошло другое действие (shorter action). Для выражения второго действия (snorter action) мы употребляем past simple, He was reading a newspaper when his wife came, (was reading = longer action: came = shorter action)

3. двух и более временных действий, одновременно продолжавшихся в прошлом. The people were watching while the cowboy was riding the bull.

4. Past continuous употребляется также для описания обстановки, на фоне которой происходили события рассказа (повествования). The sun was shining and the birds were singing. Tom was driving his old truck through the forest.

Маркерами past continuous являются: while, when, as, all day / night / morning и т.д.
when/while/as + past continuous (longer action) when + past simple (shorter action)

Past perfect употребляется:

1. для того, чтобы показать, что одно действие произошло раньше другого в прошлом. При этом то действие, которое произошло раньше, выражается past perfect simple, а случившееся позже - past simple,
They had done their homework before they went out to ptay yesterday afternoon. (=They did their homework first and then they went out to ptay.)

2. для выражения действий, которые произошли до указанного момента в прошлом,
She had watered all the flowers by five o'clock in the afternoon.
(=She had finished watering the flowers before five o'clock.)

3. как эквивалент present perfect simple в прошлом. То есть, past perfect simple употребляется для выражения действия, которое началось и закончилось в прошлом, а present perfect simple - для действия, которое началось в прошлом и продолжается (или только что закончилось) в настоящем. Например: Jill wasn't at home. She had gone out. (Тогда ее не было дома.) ЛИ isn 't at home. She has gone out. (Сечас ее нет дома.)

К маркерам past perfect simple относятся: before, after, already, just, till/until, when, by, by the time и т.д.

Future simple употребляется:

1. для обозначения будущих действий, которые, возможно, произойдут, а возможно, и нет, We'll visit Disney World one day.

2. для предсказаний будущих событий (predictions), Life will be better fifty years from now.

3. для выражения угроз или предупреждений (threats / warnings), Stop or I'll shoot.

4. для выражения обещаний (promises) и решений, принятых в момент речи (on-the-spot decisions), I'll help you with your homework.

5. с глаголами hope, think, believe, expect и т.п., с выражениями I'm sure, I'm afraid и т.п., а также с наречиями probably, perhaps и т.п. / think he will support me. He will probably go to work.

К маркерам future simple относятся: tomorrow, the day after tomorrow, next week I month / year, tonight, soon, in a week / month year и т.д.

ПРИМЕЧАНИЕ

Future simple не употребляется после слов while, before, until, as soon as, after, if и when в придаточных предложениях условия и времени. В таких случаях используется present simple. Например: I'll make a phone call while I wait for you. (А не:... whilo I will wait for you.) Please phone me when you finish work.

В дополнительных придаточных предложениях после "when" и "if" возможно употребление future simple. Например: I don't know when I if Helen will be back.

He is going to throw the ball.

Be going to употребляется для:

1. выражения заранее принятых планов и намерений на будущее,
Например: Bob is going to drive to Manchester tomorrow morning.

2. предсказаний, когда уже есть доказательства того, что они сбудутся в близком будущем. Например: Look at that tree. It is going to fall down.

We use the **future continuous**:

a) for an action which will be in progress at a stated for an action which will be future time. *This time next week, we'll be cruising round the islands.*

b) for an action which will definitely happen in the future as the result of a routine or arrangement. *Don't call Julie. I'll be seeing her later, so I'll pass the message on.*

c) when we ask politely about someone's plans for the near future (what we want to know is if our wishes fit in with their plans.) *Will you be using the photocopier for long?*
No. Why?
I need to make some photocopies.

We use the **future perfect**:

1. For an action which will be finished before a stated future time. *She will have delivered all the newspapers by 8 o'clock.*

2. The future perfect is used with the following time expressions: before, by, by then, by the time, until/till.

We use the **future perfect continuous**:

1. to emphasize the duration of an action up to a certain time in the future. *By the end of next month, she will have been teaching for twenty years.*

The future perfect continuous is used with: by... for.

Практическая работа также направлена на проверку сформированности грамматического навыка в рамках тем: модальные глаголы и их эквиваленты, образование видовременных форм глагола в пассивном залоге, основные сведения о согласовании времён, прямая и косвенная речь, неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий, основные сведения о сослагательном наклонении.

Распределение выше указанных тем в учебнике:

- Агабекян И. П. Английский язык для бакалавров: учебное пособие для студентов вузов / И. П. Агабекян. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2017. - 384 с.: ил. - (Высшее образование) (200 экз. в библиотеке УГГУ) и учебнике:

- Журавлева Р.И. Английский язык: учебник: для студентов горно-геологических специальностей вузов / Р. И. Журавлева. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. - 508 с. - (Высшее образование). - Библиогр.: с. 502 (192 экз. в библиотеке УГГУ) представлено в таблице:

Название темы	***Страницы учебников***	
	Агабекян И. П.	*Журавлева Р.И.*
Модальные глаголы и их эквиваленты	295	47
Образование видовременных форм глагола в пассивном залоге	236	71, 115
Основные сведения о согласовании времён	323-328	269
Прямая и косвенная речь	324	268
Неличные формы глагола: инфинитив, причастия, герундий	311-322	132, 162, 173, 192, 193
Основные сведения о сослагательном наклонении	329	224

Модальные глаголы

Глаголы	**Значение**	**Примеры**
CAN	физическая или умственная возможность/умение	I can swim very well. – Я очень хорошо умею плавать.
	возможность	You can go now. — Ты можешь идти сейчас.You cannot play

		football in the street. – На улице нельзя играть в футбол.
	вероятность	They can arrive any time. – Они могут приехать в любой момент.
	удивление	Can he have said that? – Неужели он это сказал?
	сомнение, недоверчивость	She can't be waiting for us now. – Не может быть, чтобы она сейчас нас ждала.
	разрешение	Can we go home? — Нам можно пойти домой?
	вежливая просьба	Could you tell me what time it is now? – Не могли бы вы подсказать, который сейчас час?
MAY	разрешение	May I borrow your book? – Я могу одолжить у тебя книгу?
	предположение	She may not come. – Она, возможно, не придет.
	возможность	In the museum you may see many interesting things. – В музее вы можете увидеть много интересных вещей.
	упрек – только **MIGHT (+ perfect infinitive)**	You might have told me that. – Ты мог бы мне это сказать.
MUST	обязательство, необходимость	He must work. He must earn money. – Он должен работать. Он должен зарабатывать деньги.
	вероятность (сильная степень)	He must be sick. — Он, должно быть, заболел.
	запрет	Tourists must not feed animals in the zoo. — Туристы не должны кормить животных в зоопарке.
SHOULD OUGHT TO	моральное долженствование	You ought to be polite. – Вы должны быть любезными.
	совет	You should see a doctor. – Вам следует сходить к врачу.
	упрек, запрет	You should have taken the umbrella. – Тебе следовало взять с собой зонт.
SHALL	указ, обязанность	These rules shall apply in all circumstances. – Эти правила будут действовать при любых обстоятельствах.
	угроза	You shall suffer. — Ты будешь страдать.
	просьба об указании	Shall I open the window? – Мне открыть окно?
WILL	готовность, нежелание/отказ	The door won't open. — Дверь не открывается.
	вежливая просьба	Will you go with me? – Ты сможешь пойти со мной?
WOULD	готовность, нежелание/отказ	He would not answer this question. – Он не будет отвечать на этот вопрос.
	вежливая просьба	Would you please come with me? — Не могли бы вы пройти со мной.
	повторяющееся/привычное действие	We would talk for hours. – Мы беседовали часами.
NEED	необходимость	Do you need to work so hard? – Тебе надо столько работать?
NEEDN'T	отсутствие необходимости	She needn't go there. — Ей не нужно туда идти.
DARE	Посметь	How dare you say that? – Как ты смеешь такое говорить?

Модальные единицы эквивалентного типа		
to be able (to) = can	Возможность соверш-я конкрет-го дей-ия в опред. момент	She **was able** to change the situation then. (Она тогда была в состоянии (могла) изменить ситуацию).
to be allowed (to) = may	Возмож-ть совер-ия дей-ия в наст.-м, прош-ом или буд-ем + оттенок разрешения	My sister **is allowed to** play outdoors. (Моей сестре разрешается играть на улице).
to have (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом или буд-ем при опред-х об-вах	They **will have to** set up in business soon. (Им вскоре придется открыть свое дело).
to be (to)= ought, must, should	Необходимость совер-я дей-я в наст.-м, прош-ом при наличии опред. планов, распис-ий и т.д.	We **are to** send Nick about his business. (Мы должны (= планируем) выпроводить Ника)

Страдательный залог (Passive Voice)

образуется при помощи вспомогательного глагола to be в соответствующем времени, лице и числе и причастия прошедшего времени смысл. глагола – Participle II (III –я форма или ed-форма).

В страдательном залоге не употребляются:

1) Непереходные глаголы, т.к. при них нет объекта, который испытывал бы воздействие, то есть нет прямых дополнений которые могли бы стать подлежащими при глаголе в форме Passive.

Переходными в англ. языке называются глаголы, после которых в действительном залоге следует прямое дополнение; в русском языке это дополнение, отвечающее на вопросы винительного падежа – кого? что?: to build строить, to see видеть, to take брать, to open открывать и т.п.

Непереходными глаголами называются такие глаголы, которые не требуют после себя прямого дополнения: to live жить, to come приходить, to fly летать, cry плакать и др.

2) Глаголы-связки: be – быть, become – становиться/стать.

3) Модальные глаголы.

4) Некоторые переходные глаголы не могут использоваться в страдательном залоге. В большинстве случаев это глаголы состояния, такие как:

to fit годиться, быть впору to have иметь to lack не хватать, недоставать to like нравиться
to resemble напоминать, быть похожим to suit годиться, подходить и др.

При изменении глагола из действительного в страдательный залог меняется вся конструкция предложения:

- дополнение предложения в Active становится подлежащим предложения в Passive;
- подлежащее предложения в Active становится предложным дополнением, которое вводится предлогом by или вовсе опускается;
- сказуемое в форме Active становится сказуемым в форме Passive.

Особенности употребления форм Passive:

1. Форма Future Continuous не употребляется в Passive, вместо нее употребляется Future Indefinite:

At ten o'clock this morning Nick will be writing the letter. –At ten o'clock this morning the letter will be written by Nick.

2. В Passive нет форм Perfect Continuous, поэтому в тех случаях, когда нужно передать в Passive действие, начавшееся до какого-то момента и продолжающееся вплоть до этого момента, употребляются формы Perfect:

He has been writing the story for three months. The story has been written by him for three months.

3. Для краткости, во избежание сложных форм, формы Indefinite (Present, Past, Future) часто употребляются вместо форм Perfect и Continuous, как в повседневной речи так и в художественной литературе. Формы Perfect и Continuous чаще употребляются в научной литературе и технический инструкциях.

This letter has been written by Bill. (Present Perfect)
This letter is written by Bill. (Present Indefinite – более употребительно)
Apples are being sold in this shop. (Present Continuous)
Apples are sold in this shop. (Present Indefinite – более употребительно)

4. Если несколько однотипных действий относятся к одному подлежащему, то вспомогательные глаголы обычно употребляются только перед первым действием, например: The new course will be sold in shops and ordered by post.

Прямой пассив (The Direct Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует прямому дополнению предложения в Active. Прямой пассив образуется от большинства переходных глаголов.

I gave him a book. Я дал ему книгу. A book was given to him. Ему дали книгу. (или Книга была дана ему)

The thief stole my watch yesterday. Вор украл мои часы вчера.
My watch was stolen yesterday. Мои часы были украдены вчера.

В английском языке имеется ряд переходных глаголов, которые соответствуют непереходным глаголам в русском языке. В английском они могут употребляться в прямом пассиве, а в русском – нет. Это:to answer отвечать кому-л.
to believe верить кому-л. to enter входить (в) to follow следовать (за) to help помогать кому-л.
to influence влиять (на) to join присоединяться to need нуждаться to watch наблюдать (за)

Так как соответствующие русские глаголы, являясь непереходными, не могут употребляться в страдательном залоге, то они переводятся на русский язык глаголами в действительном залоге:
Winter is followed by spring.

А при отсутствии дополнения с предлогом by переводятся неопределенно-личными предложениями: Your help is needed.

Косвенный пассив (The Indirect Passive)

Это конструкция, в которой подлежащее предложения в Passive соответствует косвенному дополнению предложения в Active. Она возможна только с глаголами, которые могут иметь и прямое и косвенное дополнения в действительном залоге. Прямое дополнение обычно означает предмет (что?), а косвенное – лицо (кому?).

С такими глаголами в действительном залоге можно образовать две конструкции:

а) глагол + косвенное дополнение + прямое дополнение;

б) глагол + прямое дополнение + предлог + косвенное дополнение:

а) They sent Ann an invitation.- Они послали Анне приглашение.
б) They sent an invitation to Ann. - Они послали приглашение Анне.

В страдательном залоге с ними также можно образовать две конструкции – прямой и косвенный пассив, в зависимости от того, какое дополнение становится подлежащим предложения в Passive. К этим глаголам относятся:to bring приносить
to buy покупать to give давать to invite приглашать to leave оставлять
to lend одалживать to offer предлагать to order приказывать to pay платить
to promise обещать to sell продавать to send посылать to show показывать
to teach учить to tell сказать и др.
Например: Tom gave Mary a book. Том дал Мэри книгу.
Mary was given a book. Мэри дали книгу. (косвенный пассив – более употребителен)
A book was given to Mary. Книгу дали Мэри. (прямой пассив – менее употребителен)

Выбор между прямым или косвенным пассивом зависит от смыслового акцента, вкладываемого в последние, наиболее значимые, слова фразы:
John was offered a good job. (косвенный пассив) Джону предложили хорошую работу.
The job was offered to John. (прямой пассив) Работу предложили Джону.

Глагол to ask спрашивать образует только одну пассивную конструкцию – ту, в которой подлежащим является дополнение, обозначающее лицо (косвенный пассив):
He was asked a lot of questions. Ему задали много вопросов.

Косвенный пассив невозможен с некоторыми глаголами, требующими косвенного дополнения (кому?) с предлогом to. Такое косвенное дополнение не может быть подлежащим в Passive, поэтому в страдательном залоге возможна только одна конструкция – прямой пассив, то есть вариант: Что? объяснили, предложили, повторили…Кому? Это глаголы:to address адресовать
to describe описывать to dictate диктовать to explain объяснять to mention упоминать
to propose предлагать to repeat повторять to suggest предлагать to write писать и др.

Например: The teacher explained the rule to the pupils. – Учитель объяснил правило ученикам. The rule was explained to the pupils. – Правило объяснили ученикам. (Not: The pupils was explained…)

Употребление Страдательного залога

В английском языке, как и в русском, страдательный залог употр. для того чтобы:

1. Обойтись без упоминания исполнителя действия (70% случаев употребления Passive) в тех случаях когда:

а) Исполнитель неизвестен или его не хотят упоминать:
He was killed in the war. Он был убит на войне.

б) Исполнитель не важен, а интерес представляет лишь объект воздействия и сопутствующие обстоятельства:
The window was broken last night. Окно было разбито прошлой ночью.

в) Исполнитель действия не называется, поскольку он ясен из ситуации или контекста:
The boy was operated on the next day. Мальчика оперировали на следующий день.

г) Безличные пассивные конструкции постоянно используются в научной и учебной литературе, в различных руководствах: The contents of the container should be kept in a cool dry place. Содержимое упаковки следует хранить в сухом прохладном месте.

2. Для того, чтобы специально привлечь внимание к тому, кем или чем осуществлялось действие. В этом случае существительное (одушевленное или неодушевленное.) или местоимение (в объектном падеже) вводится предлогом by после сказуемого в Passive.

В английском языке, как и в русском, смысловой акцент приходится на последнюю часть фразы. He quickly dressed. Он быстро оделся.

Поэтому, если нужно подчеркнуть исполнителя действия, то о нем следует сказать в конце предложения. Из-за строгого порядка слов английского предложения это можно осуществить лишь прибегнув к страдательному залогу. Сравните:
The flood broke the dam. (Active) Наводнение разрушило плотину. (Наводнение разрушило что? – плотину)
The dam was broken by the flood. (Passive) Плотина была разрушена наводнением. (Плотина разрушена чем? – наводнением)

Чаще всего используется, когда речь идет об авторстве:
The letter was written by my brother. Это письмо было написано моим братом.

И когда исполнитель действия является причиной последующего состояния:
The house was damaged by a storm. Дом был поврежден грозой.

Примечание: Если действие совершается с помощью какого-то предмета, то употребляется предлог with, например:
He was shot with a revolver. Он был убит из револьвера.

Перевод глаголов в форме Passive

В русском языке есть три способа выражения страдательного залога:

1. При помощи глагола "быть" и краткой формы страдательного причастия, причем в настоящем времени "быть" опускается:
I am invited to a party.
Я приглашён на вечеринку.

Иногда при переводе используется обратный порядок слов, когда русское предложение начинается со сказуемого: New technique has been developed. Была разработана новая методика.

2. Глагол в страдательном залоге переводится русским глаголом, оканчивающимся на –ся(-сь):
Bread is made from flour. Хлеб делается из муки.
Answers are given in the written form. Ответы даются в письменном виде.

3. Неопределенно-личным предложением (подлежащее в переводе отсутствует; сказуемое стоит в 3-м лице множественного числа действительного залога). Этот способ перевода возможен только при отсутствии дополнения с предлогом by (производитель действия не упомянут):

The book is much spoken about. Об этой книге много говорят.
I was told that you're ill. Мне сказали, что ты болен.

4. Если в предложении указан субъект действия, то его можно перевести личным предложением с глаголом в действительном залоге (дополнение с by при переводе становится подлежащим). Выбор того или иного способа перевода зависит от значения глагола и всего предложения в целом (от контекста):
They were invited by my friend. Их пригласил мой друг.(или Они были приглашены моим другом.)

Примечание 1: Иногда страдательный оборот можно перевести двумя или даже тремя способами, в зависимости от соответствующего русского глагола и контекста:
The experiments were made last year.
1) Опыты были проведены в прошлом году.
2) Опыты проводились в прошлом году.
3) Опыты проводили в прошлом году.

Примечание 2: При переводе нужно учитывать, что в английском языке, в отличие от русского, при изменении залога не происходит изменение падежа слова, стоящего перед глаголом (например в английском she и she, а переводим на русский - она и ей):

Примечание 3: Обороты, состоящие из местоимения it с глаголом в страдательном залоге переводятся неопределенно-личными оборотами:
It is said… Говорят… It was said… Говорили…
It is known… Известно… It was thought…Думали, полагали…
It is reported… Сообщают… It was reported…Сообщали…и т.п.

В таких оборотах it играет роль формального подлежащего и не имеет самостоятельного значения: It was expected that he would return soon. Ожидали, что он скоро вернется.

Согласование времен (Sequence of Tenses)

Если в главном предложении сказуемое выражено глаголом в одной из форм прошедшего времени, то в придаточном предложении употребление времен ограничено. Правило, которому в этом случае подчиняется употребление времен в придаточном предложении, называется согласованием времен.

Правило 1: Если глагол главного предложения имеет форму настоящего или будущего времени, то глагол придаточного предложения будет иметь любую форму, которая требуется смыслом предложения. То есть никаких изменений не произойдет, согласование времен здесь в силу не вступает.

Правило 2: Если глагол главного предложения имеет форму прошедшего времени (обычно Past Simple), то глагол придаточного предложения должен быть в форме одного из прошедших времен. То есть в данном случае время придаточного предложения изменится. Все эти изменения отражены в нижеследующей таблице:

Переход из одного времени в другое	Примеры	
Present Simple » Past Simple	He **can speak** French – Он говорит по-французски.	Boris said that he **could speak** French – Борис сказал, что он говорит по-французски.
Present Continuous » Past Continuous	They **are listening** to him – Они слушают его	I **thought** they **were listening** to him – Я думал, они слушают его.
Present Perfect » Past Perfect	Our teacher **has asked** my parents to help him – Наш учитель попросил моих родителей помочь ему.	Mary **told** me that our teacher **had asked** my parents to help him – Мария сказала мне, что наш учитель попросил моих родителей помочь ему.
Past Simple » Past Perfect	I **invited** her – Я пригласил ее.	Peter **didn't know** that I **had invited** her – Петр не знал, что я

		пригласил ее.
Past Continuous » Past Perfect Continuous	She **was crying** – Она плакала	John **said** that she **had been crying** – Джон сказал, что она плакала.
Present Perfect Continuous » Past Perfect Continuous	It **has been raining** for an hour – Дождь идет уже час.	He **said** that it **had been raining** for an hour – Он сказал, что уже час шел дождь.
Future Simple » Future in the Past	She **will show** us the map – Она покажет нам карту.	I **didn't expect** she **would show** us the map – Я не ожидал, что она покажет нам карту.

Изменение обстоятельств времени и места при согласовании времен.

Следует запомнить, что при согласовании времен изменяются также некоторые слова (обстоятельства времени и места).

this » that
these » those
here » there
now » then
yesterday » the day before
today » that day
tomorrow » the next (following) day
last week (year) » the previous week (year)
ago » before
next week (year) » the following week (year)

Перевод прямой речи в косвенную в английском языке

Для того чтобы перевести прямую речь в косвенную, нужно сделать определенные действия. Итак, чтобы передать чьи-то слова в английском языке (то есть перевести прямую речь в косвенную), мы:

1. ***Убираем кавычки и ставим слово that***

Например, у нас есть предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы передать кому-то эти слова, так же как и в русском, мы убираем кавычки и ставим слово that – «что».

She said that ….. Она сказала, что….

2. ***Меняем действующее лицо***

В прямой речи обычно человек говорит от своего лица. Но в косвенной речи мы не может говорить от лица этого человека. Поэтому мы меняем «я» на другое действующее лицо. Вернемся к нашему предложению:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Так как мы передаем слова девушки, вместо «я» ставим «она»:

She said that she ….. Она сказала, что она….

3. Согласовываем время

В английском языке мы не можем использовать в одном предложении прошедшее время с настоящим или будущим. Поэтому, если мы говорим «сказал» (то есть используем прошедшее время), то следующую часть предложения нужно согласовать с этим прошедшем временем. Возьмем наше предложение:

She said, “I will buy a dress”. Она сказала: «Я куплю платье».

Чтобы согласовать первую и вторую части предложения, меняем will на would. *см. таблицу выше.*

She said that she would buy a dress. Она сказала, что она купит платье.

4. Меняем некоторые слова

В некоторых случаях мы должны согласовать не только времена, но и отдельные слова. Что это за слова? Давайте рассмотрим небольшой пример.

She said, “I am driving now”. Она сказала: «Я за рулем сейчас».

То есть она в данный момент за рулем. Однако, когда мы будем передавать ее слова, мы будем говорить не про данный момент (тот, когда мы говорим сейчас), а про момент времени в прошлом (тот, когда она была за рулем). Поэтому мы меняем now (сейчас) на then (тогда) *см. таблицу выше.*

She said that she was driving then. Она сказала, что она была за рулем тогда.

Вопросы в косвенной речи в английском языке

Вопросы в косвенной речи, по сути, не являются вопросами, так как порядок слов в них такой же, как в утвердительном предложении. Мы не используем вспомогательные глаголы (do, does, did) в таких предложениях.

He asked, “Do you like this cafe?” Он спросил: «Тебе нравится это кафе?»

Чтобы задать вопрос в косвенной речи, мы убираем кавычки и ставим if, которые переводятся как «ли». Согласование времен происходит так же, как и в обычных предложениях. Наше предложение будет выглядеть так:

He asked if I liked that cafe. Он спросил, нравится ли мне то кафе.

Давайте рассмотрим еще один пример:

She said, “Will he call back?” Она сказала: «Он перезвонит?»

She said if he would call back. Она сказала, перезвонит ли он.

Специальные вопросы в косвенной речи

Специальные вопросы задаются со следующими вопросительными словами: what – что when – когда how – как why - почему where – где which – который

При переводе таких вопросов в косвенную речь мы оставляем прямой порядок слов (как в утвердительных предложениях), а на место if ставим вопросительное слово.

Например, у нас есть вопрос в прямой речи:

She said, “When will you come?”. Она сказала: «Когда ты придешь?»

В косвенной речи такой вопрос будет выглядеть так:

She said when I would come. Она сказала, когда я приду.

He asked, “Where does she work?” Он спросил: «Где она работает?»

He asked where she worked. Он спросил, где она работает.

Инфинитив. The Infinitive

Инфинитив - это неличная глагольная форма, которая только называет действие и выполняет функции как глагола, так и существительного. Инфинитив отвечает на вопрос что делать?, что сделать?

Формальным признаком инфинитива является частица **to**, которая стоит перед ним, хотя в некоторых случаях она опускается. Отрицательная форма инфинитива образуется при помощи частицы not, которая ставится перед ним: It was difficult not to speak. *Было трудно не говорить.*

Формы инфинитива

	Active Voice	Passive Voice
Simple	to write	to be written
Continuous	to be writing	
Perfect	to have written	to have been written
Perfect Continuous	to have been writing	

Глаголы, после которых используется инфинитив:

to agree - соглашаться
to arrange - договариваться
to ask – (по)просить
to begin – начинать
to continue – продолжать

to decide – решать
to demand - требовать
to desire – желать
to expect – надеяться
to fail – не суметь
to forget – забывать
to hate - ненавидеть
to hesitate – не решаться
to hope - надеяться
to intend – намереваться
to like – любить, нравиться
to love – любить, желать
to manage - удаваться
to mean - намереваться
to prefer - предпочитать
to promise - обещать
to remember – помнить
to seem - казаться
to try – стараться, пытаться
to want – хотеть
Например:
He asked to change the ticket. *Он попросил поменять билет.*
She began to talk. *Она начала говорить.*

Значение разных форм инфинитива в таблице

Формы инфинитива	**Чему я рад?**	
Simple	I am glad **to speak** to you.	Рад поговорить с вами. (Всегда радуюсь, когда говорю с вами).
Continuous	I am glad **to be speaking** to you.	Рад, что сейчас разговариваю с вами.
Perfect	I am glad **to have spoken** to you.	Рад, что поговорил с вами.
Perfect Continuous	I am glad **to have been speaking** to you.	Рад, что уже давно (все это время) разговариваю с вами.
Simple Passive	I am (always) glad **to be told** the news.	Всегда рад, когда мне рассказывают новости.
Perfect Passive	I am glad **to have been told** the news.	Рад, что мне рассказали новости.

Причастие. Participle

В английском языке причастие — это неличная форма глагола, которая сочетает в себе признаки глагола, прилагательного и наречия.

Формы причастия

		Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Participle I (Present Participle)	Simple	**writing**	**being written**
	Perfect	**having written**	**having been written**
Participle II (Past Participle)			**written**

Отрицательные формы причастия образуются с помощью частицы **not**, которая ставится перед причастием: not asking — не спрашивая,not broken — не разбитый.

Как переводить разные формы причастия на русский язык

Формы причастия	причастием	деепричастием
reading	читающий	читая

having read		прочитав
being read	читаемый	будучи читаемым
having been read		будучи прочитанным
read	прочитанный	
building	строящий	строя
having built		построив
being built	строящийся	будучи строящимся
having been built		будучи построенным
built	построенный	

Герундий. Gerund

Герундий — это неличная форма глагола, которая выражает название действия и сочетает в себе признаки глагола и существительного. Соответственно, на русский язык герундий обычно переводится существительным или глаголом (чаще неопределенной формой глагола). Формы, подобной английскому герундию, в русском языке нет.

My favourite occupation is reading. *Мое любимое занятие — чтение.*

Формы герундия

	Active (Активный залог)	Passive (Пассивный залог)
Simple	**writing**	**being written**
Perfect	**having written**	**having been written**

Запомните глаголы, после которых употребляется только герундий!

admit (признавать), advise (советовать), avoid (избегать),
burst out (разразиться), delay (задерживать), deny (отрицать),
dislike (не нравиться), enjoy (получать удовольствие), escape (вырваться, избавиться),
finish (закончить), forgive (прощать), give up (отказываться, бросать),
keep on (продолжать), mention (упоминать), mind (возражать - только в “?”и “-“),
miss (скучать), put off (отложить), postpone (откладывать),
recommend (рекомендовать), suggest (предлагать), understand (понимать).

Герундий после глаголов с предлогами

accuse of (обвинять в), agree to (соглашаться с), blame for (винить за),
complain of (жаловаться на), consist in (заключаться в), count on /upon (рассчитывать на),
congratulate on (поздравлять с), depend on (зависеть от), dream of (мечтать о),
feel like (хотеть, собираться), hear of (слышать о), insist on (настаивать на),
keep from (удерживать(ся) от), look forward to (с нетерпением ждать, предвкушать),
look like (выглядеть как), object to (возражать против),
persist in (упорно продолжать), praise for (хвалить за), prevent from (предотвращать от),
rely on (полагаться на), result in (приводить к), speak of, succeed in (преуспевать в),
suspect of (подозревать в), thank for (благодарить за), think of (думать о)

He has always dreamt of visiting other countries. — *Он всегда мечтал о том, чтобы побывать в других странах.*

to be + прилагательное / причастие + герундий

be afraid of (бояться чего-либо), be ashamed of (стыдиться чего-либо),
be engaged in (быть занятым чем-либо), be fond of (любить что-либо, увлекаться чем-либо),
be good at (быть способным к), be interested in (интересоваться чем-либо),
be pleased at (быть довольным), be proud of (гордиться чем-либо),
be responsible for (быть ответственным за), be sorry for (сожалеть о чем-либо),
be surprised at (удивляться чему-либо), be tired of (уставать от чего-либо),
be used to (привыкать к).

I’m tired of waiting. — *Я устал ждать.*

Основные сведения о сослагательном наклонении

Conditionals are clauses introduced with if. There are three types of conditional clause: Type 1, Type 2 and Type 3. There is also another common type, Type 0.

Type 0 Conditionals: They are used to express something which is always true. We can use when (whenever) instead of it. *If/When the sun shines, snow melts.*

Type 1 Conditionals: They are used to express real or very probable situations in the present or future. *If he doesn't study hard, he won't pass his exam.*

Type 2 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the present and, therefore, are unlikely to happen in the present or future. *Bob is daydreaming. If I won the lottery, I would buy an expensive car and I would go on holiday to a tropical island next summer.*

Type 3 Conditionals: They are used to express imaginary situations which are contrary to facts in the past. They are also used to express regrets or criticism. *John got up late, so he missed the bus. If John hadn't got up late, he wouldn't have missed the bus.*

	If-clause (hypothesis)	Main clause (result)	Use
Type 0 general truth	if + present simple	present simple	something which is always true
	If the temperature falls below 0 °C, water turns into ice.		
Type 1 real present	if + present simple, present continuous, present perfect or present perfect continuous	future/imperative can/may/might/must/should/ could + bare infinitive	real - likely to happen in the present or future
	If he doesn't pay the fine, he will go to prison. If you need help, come and see me. If you have finished your work, we can have a break. If you're ever in the area, you should come and visit us.		
Type 2 unreal present	if + past simple or past continuous	would/could/might + bare infinitive	imaginary situation contrary to facts in the present; also used to give advice
	If I had time, I would take up a sport. (but I don't have time - untrue in the present) If I were you, I would talk to my parents about it. (giving advice)		
Type 3 unreal past	if + past perfect or past perfect continuous	would/could/might + have + past participle	imaginary situation contrary to facts in the past; also used to express regrets or criticism
	If she had studied harder, she would have passed the test. If he hadn't been acting so foolishly, he wouldn't have been punished.		

Conditional clauses consist of two parts: the if -clause (hypothesis) and the main clause (result). When the if - clause comes before the main clause, the two clauses are separated with a comma. When the main clause comes before the if - clause, then no comma is necessary.

e.g. a) If I see Tim, I'll give him his book.

b) I'll give Tim his book if I see him.

We do not normally use will, would or should in an if - clause. However, we can use will or would after if to make a polite request or express insistence or uncertainty (usually with expressions such as / don't know, I doubt, I wonder, etc.).

We can use should after if to talk about something which is possible, but not very likely to happen.

e.g. a) If the weather is fine tomorrow, will go camping. (NOT: If the weather will be fine...)

b) If you will fill in this form, I'll process your application. (Will you please fill in... - polite request)

c) If you will not stop shouting, you'll have to leave. (If you insist on shouting... - insistence)

d) I don't know if he will pass his exams, (uncertainty)

e) If Tom should call, tell him I'll be late. (We do not think that Tom is very likely to call.)

We can use unless instead of if... not in the if -clause of Type 1 conditionals. The verb is always in the affirmative after unless.

e.g. Unless you leave now, you'll miss the bus. (If you don't leave now, you'll miss the bus.) (NOT: Unless you don't leave now, ...)

We can use were instead of was for all persons in the if - clause of Type 2 conditionals.

e.g. If Rick was/were here, we could have a party.

We use If I were you ... when we want to give advice.

e.g. If I were you, I wouldn't complain about it.

The following expressions can be used instead of if: provided/providing that, as long as, suppose/supposing, etc.

e.g. a) You can see Mr. Carter provided you have an appointment. (If you have an appointment...)

b) We will all have dinner together providing Mary comes on time. (... if Mary comes ...)

c) Suppose/Supposing the boss came now, …

We can omit if in the if - clause. When if is omitted, should (Type 1), were (Type 2), had (Type 3) and the subject are inverted.

e.g. a) Should Peter come, tell him to wait. (If Peter should come,...)

b) Were I you, I wouldn't trust him. (If I were you, ...)

c) Had he known, he would have called. (If he had known, ...)

2. Чтение и перевод учебных текстов (по 2 текста на тему)

№1

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

appear - v появляться; казаться; *ant* **disappear** - исчезать

bed - *n* пласт, слой, подстилающие породы; *syn* **layer, seam; bedded** - *a* пластовый

call for - v требовать; *syn* **demand, require**

carry out - v проводить *(исследование, эксперимент);* выполнять *(план);* завершать; *syn* **conduct, make**

colliery - каменноугольная шахта

concentration (dressing) plant - обогатительная фабрика, обогатительная установка

department - *n* отделение, факультет, кафедра; *syn* **faculty**

direct - v руководить; направлять; управлять; *a* прямой, точный; **directly** - *adv* прямо, непосредственно

education - *n* образование; просвещение; **get an education** получать образование

establish - v основывать, создавать, учреждать; *syn* **found, set up**

ferrous metals - чёрные металлы **(non-ferrous metals** цветные металлы)

iron - *n* железо; **pig iron** чугун; **cast iron** чугун, чугунная отливка

open-cast mines - открытые разработки

ore - *n* руда; **iron ore** - железная руда; **ore mining –** разработка рудных месторождений

process - v обрабатывать; *syn* **work, treat; processing** - n обработка; разделение минералов

rapid - *a* быстрый

research - *n* научное исследование

technique - *n* техника, способ, метод, технический прием; **mining technique** - горная техника, методы ведения горных работ

train - v обучать, готовить *(к чему-л.);***training** - обучение; подготовка

to be in need of - нуждаться в

to take part in - участвовать в

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 1: The First Mining School in Russia

The Moscow Mining Academy was established in 1918. The main task of the Academy was to train mining engineers and technicians, to popularize technological achievements among miners, to work on important problems of mining and metallurgical engineering arid to direct scientific research.

There were three departments in the Academy: mining, geological prospecting and metallurgy. The Moscow Mining Academy introduced a new course in coal mining mechanization which provided the basis for the development of mining engineering. The two scientists A.M. Terpigorev and M.M. Protodyakonov wrote the first textbook on machinery for mining bedded deposits.

Much credit for the establishment of the Moscow Mining Academy and the development of co-operation among outstanding scientists and educators is due to Academician I.M. Gubkin, a prominent geologist and oil expert.

In 1925 the Moscow Mining Academy was one of the best-known educational institutions in Russia. It had well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of Russian and foreign scientific books and journals.

The Academy established close contacts with the coal and ore mining industries. The scientists carried out scientific research and worked on important mining problems.

The rapid growth of the mining industry called for the training of more highly-qualified specialists and the establishment of new educational institutions.

New collieries and open-cast mines, concentration plants, metallurgical works and metal-working factories for processing non-ferrous and ferrous metals appeared in the country. The people took an active part in the construction of new industrial enterprises.

The Academy alone could not cope with the problem of training specialists. In 1930 the Moscow Mining Academy was transformed into six independent institutes. Among the new colleges which grew out of the Academy's departments were the Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting. Later, the scientific research Institute of Mining appeared near Moscow.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. There were four departments in the Academy.
2. The Academy introduced a new course in coal mining mechanization.
3. In 1925 the Academy had only several well-equipped laboratories, demonstration rooms and a library which had many volumes of books.
4. The Academy established close contacts with the coal industry.
5. In 1930 the Academy was transformed into six independent institutes.
6. The Moscow Mining Institute and the Moscow Institute of Geological Prospecting were among the new colleges which grew out of the Academy's departments.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What was the main task of the Academy?
2. What new course did the Academy introduce?
3. Were there three or four departments at the Academy?
4. What industries did the Academy establish contacts with?
5. Who wrote the first textbook on machinery' for mining bedded deposits?
6. Why was the Academy transformed into six independent institutes?
7. Why was the Academy transformed?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) обогатительная фабрика
б) подготовка горных инженеров
в) разведка нефти
г) обработка цветных металлов

д) техническое образование
е) новый (учебный) курс по
ж) принимать активное участие
з) проводить исследования
и) направлять научную деятельность
к) горное оборудование
л) пластовые месторождения

№2

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

change - v изменяться, менять(ся); *syn.* **transform, alter;** *n* изменение, перемена; превращение

determine - v определить, устанавливать

engineering - *n* техника; технология; машиностроение**;** *syn.* **technics, technology, technique; machinery**

composition - *n* структура, состав

connect - v соединяться; *syn* **combine, link**

enterprise - *n* предприятие; предприимчивость

deal (dealt) v **(with) -** иметь дело с; рассматривать

environment - *n* окружающая обстановка**,** среда

demand - *n* спрос

field - *n* область, сфера деятельности; поле, участок, месторождение; бассейн; *syn* **basin, branch**

design - *n* проект; план, чертеж; конструкция; v проектировать, планировать; конструировать

graduate - v окончить (высшее учебное заведение), *амер.* окончить любое учебное заведение; *n* лицо, окончившее высшее учебное заведение; **undergraduate (student) -** студент последнего курса; **postgraduate (student) -** аспирант; **graduation paper -** дипломная работа

hardware - *n* аппаратура, (аппаратное) оборудование, аппаратные средства; техническое обеспечение

hydraulic - *a* гидравлический, гидротехнический

introduction - *n* введение, вступление

management - *n* управление, заведование; *syn.* **administration; direction**

offer - *v* предлагать *(помощь, работу);* предоставлять; *n* предложение

property - *n* свойство

protection - *n* защита, охрана

range - *n* область, сфера; предел; диапазон; радиус действия; ряд; серия

recreation - *n* отдых, восстановление сил; развлечение

reveal - v показывать, обнаруживать

rock - *n* горная порода

shape - *n* форма

software - *n* программное обеспечение; программные средства

skill - *n* мастерство; умение; **skilled -** *a* квалифицированный; опытный; умелый

survey - *n* съемка, маркшейдерская съемка; v производить маркшейдерскую или топографическую съемку, производить изыскания; *n* **surveying** съемка, маркшейдерские работы

value - *n* ценность, стоимость; величина; v ценить, оценивать; **valuable** *a* ценный

workshop - *n* мастерская, цех; семинар

to be of importance - иметь значение

to give an opportunity of - дать возможность

to meet the requirements - удовлетворять требованиям (потребности)

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 2: Mining and Geological Higher Education in Russia

In Russia young people get mining education at special institutes which train geologists and mining engineers for coal and ore mining. The total number of students of an institute includes full-time students, part-time students and postgraduate students.

Russian higher educational establishments offer different specializations for the students. Thus, at the geological institutes, the students specialize in geology, the science which deals with different problems connected with the Earth, its history, the study of rocks, their physical and chemical properties. One of the main tasks of geology is to prospect, discover and study the deposits of useful minerals.

Geology is both a theoretical and an applied science. Mining geology is of great importance to the mining engineer. As a rule, mining geology includes economic geology.

The outstanding Russian geologist V.A. Obruchev says that geology is the science of the Earth which reveals to us how the Earth took shape, its composition and its changes. Geology helps prospect for ores, coal, oil, salt and other useful minerals.

Higher mining schools (universities, academies, institutes and colleges) develop a wide range of courses and programmes that meet the requirements of the society .They offer courses in mining technology, machinery and transport, hydraulic engineering, electrical engineering, industrial electronics, automation, surveying, geodesy, information technology, etc.

The main trend in the development of higher mining education is the introduction of courses in environmental protection, management (environmental human resources), economics and management of mining enterprises, marketing studies, computer-aided design (CAD) and others.

Computer science is also of great importance. The course aims at providing students with understanding how software and hardware technology helps solving problems.

Laboratory work is an important part in training specialists. Experiments in laboratories and workshops will help students to develop their practical skills. They have a short period of field work to gain working experience.

The students go through practical training at mines, plants and other industrial enterprises.. They become familiar with all stages of production and every job from worker to engineer. Here they get practical knowledge and experience necessary for their diploma (graduation) papers.

A lot of students belong to students' scientific groups. They take part in the research projects which their departments usually conduct. Postgraduates carry out research in different fields of science and engineering.

Sport centres give the students opportunities to play different sports such as tennis, football, basketball, volleyball, swimming, ' skiing, water polo, boxing, wrestling and others.

Students graduate from mining and geological higher schools as mining engineers, mining mechanical engineers, ecologists, mining electrical engineers, geologists, economists and managers for mining industry.

1. Переведите следующие сочетания слов.

а) широкий круг проблем
б) денные месторождения полезных ископаемых
в) горный инженер-механик
г) вести научно-исследовательскую работу
д) принимать форму
е) техническое и программное обеспечение
ж) студенты (последнего курса)
з) дипломная работа
и) физические и химические свойства
к) месторождение полезных ископаемых

1. оканчивать институт
2. поступать в университет
3. получать образование

4. готовить геологов и горних инженеров
5. высшие горные учебные заведения
6. приобретать опыт
7. студенческие научные общества
8. заниматься различными видами спорта

№3

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accurate - *a* точный, правильный; **accuracy** - *n* точность

archive - *n* архив

attend - v посещать *(лекции, практические занятия, собрания)*

comprehensive - *a* всесторонний, исчерпывающий

concern - v касаться, относиться; иметь отношение к чему-л.; *n* дело, отношение; важность; **concerning** *prep* относительно, касательно

consider - v рассматривать; считать; **considerable** - значительный, важный; **consideration** - *n* рассмотрение; обсуждение

draw (drew, **drawn**) - v *зд,* чертить, рисовать; **draw the conclusion** делать вывод; *syn* **come to the conclusion**

employ - v применять, использовать; предоставлять *(работу); syn* **use, utilize, apply; employment** - *n* служба; занятие; применение, использование

familiarize - v знакомить; осваивать

fundamental - *n pl* основы *(наук)*

levelling - *n* нивелирование, сглаживание *(различий);* выравнивание

number - *n* число, количество, большое количество; *(порядковый)* номер, ряд

observe - v наблюдать, следить *(за чём-л.),* соблюдать *(правило, обычаи)*

obtain - v получать; достигать; добывать; *syn* **get, receive**

present - v преподносить, дарить; подавать, представлять; **presentation** - *n* изложение; предъявление

proximity - *n* близость, соседство; **in proximity to** поблизости, вблизи от *(чего-л.)*

require - v требовать; *syn* **call for; demand; meet the requirements** удовлетворять требованиям

traversing - *n* горизонтальная съемка

to keep in close touch with - поддерживать связь с

to touch upon (on) затрагивать, касаться вкратце *(вопроса)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 3: Mining Education in Great Britain

In Great Britain the students get mining education at special colleges and at mining departments of universities.

For example, the Mining Department at the University of Nottingham ranks as one of the foremost teaching and research mining schools in Great Britain. The students come to the University from all parts of the country and from abroad. The close proximity of Nottingham to mines extracting coal and different metals makes it possible for the University to keep in close touch with new achievements in mining.

The aim of training at the University is to give the student an understanding of applied science based on lectures, tutorial system, laboratory work and design classes. The laboratory work trains the student in accurate recording of observations, drawing of logical conclusions and presentation of scientific reports. Besides, it gives the student an understanding of experimental methods and familiarizes him (or her) with the characteristics of engineering materials, equipment and machines.

At Nottingham there are two types of laboratories, general and Specialized. General laboratories deal with the fundamentals of engineering science and specialized ones1 study the more specialized problems in different branches of engineering.

During the final two years of his course the student gets a comprehensive training in surveying. Practical work both in the field and in drawing classes forms an important part of this course. Besides, the students have practical work in survey camps during two weeks. The equipment available for carrying out traversing, levelling, tacheometric and astronomical surveying is of the latest design.

The practical and laboratory work throughout the three or four years of study forms a very important part of the course, so the students obtain the required standard in their laboratory course work before they graduate.

British educational system is fee-paying. The annual fee includes registration, tuition, examination, graduation and, in the case of full-time students, membership of the Union of Students.

Students from all over the world (nearly 100 countries) study at the University of Nottingham. For many years the University has had a thriving community of international students.

The University pays much attention to learning foreign languages. For individual study there is a 16-place self-access tape library with a tape archive of 3,000 tapes in 30 languages. There are also 16 video work stations where the students play back video tapes or watch TV broadcasts in a variety of languages.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. In Great Britain the students can get mining education only at special colleges.
2. The training at universities is based on tutorial system.
3. The laboratory work familiarizes the student with modern equipment.
4. There are three types of laboratories at the University of Nottingham.
5. When the students study surveying, they have practical work both in the field and in drawing classes.
6. The students from abroad don't study at Nottingham.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Where can one get mining education in Great Britain?
2. Is the Mining Department at the University of Nottingham one of the foremost research mining schools in Great Britain?
3. What makes it possible for the University to keep in close touch with the, achievements in mining?
4. What are the students supposed to do in the laboratories?
5. Will the students have practical work in survey camps or in the laboratories?
6. What do the students use surveying equipment for?
7. What can you say about studying foreign languages at the University?

№4

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advance - *n* прогресс, успех; продвижение вперед; v делать успехи, развиваться, продвигаться вперед; **advanced courses** курсы по расширенной программе

authority - *n* администрация; начальство

differ - v (from) отличаться (от); **difference** *n* различие; разница; **different** *a* различный; *syn* **various**

excavate - v добывать *(уголь);* вырабатывать полезное ископаемое открытым способом; вынимать *(грунт);* **excavation** - *n* открытая разработка карьером; разрез, карьер; **surface excavation** открытая разработка; *syn* **open-cast (opencast)**

experience - *n* жизненный опыт; опыт работы; стаж

found - v основывать**; *syn* establish, set up; foundation** - *n* основание; учреждение; основа; **lay the foundation** положить начало чему-л , заложить основу чего-л.

manage - v управлять, заведовать, справляться, уметь обращаться; **management** - *n* управление, заведование; правление, дирекция; **management studies** - наука об управлении

mean (meant) - *v* значить, иметь значение, подразумевать; намереваться, иметь в виду; **means** - *n, pl* средства, **meaning** - *n* значение, **by means of** посредством (чего-л)

metalliferous – *a* содержащий металл, рудоносный

preliminary - *a* предварительный**; preliminary course** подготовительные курсы

realize - v представлять, себе; понимать *(во всех деталях); **syn*** **understand**

recognize - *v* признавать; узнавать

work out -v разрабатывать *(план);* решать задачу

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 4: Mining Education in Great Britain (continued)

At present in Great Britain there are a number of universities and colleges which give instruction in mechanical engineering, mining, metallurgy, etc. These institutions provide full-time and part-time education. It should be noted that technical colleges confer diplomas' on college graduates.

A university graduate leaves with the degree of Bachelor of Arts or Bachelor of Science, which is an academic qualification awarded by universities.

For example, the University in Cardiff has become one of the largest in Wales. It is one of the four colleges which together with the Welsh National School of Medicine form the University of Wales. There is the Mining Engineering Department in the University of Wales. The Department deals with the whole range of extractive industries such as coal and metalliferous mining, quarrying and oil technology.

After graduating from the college a student can be recommended for entry to the university by a college authority and he can apply for admission to the university.

At the Mining Department students may take several courses such as geology, mining engineering, mine surveying, quarrying, management studies and others. It has become a tradition that the courses are based on an intensive tutorial system. It means that students are allotted to members of the teaching staff for individual tuition separately in mining, in quarrying and in mine surveying. The system is founded on that of the older universities of Great Britain.

At the Department of Mining Engineering of the Newcastle University mining has now become a technically advanced profession. The Department of Mining Engineering trains industrially experienced engineers through various advanced courses in rock mechanics and surface excavation. For many years the Mining Engineering Department at Newcastle has recognized the need for highly-qualified engineers and realized that the courses in rock mechanics and surface excavation are of great importance for mining engineers.

At the University a student studies for three or four years. The organization of the academic year is based on a three-term system which usually runs from about the beginning of October to the middle of December, from the middle of January to the end of March and from the middle of April to the end of June or the beginning of July.

Students course is designed on a modular basis. Modules are self-contained 'units' of study, which are taught and assessed independently of each other. When a student passes a module, he (she) gains a credit. All modules carry a number of credits. At the end of the term, the number of credits a student gets, determines the award he (she) receives. Each module is continuously assessed by coursework and/or end-of-term examinations.

Admission to the British universities is by examination and selection. The minimum age for admission to the four-year course is normally 18 years. Departments usually interview all the candidates. The aim of the interview is to select better candidates.

Just over half of all university students live in colleges, halls of residence, or other accommodation provided by their university, another third lives in lodgings or privately rented accommodation; and the rest live at home.

1. Определите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. At present there are about a hundred technical institutions in Great Britain.
2. It should be noted that British colleges confer degrees.
3. As a rule a college authority recommends the graduates for entry to the university.
4. At the Mining Engineering Department of the University of Wales the students study only metalliferous mining.
5. At the Mining Engineering Department the courses are based on an intensive tutorial system.
6. The Mining Engineering Department at the Newcastle University has recognized the importance of teaching rock mechanics and surface excavation (open-cast mining).

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. Are there many technical institutions in Great Britain?
2. What is the difference between colleges and universities?
3. Is the Mining Engineering Department the only one in the University of Wales?
4. Does the Mining Engineering Department deal only with metalliferous mining?
5. Can a student enter the university after he has graduated from the college?
6. What courses are of special importance for mining engineers?
7. What do you know about the organization of the academic year at British universities?
8. When do the students take their examinations?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) курсы по расширенной программе
б) рудоносные отложения
в) средства производства
г) горный факультет
д) открытые горные работы
е) опытный инженер
ж) администрация колледжа
з) поощрять студентов
и) отвечать требованиям университета
к) наука об управлении

1. зависеть от условий
2. значить, означать
3. признать необходимость (чего-л.)
4. ежегодная производительность (шахты)
5. начальник шахты
6. добывающая промышленность
7. представлять особую важность
8. механика горных пород
9. единственный карьер
10. основывать факультет (школу, систему и т.д.)

№5

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный
adjacent - *a* смежный, примыкающий
ash - *n* зола
belt - *n* пояс; лента; ремень
body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты
common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**
cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**
dust - *n* пыль
dyke – *n* дайка
extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*
fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь
flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы
fragmentary - *a* обломочный, пластический
glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 5: Igneous Rocks

Igneous rocks have crystallized from solidified magma.

Igneous rocks can be classified in a number of ways and one of (hem is based on mode of occurrence. They occur either as intrusive (below the surface) bodies or as extrusive masses solidified at the Earth's surface. The terms "intrusive" and "extrusive" refer to the place where rocks solidified.

The grain size of igneous rocks depends on their occurrence. The intrusive rocks generally cool more slowly than the extrusive rocks and crystallize to a larger grain size. The coarser-grained intrusive rocks with grain size of more than 0.5 mm called plutonic or abyssal are referred to as intrusive igneous rocks because they are intruded into older pre-existing rocks. Extrusive or volcanic rocks have even finer grains, less than 0.05 mm and are glassy.

Exposed igneous rocks are most numerous in mountain zones for two reasons. First, the mountain belts have been zones of major deformation. Second, uplifts in mountain belts have permitted plutonic masses to be formed.

The largest bodies of igneous rocks are called batholiths. Batholiths cooled very slowly. This slow cooling permitted large mineral grains to form. It is not surprising that batholiths are composed mainly of granitic rocks with large crystals called plutons. As is known, granites and diorites belong to the group of intrusive or plutonic rocks formed by solidification of igneous mass under the Earth's crust. Granites sometimes form smaller masses called stocks, when the occurrence has an irregular shape but smaller dimensions than the batholiths.

Laccoliths and sills, which are very similar, are intruded between sedimentary rocks. Sills are thin and they may be horizontal, inclined or vertical. Laccoliths are thicker bodies and in some cases they form mountains.

Dykes are also intrusive bodies. They range in thickness from a few inches to several thousand feet. Dykes are generally much longer than they are wide. Most dykes occupy cracks and have straight parallel walls. These bodies cool much more rapidly and are commonly fine-grained. For example, granite may occur in dykes that cut older rocks.

Pegmatites (quartz, orthoclase and mica) also belong to the group of plutonic or intrusive rocks. They occur in numerous veins which usually cut through other plutonites, most often granite, or adjacent rocks.

Extrusive igneous rocks have been formed from lava flows which come from fissures to the surface and form fields of volcanic rocks such as rhyolite, andesite, basalt, as well as volcanic ashes and dust, tuff, etc. As a rule, these rocks of volcanic origin cool rapidly and are fine-grained. It is interesting to note that basalt is the most abundant of all lavatypes. It is the principal rock type of the ocean floor.

Igneous rocks are rich in minerals that are important economically or have great scientific value. Igneous rocks and their veins are rich in iron, gold, zinc, nickel and other ferrous metals.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Igneous rocks have been formed by sedimentation.
2. Intrusive rocks have been formed by the cooling of rocks of the Earth's crust.
3. Extrusive rocks have been formed the same way.
4. The grain size of igneous rocks depends on mode of occurrence.
5. Exposed igneous rocks are numerous in mountain zones.
6. Granites and diorites belong to the group of extrusive rocks.
7. As a rule, granite may occur in dykes.
8. Pegmatites do not belong to the group of plutonic or intrusive rocks.

2). Ответьте на вопросы:

1. Have igneous rocks crystallized from magma or have they been formed by sedimentation?
2. Which types of igneous rocks do you know?
3. What does the grain size of igneous rocks depend on?
4. Can you give an example of intrusive or plutonic rocks?
5. Are diorites intrusive or extrusive formations?
6. What do you know about batholiths?
7. Do pegmatites belong to the group of plutonic or volcanic rocks?
8. How do pegmatites occur?
9. What minerals are igneous rocks rich in?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	adjacent layers	а) способ залегания
2.	abyssal rocks	б) крупнозернистый
3.	dimensions of crystals	в) зоны крупных нарушений
4.	valuable minerals	г) абиссальные (глубинные) породы
5.	shape and size of grains	д) смежные пласты (слои)
6.	mode of occurrence	е) размеры кристаллов
7.	coarse-grained	ж) взбросы
8.	uplifts	з) форма и размер зерен
9.	zones of major deformation	и) ценные минералы

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1.	затвердевшие массы	а) irregular shape
2.	обломочные породы	б) at a certain depth
3.	медленно остывать	в) economically important
4.	мелкозернистый	г) solidified masses
5.	многочисленные трещины	д) scientific value
6.	неправильная форма	е) to cool slowly
7.	на определенной глубине	ж) existing types of rocks
8.	экономически важный	з) fine-grained
9.	научная ценность	и) fragmentary rocks

10. существующие типы пород к) numerous cracks or fissures

№6

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 6: Metamorphic Rocks

The problem discussed concerns metamorphic rocks which compose the third large family of rocks. "Metamorphic" means "changed from". It shows that the original rock has been changed from its primary form to a new one. Being subjected to pressure, heat and chemically active fluids beneath the Earth's surface, various rocks in the Earth's crust undergo changes in texture, in mineral composition and structure and are transformed into metamorphic rocks. The process described is called metamorphism.

As is known, metamorphic rocks have been developed from earlier igneous and sedimentary rocks by the action of heat and pressure.

Gneisses, mica schists, phyllites, marbles, slate, quartz, etc. belong to the same group of rocks. Having the same mineral composition as granite, gneisses consist chiefly of quartz, orthoclase and mica. However unlike granite, they have a schistose structure. It means that their constituents are distributed in bands or layers and run parallel to each other in one direction. If disturbed the rock cleaves easily into separate plates.

The role of water in metamorphism is determined by at least four variable geologically related parameters: rock pressure, temperature, water pressure, and the amount of water present.

During a normal progressive metamorphism rock pressure and temperature are interdependent, and the amount of water and the pressure of water are related to the sediments and to the degree of metamorphism in such a way that, generally speaking, the low-grade metamorphic rocks are

characterized by the excess of water. The medium-grade rocks defined by some deficiency of water and the high-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.

Many of the metamorphic rocks mentioned above consist of flaky materials such as mica and chlorite. These minerals cause the rock to split into thin sheets, and rocks become foliated.

Slate, phyllite, schist and gneiss belong to the group of foliated metamorphic rocks. Marble and quartzite are non-foliated metamorphic rocks.

The structure of metamorphic rocks is of importance because it shows the nature of pre-existing rocks and the mechanism of metamorphic deformation. Every trace of original structure is of great importance to geologists. It gives an opportunity of analysing the causes of its metamorphism.

Being often called crystalline schists, metamorphic rocks such as gneisses and mica have a schistose structure. Metamorphic rocks represent the oldest portion of the Earth's crust. They are mostly found in the regions of mountain belts where great dislocations on the Earth once took place.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Generally speaking, metamorphic rocks have been developed from ores.
2. Marble, slate and phyllite belong to the group of metamorphic rocks.
3. As is known, unlike granite metamorphic rocks have a schistose structure.
4. It is quite obvious that the role of water in metamorphism is great.
5. As a rule, low-grade metamorphic rocks are characterized by the absence of water.
6. Flaky materials cause the rock to split into thin sheets.
7. It should be noted that marble and quartzite are foliated metamorphic rocks.
8. The structure of metamorphic rocks shows the nature of older preexisting rocks and the mechanism of metamorphic deformation as well.
9. All metamorphic rocks are non-foliated.

2). Ответьте на вопросы:

1. Do you know how metamorphic rocks have been formed?
2. Which rocks belong to the group of metamorphic?
3. Does gneiss have the same structure as granite?
4. Is the role of water great in metamorphism?
5. What rocks do we call foliated? What can you say about non-foliated metamorphic rocks?
6. How can geologists trace the original structure of metamorphic rocks?
7. Why are metamorphic rocks often called crystalline schists?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. as a result of the chemical and physical changes
2. constituents of rocks
3. to be subjected to constant development
4. to undergo changes
5. excess of water
6. low-grade ores
7. coal band
8. to cleave into separate layers
9. traces of original structure
10. generally speaking

а) полоса (или прослоек) угля
б) составляющие пород
в) расщепляться на отдельные слои
г) вообще говоря

д) в результате химических и физических изменений
е) избыток воды
ж) изменяться
з) находиться в постоянном развитии
и) низкосортные руды
к) следы первоначальной структуры

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. иметь значение
2. упомянутые выше
3. сланцеватая структура
4. в отличие от гранита
5. недостаток воды
6. существовавшие ранее породы
7. слоистые породы
8. мрамор и сланец
9. гнейс
10. давать возможность
11. определять структуру

а) unlike granite
б) to be of importance
в) pre-existing rocks
г) mentioned above
д) schistose structure
е) to give an opportunity (of doing smth)
ж) to define (determine) rock texture
з) deficiency of water
и) flaky rocks
к) marble and slate
л) gneiss

№7

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

country rock коренная (основная) порода

distinctive properties отличительные свойства

malleable metal ковкий металл

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 7: Prospecting

Mining activities include prospecting and exploration for a mineral deposit through finding, proving, developing, extracting and processing the ore. That is why it is possible to divide the mining activity into three major phases: 1) before mining which involves prospecting and exploration required to locate, characterize and prove a potential ore body; 2) mining which refers to actual coal or ore extraction. Extraction processes include underground or surface mining and dredging; 3) after mining which involves processing and preparing the raw ore for the end product.

As has already been said, before a mineral deposit can be worked, that is, before it can be extracted from the Earth for use by man, it must first be found. The search for economically useful mineral deposits is called prospecting. To establish the quality and quantity of a mineral deposit, the type of country rock, etc. means to prove it and this process is called proving. Prospecting and proving are only two different stages of mining geological exploration, the latter includes drilling and driving of openings.

Last century prospectors looked for visible evidence of mineralization on the surface of the Earth. To recognize valuable minerals it was necessary to know their various distinctive physical properties. For example, gold occurs in nature as a heavy malleable yellow metal. -Galena, the most important mineral containing lead, is dark grey, heavy and lustrous. The first ores of iron to be mined were deposits of magnetite, a black heavy mineral capable of attracting a piece of iron.

As the deposits of mineral that cropped out at the surface were mined, the search for additional supplies of minerals took place. The science of geology was used to explain the occurrence of ore deposits.

The aim of geological prospecting is to provide information on a preliminary estimation of the deposit and the costs of the geological investigations to be made. It also indicates whether it is available to continue the exploration or not.

Prospecting work includes three stages: 1) finding signs of the mineral; 2) finding the deposit; 3) exploring the deposit.

General indications of the possibility of exposing this or that mineral in a locality can be obtained by studying its general topographical relief, the type of ground and its general natural conditions. Thus, in mountainous regions where fissures were formed during the process of mountain formation, ore minerals could be expected in the fissure fillings. In hilly regions, sedimentary deposits would be expected.

Certain deposits are found only in a particular type of ground. Coal seams, for example, are found in sedimentary formations mainly consisting of sandstones and shales. Veins, on the other hand,

are found in crystalline (igneous) rocks, and the type of country rock usually determines the type of minerals.

At present, prospecting methods to be used are as follows:

1. Surface geological and mineralogical prospecting such as panning.
2. Geophysical, geochemical, geobotanical prospecting.
3. Aerial photography with geological interpretation of the data to be obtained is highly effective from aircraft or helicopter. Besides, successful development of space research has made it possible to explore the Earth's resources from space by satellites.

In modern prospecting the methods mentioned above are used together with the study of geological maps.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The search for economically useful mineral deposits is called proving.
2. Last century prospectors looked for visible evidence of mineral deposits.
3. The first ores of iron to be mined were deposits of galena.
4. The science of geology can explain the mode of occurrence of ore deposits.
5. As a rule prospecting includes four stages.
6. The study of general topographical relief and the type of ground makes it possible to expose this or that deposit.
7. Geologists know that certain deposits are only found in a particular type of ground.
8. As is known, veins are found in metamorphic rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is prospecting?
2. What is proving?
3. How did prospectors find mineral deposits in the 19th century?
4. Does gold occur in nature as a heavy malleable yellow metal or as a heavy dark-grey one?
5. What metal is capable of attracting a piece of iron?
6. What does prospecting work provide?
7. What are the three main stages of prospecting?
8. Is it enough to know only the topographical relief of a locality for exposing this or that mineral?
9. What methods of prospecting do you know?
10. What are the most effective aerial methods of prospecting now?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. country rock	а) залегание рудных месторождений
2. panning	б) блестящий металл
3. the search for commercially useful deposits	в) коренная (основная) порода
4. geological exploration	г) дополнительные запасы минералов
5. to look for evidence of mineralization	д) промывка (золотоносного песка в лотке)
6. distinctive properties	е) геологическая разведка (с попутной добычей)
7. lustrous metal	ж) искать доказательства наличия месторождения
8. capable of attracting a piece of iron	з) отличительные свойства
9. additional supplies of minerals	и) поиски экономически полезных месторождений
10. the occurrence of ore deposits	к) способный притягивать кусок металла

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	стоимость геологических исследований	а) the data obtained
2.	выходить на поверхность (обнажаться)	б) galena, sandstones and shales
3.	произвести предварительную оценку (месторождения)	в) the cost of geological investigations
4.	визуальные наблюдения с воздуха	г) to crop out
5.	полученные данные	д) certain ore deposits
6.	галенит, песчаники и сланцы	е) to make a preliminary estimation (of a deposit)
7.	общие показания	ж) visual aerial observations
8.	находить признаки месторождения	з) to find the signs of a deposit
9.	определенные рудные месторождения	и) general indications

№8

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

TEXT 8: Exploration of Mineral Deposits

Exploration is known to include a whole complex of investigations carried out for determining the industrial importance of a deposit. The main task is to determine the quality and quantity of mineral and the natural and economic conditions in which it occurs. The exploration of the deposit is divided into three stages, namely preliminary exploration, detailed exploration and exploitation exploration.

The aim of preliminary exploration is to establish the general size of a deposit and to obtain an approximate idea of its shape, dimensions and quality. At this stage the geological map of the deposit is corrected and a detailed survey of its surface is completed.

The information on the preliminary exploration is expected to give an all-round description of the deposit which will enable the cost of its detailed exploration to be estimated.

The following points should be taken into consideration: 1) the shape and area of the deposit; 2) its depth and angles of dip and strike; 3) its thickness; 4) the properties of the surrounding rock and overburden; 5) the degree of uniformity of distribution of the mineral within the deposit and the country rock, etc.

Preliminary explorations can make use of exploratory openings such as trenches, prospecting pits, adits, crosscuts and boreholes. They are planned according to a definite system, and some are driven to a great depth.

All the exploratory workings are plotted on the plan. These data allow the geologist to establish the vertical section of the deposit.

The quality of the mineral deposit is determined on the basis of analyses and tests of samples taken from exploratory workings.

The method of exploration to be chosen in any particular case depends on the thickness of overburden, the angle of dip, the surface relief, the ground water conditions and the shape of the mineral deposit.

The task of the detailed exploration is to obtain reliable information on the mineral reserves, their grades and distribution in the different sectors of the deposit. Detailed exploration data provide a much more exact estimate of the mineral reserves.

Mine or exploitation exploration is known to begin as soon as mining operations start. It provides data for detailed estimates of the ore reserves of individual sections. It facilitates the planning of current production and calculating the balance of reserves and ore mined.

The searching and discovering of new mineralized areas are based on geological survey and regional geophysical prospecting. The results of these investigations provide data on iron-bearing formations and new deposits for commercial extraction.

In detailed exploration both underground workings and borehole survey are used. Core drilling with diamond and carbide bits is widely used. Non-core drilling is also used in loose rocks in combination with borehole geophysical survey.

One of the main methods to explore coal deposits is also core-drilling. Modern drilling equipment makes it possible to accurately measure bed thickness and determine structure of beds, faults and folds. Recording control instruments are attached to drilling rigs which allow the geologists to get reliable samples good for nearly all parameters of coal quality to be determined.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The purpose of preliminary exploration is to determine the mineral reserves and their distribution in the different sectors of the deposit.
2. The properties of the surrounding rock and overburden should be taken into consideration during the preliminary exploration.
3. The purpose of the detailed exploration is to find out the quantity (reserves) of the deposit.
4. Exploitation exploration facilitates the planning of current production.
5. Both core drilling and non-core drilling are widely used.

6. Recording control instruments allow geologists to get reliable ore samples.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What stages does exploration include?
2. What is the main purpose of preliminary exploration?
3. What should be taken into consideration by geologists during preliminary exploration?
4. What exploratory openings do you know?
5. Do you know how the quality of the mineral deposit is determined?
6. What is the aim of a detailed exploration?
7. Is core drilling used in prospecting for loose rocks?
8. What is drilling equipment used for?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. bedded deposits
2. core drilling
3. the angle of dip of the seam
4. the thickness of overburden
5. exploratory workings
6. composition of minerals
7. pits and crosscuts
8. to exploit new oil deposits
9. sampling
10. geological section

а) мощность наносов
б) разрабатывать новые месторождения нефти
в) шурфы и квершлаги
г) пластовые месторождения
д) опробование (отбор) образцов
е) угол падения пласта
ж) колонковое бурение
з) геологический разрез (пород)
и) состав минералов
к) разведочные выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих сочетаний слов:

1. буровые скважины
2. по простиранию пласта
3. равномерность распределения минерала в залежи
4. водоносность пород
5. карбидные и алмазные коронки
6. детальная разведка
7. использовать новые поисковые методы
8. проникать в залежь
9. коренная порода
10. свойства окружающих пород

а) ground water conditions
б) detailed exploration
в) boreholes
г) along the strike of the bed (seam)
д) carbide and diamond bits
е) the uniformity of mineral distribution in the deposit
ж) the properties of surrounding rocks
з) to make use of new prospecting methods
и) country rock
к) to penetrate into the deposit

3. Подготовка к практическим занятиям (запоминание иноязычных лексических единиц и грамматических конструкций)

Грамматические конструкции представлены на стр. 6 – 40.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

Семья. Family

родственник relative, relation
родители parents
мать (мама) mother (mom, mum, mama, mamma, mummy, ma)
отец (папа) father (dad, daddy, papa, pa)
жена wife
муж husband
супруг(а) spouse
ребенок, дети child, children
дочь daughter
сын son
сестра sister
брат brother
единственный ребенок only child
близнец twin
близнецы, двойняшки twins
брат-близнец twin brother
сестра-близнец twin sister
однояйцевые близнецы identical twins
тройняшки triplets
бабушка и дедушка grandparents
бабушка grandmother (grandma, granny, grandmamma)
дедушка grandfather (grandpa, granddad, grandpapa, grandad)
внуки grandchildren
внучка granddaughter
внук grandson
прабабушка great-grandmother
прадедушка great-grandfather
прабабушка и прадедушка great-grandparents
правнуки great-grandchildren
тётя aunt
дядя uncle
крестный (отец) godfather
крестная (мать) godmother
отчим, приемный отец stepfather
мачеха, приемная мать stepmother
сводный брат stepbrother
сводная сестра stepsister
брат по одному из родителей half-brother
сестра по одному из родителей half-sister
приемный, усыновленный сын adopted son
приемная, удочеренная дочь adopted daughter
приемный ребенок adopted child
патронатная семья, приемная семья foster family
приемный отец foster father
приемная мать foster mother
приемные родители foster parents

приемный сын foster son
приемная дочь foster daughter
приемный ребенок foster child
неполная семья (с одним родителем) single-parent family
родня the kin, the folks
племянница niece
племянник nephew
двоюродный брат cousin (male)
двоюродная сестра cousin (female)
двоюродный брат (сестра), кузен (кузина) first cousin
троюродный брат (сестра) second cousin
четвероюродный брат (сестра) third cousin
родня со стороны мужа или жены in-laws
свекровь mother-in-law (husband's mother)
свёкор father-in-law (husband's father)
тёща mother-in-law (wife's mother)
тесть father-in-law (wife's father)
невестка, сноха daughter-in-law
зять son-in-law
шурин, свояк, зять, деверь brother-in-law
свояченица, золовка, невестка sister-in-law
семейное положение marital status
холостой, неженатый, незамужняя single
женатый, замужняя married
брак marriage
помолвка engagement
помолвленный, обрученный engaged
развод divorce
разведенный divorced
бывший муж ex-husband
бывшая жена ex-wife
расставшиеся, не разведенные, но не проживающие одной семьей separated
вдова widow
вдовец widower
подружка, невеста girlfriend
друг, парень, ухажер boyfriend
любовник, любовница lover
ухажер, жених, подружка, невеста, обрученный fiance
свадьба wedding
невеста на свадьбе bride
жених на свадьбе (bride)groom
медовый месяц honeymoon

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

The Ural State Mining University

Mining University – Горный университет; **higher educational institution** - высшее учебное заведение; **to provide** - зд. Предоставлять; **full-time education** - очное образование; **extramural education** - заочное	**scientific research centre** - центр научных исследований; **master of science** - кандидат наук; **capable** – способный; **to take part in** - принимать участие; **graduate** – выпускник; **to dedicate** – посвящать;

образование; **to award** – награждать; **post-graduate courses** – аспирантура;	**to carry out scientific work** - выполнять научную работу;

Faculty of Mining Technology - горно – технологический; **Faculty of Engineering and Economics** - инженерно-экономический; **Institute of World Economics** – Институт мировой экономики; **Faculty of Mining Mechanics** - горно-механический; **Faculty of Civil Protection** – гражданской защиты; **Faculty of City Economy** – городского хозяйства;	**Faculty of Geology & Geophysics** – геологии и геофизики; **Faculty of extramural education** – заочный; **department** – кафедра; **dean** – декан; **to train specialists in** - готовить специалистов; **to consist of** - состоять из; **preparatory** – подготовительный; **additional** – дополнительный; **to offer** – предлагать;

to house - размещать /ся/; **building** – здание; **Rector's office** – ректорат; **Dean's office** – деканат; **department** – кафедра; **library** – библиотека; **reading hall** - читальный зал; **assembly hall** - актовый зал; **layout** - расположение, план; **administrative offices** - административные отделы;	**computation centre** - вычислительный центр; **canteen** – столовая; **to have meals** – питаться; **hostel** – общежитие; **to go in for sports** - заниматься спортом; **wrestling** – борьба; **weight lifting** - тяжелая атлетика; **skiing** - катание на лыжах; **skating** - катание на коньках; **chess** – шахматы;

academic work - учебный процесс; **academic year** - учебный год; **to consist of** - состоять из; **bachelor's degree** - степень бакалавра; **course of studies** - курс обучения; **to last** - длиться; **term** - семестр; **to attend lectures and classes** - посещать лекции и занятия; **period** - пара, 2 – х часовое занятие; **break** - перерыв; **subject** - предмет; **descriptive geometry** - начертательная геометрия;	**general geology** - общая геология; **foreign language** - иностранный язык; **to operate a computer** - работать на компьютере; **to take a test (an exam)** - сдавать зачет, экзамен; **to pass a test (an exam)** - сдать зачет, экзамен; **to fail a test (an exam)** - не сдать зачет, экзамен; **to fail in chemistry** - не сдать химию; **holidays, vacations** - каникулы; **to present graduation paper** - представлять дипломные работы; **for approval** - к защите;

The Faculty of Mining Technology trains specialists in: mine surveying - маркшейдерская съемка; underground mining of mineral deposits - подземная разработка месторождений полезных ископаемых; mine and underground construction - шахтное и подземное строительство; surface mining (open-cut mining) - открытые горные работы; physical processes of mining, oil and gas production - физические процессы горного и нефтегазового производства; placer mining - разработка россыпных месторождений; town cadastre - городской кадастр.

The Institute of World Economics trains specialists in: land improvement, recultivation and soil protection - мелиорация, рекультивация и охрана земель; engineer protection of environment in mining - инженерная защита окружающей среды в горном деле; computer systems of information processing and control - автоматизированные системы обработки информации и управления; economics and management at mining enterprises - экономика и управление на предприятиях горной промышленности.

The Faculty of Mining Mechanics trains specialists in: electromechanical equipment of mining enterprises - электромеханическое оборудование горных предприятий; designing & production of mining, oil and gas machinery - конструирование и производство горных и нефтегазопромысловых машин; technological and service systems of exploitation and maintenance of machines and equipment - технологические и сервисные системы эксплуатации и ремонта машин и оборудования; motorcars and self-propelled mining equipment - автомобили и самоходное горное оборудование; electric drive and automation or industrial units and technological complexes - электопривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов; automation of technological processes and industries - автоматизация технологических процессов и производств; mineral dressing - обогащение полезных ископаемых.

The Faculty of Geology & Geophysics trains specialists in: geophysical methods of prospecting and exploring mineral deposits - геофизические мет оды поисков и разведки месторождений полезных ископаемых; according to some specializations: geoinformatics – геоинформатика; applied geophysics - прикладная геофизика; structural geophysics - структурная геофизика; geological surveying and exploration or mineral deposits - геологическая съемка и поиски МПИ; geology and mineral exploration - геология и разведка МПИ; prospecting and exploration or underground waters and engineering - geological prospecting - поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; applied geochemistry, petrology and mineralogy - прикладная геохимия, петро логия и минералогия; drilling technology - технология и техника разведки МПИ.

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My town

a building – здание
downtown – деловой центр города
town outskirts – окраина города
a road – дорога
an avenue – проспект
a pavement/a sidewalk - тротуар
a pedestrian – пешеход
a pedestrian crossing – пешеходный переход
traffic lights – светофор
a road sign – дорожный знак
a corner – угол
a school - школа
a kindergarten – детский сад
a university - университет
an institute – институт
an embassy - посольство
a hospital - больница
a shop/a store/a shopping centre/a supermarket – магазин, супермаркет
a department store – универмаг
a shopping mall/centre – торговый центр
a food market – продуктовый рынок
a greengrocery – фруктово-овощной магазин
a chemist’s/a pharmacy/a drugstore - аптека

a beauty salon – салон красоты
a hairdressing salon/a hairdresser’s - парикмахерская
a dental clinic/a dentist’s – стоматологическая клиника
a vet clinic – ветеринарная клиника
a laundry – прачечная
a dry-cleaner’s – химчистка
a post-office – почтовое отделение
a bank – банк
a cash machine/a cash dispenser - банкомат
a library – библиотека
a sight/a place of interest - достопримечательность
a museum – музей
a picture gallery – картинная галерея
a park – парк
a fountain – фонтан
a square – площадь
a monument/a statue – памятник/статуя
a river bank – набережная реки
a beach – пляж
a bay - залив
a café – кафе
a restaurant – ресторан
a nightclub – ночной клуб
a zoo - зоопарк
a cinema/a movie theatre - кинотеатр
a theatre – театр
a circus - цирк
a castle - замок
a church – церковь
a cathedral – собор
a mosque - мечеть
a hotel – отель, гостиница
a newsagent’s – газетный киоск
a railway station – железнодорожный вокзал
a bus station - автовокзал
a bus stop – автобусная остановка
an underground (metro, subway, tube) station – станция метро
a stadium – стадион
a swimming-pool – плавательный бассейн
a health club/a fitness club/a gym – тренажерный зал, фитнесс клуб
a playground – игровая детская площадка
a plant/a factory – завод/фабрика
a police station – полицейский участок
a gas station/a petrol station – заправочная автостанция, бензоколонка
a car park/a parking lot - автостоянка
an airport - аэропорт
a block of flats – многоквартирный дом
an office block – офисное здание
a skyscraper - небоскреб
a bridge – мост
an arch – арка
a litter bin/a trash can – урна

a public toilet – общественный туалет
a bench - скамья

Запомните слова и выражения, необходимые для освоения тем курса:

My speciality

The Earth's Crust and Useful Minerals

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**

clay - *n* глина; глинозем

consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**

crust - *n* кора; *геол.* земная кора

decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение

derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать

destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный

dissolve v растворять

expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение

external - *a* внешний

extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*

force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие

glacier - *n* ледник, глетчер

grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый

gravel - *n* гравий, крупный песок

internal - *a* внутренний

intrusive - *a* интрузивный, плутонический

iron - *n* железо

layer - *n* пласт

like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно

lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк

loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый

make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*

particle - *n* частица; включение

peat - *n* торф; торфяник

represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный

rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода

sand - *n* песок

sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник

sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый

shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец

siltstone - *n* алеврит

stratification - *n* напластование, залегание

stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**

substance - *n* вещество, материал; сущность

thickness - *n* толщина, мощность

value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*

vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

contain - v содержать *(в себе),* вмещать

crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться

contract - v сжиматься; сокращаться

dust - *n* пыль

expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**

fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель

fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*

freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать

gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно

hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом

hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф

influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*

lateral - *a* боковой

occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания

penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*

phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**

pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы

rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**

refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*

resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся

size - *n* размер; величина; класс *(угля)*

solution – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий

succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно

undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*

uniform – *a* однородный; одинаковый

weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*

to be subjected to подвергаться

Rocks of Earth's Crust

abyssal - *a* абиссальный, глубинный; **hypabissal** - *a* гипабиссальный

adjacent - *a* смежный, примыкающий

ash - *n* зола

belt - *n* пояс; лента; ремень

body - *n* тело, вещество; **solid (liquid, gaseous) bodies** твердые (жидкие, газообразные) вещества; породная масса; массив; месторождение; пласты

common - *a* обычный; общий; *syn* **general;** *ant* **uncommon**

cool - v охлаждать(ся); остывать; прохладный; *ant* **heat** нагревать(ся)

dimension - *n* измерение; *pl* размеры; величина; *syn* **measurement, size**

dust - *n* пыль

dyke – *n* дайка

extrusion - *n* вытеснение; выталкивание; *ant* **intrusion** вторжение; *геол.* интрузия *(внедрение в породу изверженной массы)*

fine - *a* тонкий, мелкий; мелкозернистый; высококачественный; тонкий; прекрасный, ясный (о *погоде);* изящный; **fine-graded (fine-grained)** мелкозернистый, тонкозернистый; **fines** - *n pl* мелочь; мелкий уголь

flow - v течь; литься; *n* течение; поток; **flow of lava** поток лавы

fragmentary - *a* обломочный, пластический

glass - *n* стекло; **glassy** - *a* гладкий, зеркальный; стеклянный
gold - *n* золото
inclined - *a* наклонный
mica - *n* слюда
permit - *v* позволять, разрешать; *syn* **allow, let; make possible**
probably - *adv* вероятно; *syn* **perhaps, maybe**
shallow - *a* мелкий; поверхностный; *ant* **deep** глубокий
sill - *n* силь, пластовая интрузия
stock - *n* шток, небольшой батолит
vein - *n* жила, прожилок, пропласток
band - *n* слой; полоса; прослоек *(породы); syn* **layer**
cleave - *v* расщепляться; трескаться, отделяться по кливажу; **cleavage** *n* кливаж
constituent - *n* составная часть, компонент
define - *v* определять, давать определение
distribute - v **(among)** распределять (между); раздавать;
disturb - *v* нарушать; смещать
excess - *n* избыток, излишек; *ant* **deficiency**
flaky - *a* слоистый; похожий на хлопья
fluid - *n* жидкость; жидкая или газообразная среда
foliate - *v* расщепляться на тонкие слои; **foliated** - *a* листоватый, тонкослоистый; *syn* **flaky**
marble - *n* мрамор
mention - *v* упоминать, ссылаться; *n* упоминание
plate - *n* пластина; полоса *(металла)*
pressure - *n* давление; **rock pressure (underground pressure)** горное давление, давление горных пород
relate - *v* относиться; иметь отношение; **related** *a* родственный; **relation** - *n* отношение; **relationship** - *n* родство; свойство; **relative** - *a* относительный; соответственный
run (ran, run) - *v* бегать, двигаться; течь; работать (о *машине);* тянуться, простираться; управлять *(машиной);* вести *(дело, предприятие)*
schistose - *a* сланцеватый; слоистый
sheet - *n* полоса
slate - *n* сланец; *syn* **shale**
split (split) - *v* раскалываться, расщепляться, трескаться; *syn* **cleave**
trace - *n* след; **tracing –** *n* прослеживание
at least по крайней мере
to give an opportunity (of) давать возможность *(кому-л., чему-л.)*
in such a way таким образом

Fossil Fuels

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**

mudstone - *n* аргиллит

purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**

shale - *n* глинистый сланец

the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*

blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)

combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание

continuity - *n* непрерывность, неразрывность

domestic - *a* внутренний; отечественный

estimate - v оценивать; *n* оценка; смета

fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов

fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва

inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя

intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный

liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*

luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий

matter - *n* вещество; материя

moisture - *n* влажность, сырость; влага

parting - *n* прослоек

plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования

rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля

regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**

smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*

store - v запасать, хранить на складе; вмещать

strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**

thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*

uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие

utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**

volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Prospecting and Exploration

aerial - *a* воздушный; надземный

certain - *a* определенный; некоторый; **certainly** *adv* конечно

cost - (cost) v стоить; *n* цена; стоимость

crop - v (out) обнажать(ся), выходить на поверхность *(о пласте, породе); syn* **expose;** засевать, собирать урожай

dredging - *n* выемка грунта; драгирование

drill - v бурить, сверлить; *n* бурение, сверление; бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение, сверление; **core-drilling** колонковое (керновое) бурение

drive (drore, **driven**) - v проходить *(горизонтальную выработку);* приводить в движение; управлять *(машиной); n* горизонтальная выработка; привод; передача

evidence – *n* основание; признак(и); свидетельства

expect - v ожидать; рассчитывать; думать; предлагать

explore - v разведывать месторождение полезного ископаемого с попутной добычей; **exploratory** - *a* разведочный; **exploration** - *n* детальная разведка; разведочные горные работы по месторождению

galena - *n* галенит, свинцовый блеск

indicate - v указывать, показывать; служить признаком; означать

lead - *n* свинец

look for - v искать

open up - v вскрывать *(месторождение);* нарезать *(новую лаву, забой);* **opening** - *n* горная выработка; подготовительная выработка; вскрытие месторождения

panning - *n* промывка *(золотоносного песка в лотке)*

processing - *n* обработка; - **industry** обрабатывающая промышленность

prove - v разведывать *(характер месторождения или залегания);* доказывать; испытывать, пробовать; **proved** - *a* разведанный, достоверный; **proving** - *n* опробование, предварительная разведка

search - v исследовать; (for) искать *(месторождение); n* поиск; *syn* **prospecting**

sign - *n* знак, символ; признак, примета

store - v хранить, накапливать *(о запасах)*

work - v работать; вынимать, извлекать *(уголь, руду);* вырабатывать; **workable** - *a* подходящий для работы, пригодный для разработки, рабочий *(о пласте);* рентабельный; **working** - *n* разработка, горная выработка

adit - *n* горизонтальная подземная выработка, штольня

angle - *n* угол

approximate - *a* приблизительный

bit - *n* режущий инструмент; буровая коронка, коронка для алмазного бурения; головка бура, сверло; **carbide bit** армированная коронка, армированный бур; **diamond bit** - алмазная буровая коронка

borehole - *n* скважина, буровая скважина

crosscut - *n* квершлаг

dip - *n* падение *(залежи);* уклон, откос; v падать

enable - v давать возможность или право *(что-л. сделать)*

exploit - v разрабатывать *(месторождение);* эксплуатировать; **exploitation** - *n* разработка; эксплуатация

measure - *n* мера; мерка; критерий; степень; *pl* свита, пласты; v измерять

overburden - *n* покрывающие породы, перекрывающие породы; верхние отложения, наносы; вскрыша

pit - *n* шахта; карьер, разрез; шурф

reliable - *a* надежный; достоверный

rig - *n* буровой станок, буровая вышка; буровая каретка; буровое оборудование

sample - *n* образец; проба; v отбирать образцы; опробовать, испытывать

section - *n* участок, секция, отделение, отрезок, разрез, профиль, поперечное сечение; **geological** ~ геологический разрез *(пород)*

sequence - *n* последовательность; порядок следования; ряд

sink (sank, sunk) - v проходить *(шахтный ствол, вертикальную выработку);* углублять; погружать; опускать; **sinking** - *n* проходка *(вертикальных или наклонных выработок);* **shaft sinking** - проходка ствола

slope - *n* наклон; склон; бремсберг; уклон; v клониться, иметь наклон; **sloping** - *a* наклонный; **gently sloping** - с небольшим наклоном

steep - *a* крутой, крутопадающий, наклонный

strike - *n зд.* простирание; v простираться; **across the strike** - вкрест простирания; **along (on) the strike** по простиранию

trench - *n* траншея, канава; котлован; v копать, рыть, шурфовать

to make use (of) использовать, применять

to take into consideration принимать во внимание; *syn* **take into account**

General Information on Mining

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss** - *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

goaf — завал; обрушенное пространство

double-ended drum bearer — комбайн с двойным барабаном

to identify — опознавать

appraisal — оценка

susceptibility — чувствительность

concealed — скрытый, не выходящий на поверхность

crusher — дробилка

concentration — обогащение

blending — смешивание; составление шихты

screen — сортировать (обыден. уголь); просеивать

froth floatation — пенная флотация

core drilling — колонковое бурение

to delineate — обрисовывать, описывать

lender — заимодавец

feasibility — возможность

in situ mining — повторная разработка месторождения в массиве

screening — просеивание; грохочение

processing — обработка, разделение минералов

Mining and Environment

break v **(broke**, **broken**) отбивать *(уголь или породу),* обрушивать кровлю; разбивать; ломать; л отбойка, обрушение; **break out** отбивать, производить выемку

(руды .или породы); расширять забой; **breakage** л разрыхление, дробление

drill - *n* бур; .перфоратор; бурильный молоток; сверло; v бурить; car ~ буровая тележка; **mounted** ~ перфоратор на колонке; колонковый бурильный молоток; **drilling** - *n* бурение

dump -*n* отвал *(породы);* склад угля; опрокид; **external** ~ внешний отвал; **internal** ~ внутренний отвал; v сваливать (в *отвал);* разгружать; отваливать; опрокидывать *(вагонетку);*

dumper опрокид; самосвал; отвалообразователь; **dumping** л опрокидывание; опорожнение; опрокид; *syn* **tip**

environment - *n* окружение; окружающая обстановка/среда

explode - v взрывать, подрывать; **explosion** - *n* взрыв; **explosive** - *n* взрывчатое вещество; *a* взрывчатый

friable - *a* рыхлый; хрупкий; рассыпчатый; слабый (о *кровле)*

handle - v перегружать; доставлять; транспортировать; управлять машиной; *n* ручка; рукоять; скоба; **handling** - *n* подача; погрузка; перекидка, доставка; транспортировка; обращение с машиной

heap - v наваливать; нагребать; *n* породный отвал, терриконик; *syn* **spoil ~, waste ~**

hydraulicklng - *n* гидродобыча; гидромеханизированная разработка

load - v нагружать, грузить, наваливать; *n* груз; нагрузка; **loader** - *n* погрузочная машина, навалочная машина, перегружатель; грузчик; **cutter-loader** - комбайн, комбинированная горная машина

lorry - *n* грузовик; платформа; *syn* **truck**

mention - v упоминать

overcasting - *n* перелопачивание *(породы)*

pump - *n* насос; **gravel** ~ песковый насос; **sludge** ~ шламовый насос; v качать; накачивать; откачивать

reclamation - *n* восстановление; осушение; извлечение крепи; ~ **of land** восстановление участка *(после открытых работ)*

sidecastiag - *n* внешнее отвалообразование

site - *n* участок, место; **building** ~ строительная площадка

slice - *n* слой; **slicing** - *n* выемка слоями, разработка слоями

strip - v производить вскрышные работы; разрабатывать; очищать *(лаву);* вынимать породу или руду; *n* полоса; **stripper** - *n* забойщик; вскрышной экскаватор; **stripping** - *n* открытая разработка, открытые горные работы; вскрыша; вскрытие наносов

unit - *n* агрегат; установка; устройство; прибор; узел; секция; деталь; машина; механизм; единица измерения; участок

washery - *n* углемойка; рудомойка; моечный цех

to attract smb's attention привлекать чье-л. внимание

backhoe - *n* обратная лопата

blast - *n* взрыв; v взрывать; дуть; продувать; **blasting** - *n* взрывание; взрывные работы; взрывная отбойка

block out - v нарезать залежь на блоки; нарезать столбы

clearing - *n* выравнивание почвы; планировка грунта

crash - v дробить; разрушать; обрушать(ся)

earth-mover - *n* землеройное оборудование; *syn* **excavator**

excavator - *n* экскаватор; **bucket-wheel** - роторный экскаватор; **multi-bucket** ~ многочерпаковый экскаватор; **single-bucket** - одночерпаковый экскаватор

grab - *n* грейфер, ковш, черпак; экскаватор; v захватывать;

grabbing - погрузка грейфером; захватывание

hoist - *n* подъемное установка (машина); подъемник; лебедка; v поднимать; **hoisting** шахтный подъем

plough - *n* струг

power shovel - *n* механическая лопата; экскаватор типа механической лопаты

range - *n* колебание в определенных пределах

rate - *n* норма; скорость, темп; коэффициент; степень; разрез; сорт; мощность; расход *(воды)*

remote - *a* отдаленный; ~ **control** дистанционное управление

result - v (in) приводить (к); иметь своим результатом; (from) следовать (из), происходить в результате

safety - *n* безопасность; техника безопасности

slope - *n* забой, сплошной забой, очистной забой; v очищать забой, вынимать породу, уголь; *syn* **face; sloping** очистные работы; очистная выемка; **open sloping** выемка с открытым забоем; **shrinkage sloping** выемка системой с магазинированием *(руды)*

support - v крепить; поддерживать; подпирать; *n* стойка; опора; поддержание; крепление; *syn* **timbering; powered roof** - механизированная крепь; **self-advancing powered roof** - передвижная механизированная крепь

1.4 Самостоятельное изучение тем курса (для заочной формы обучения)

Самостоятельное изучение тем курса предполагает изучение тем практических занятий, представленных в разделе 1, 2, 3 данных методических указаний студентами заочной формы обучения в межсессионный период.

1.5 Подготовка к контрольной работе и 1.6 Написание контрольной работы

Для выполнения контрольной работы студентами кафедрой подготовлены *Методические рекомендации и задания к контрольной работе для студентов данной специальности.*

II. Другие виды самостоятельной работы

2.1 Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (Подготовка к ролевой игре, к практико-ориентированным заданиям, опросу)

2.1.1 Подготовка к ролевой игре

Студенты получают ролевые карточки. Им необходимо обдумать свою роль, стратегию своей роли, вопросы и ответы.

Role card 1

Sasha

The worst thing about your house is lack of privacy. You share your room with a younger sister. You think she goes through all your stuff. She asks you ambarrassing questions about boys, makes little nasty comments about you.

Your parents treat you like a baby. Your father is too much interested in your studying and homework. Your mother makes you do the work about the house alone. You are going to leave home as soon as you are old enough.

- Collect all the arguments to explain your attitude to your family.
- Listen to what the members of your family are saying.
- Don't interrupt them.
- Don't forget that both parents and children are to blame in conflict situations.
- Be polite and friendly

Role card 2

Mother

Your daughter has written a letter of complaint to the youth magazine. She is not satisfied with your attitude to her. You have read this letter. You are worried about the situation in the family and have decided to discuss the problems with a family therapist.

- Say why you have invited the therapist
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha

- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 3

Father

Your daughter is complaining that you treat her like a baby. You don't let her out at night during the week. You always ask her about the boys. You don't believe her when she says she doesn't have any homework to do. Your wife has invited a family therapist to discuss the problems of your family.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 4

Sister

Sasha is complaining that you don't help her with the work about the house. She also says that she can't keep anything secret in her room, you go through all her stuff. She is irritated by your behaviour. She is going to leave your home as soon as she is old enough.

- Say what your attitude to the problem is
- Try to explain Sasha's attitude to you and the whole family.
- Think of your questions to Sasha
- Be objective to her problems – you might have never taken them seriously!
- Try to analyse the situation, don't criticize Sasha
- Follow the therapist's advice
- Be polite and friendly

Role card 5

Family therapist

- Encourage all the members of the family to speak
- Take notes
- Ask questions
- Summarize what you have heard from all the members of the family
- Try to analyse the situation in a short report

2.1.2 Подготовка к практико-ориентированному заданию

Подготовьте устные высказывания по темам:

1. From the history of the Ural State Mining University.
2. Faculties and specialities of the University.
3. The layout of the Ural State Mining University.
4. Student's academic work.

Подготовьте письменные ответы на вопросы:

1. Where do you study?
2. What faculty do you study at?
3. How many faculties are there at the Ural State Mining University?
4. What year are you in?
5. What is your future speciality?
6. What specialities are there at your faculty?
7. When did you enter the University?

8. When was the Sverdlovsk Mining Institute founded?
9. When was it reorganized into the University?
10. In how many buildings is the Ural State Mining University housed?
11. In what building is your faculty housed?
12. Who is the dean of your faculty?
13. What books do you take from the library?
14. Where do you live?
15. Where do you usually have your meals?
16. How long does the course of studies for a bachelor's degree last?
17. How long do the students study for a Diplomate Engineer's course and a Magister's degree?
18. What subjects do you study this term?
19. What lectures and practical classes do you like to attend?
20. Where do the students have their practical work?
21. When do the students present their graduation papers for approval?
22. What graduates can enter the post-graduate courses?
23. What kind of sport do yon like?
24. Where do you go in for sports?

2.1.3 Подготовка к опросу

Ответьте на вопросы на иностранном языке:

1. What specialities does the geological faculty train geologic engineers in?
2. What problems does Geology study?
3. What branches is Geology divided into?
4. What does Economic Geology deal with?
5. What does mineralogy investigate?
6. What does paleontology deal with?
7. What is the practical importance of Geology?
8. Where do graduates of the geological faculty of the Mining University work?
9. What is your future speciality?
10. What kind of work do geologists-prospectors conduct?
11. What do geologists explore during the early stages of geological exploration?
12. What work do geologists conduct while working in. the field?
13. When do geologists start exploratory work?
14. What is the purpose of the exploratory work?
15. How is exploratory work conducted?
16. What contribution do geologists make to the development of the National Economy of our country?
17. What does hydrogeology deal with?
18. Where are ground waters used?
19. Where is thermal (hot) water used?
20. What must hydrogeologists do with ground waters which complicate construction work or mineral extraction?

2.2 Дополнительное чтение профессионально ориентированных текстов и выполнение заданий на проверку понимания прочитанного (по 2 текста на тему)

Text 1: A.M. Terpigorev (1873-1959)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

to defend graduation paper (thesis) - защищать дипломную работу (диссертацию)

to pass an entrance examination - сдать вступительный экзамен

to get a higher education - получить высшее образование

to do one's best (one's utmost, all one can, everything in one's power) - сделать все возможное, не жалеть сил

to make contribution (to) - вносить вклад в *(науку, технику* и т.д.)

choose (chose, **chosen**) - v выбирать; **choice -** *n* выбор

collect - v собирать, коллекционировать

dangerous - *a* опасный

deposit - *n* месторождение, залежь; **bedded deposits -** пластовые месторождения

describe - v описывать, изображать; **description** - *n* описание; **descriptive** - *a* описательный

facility - *n (pl* **facilities)** средства; возможности; оборудование; устройства

fire damp - *n* рудничный газ, метан

harm - *n* вред; *v* вредить; **harmful -** *a* вредный

relate - v относиться, иметь отношение

safety - *n* безопасность; **mine safety** безопасность труда при горных работах; техника безопасности; **safety measures** меры безопасности; **safe -** *a* безопасный; надежный

seam - *n* пласт *(угля); syn* **bed, layer; flat seam** горизонтальный, пологопадающий пласт; **inclined seam** наклонный пласт; **steep seam** крутопадающий пласт; **thick seam** мощный пласт; **thin seam** тонкий пласт

state - *n* состояние; государство; штат; *a* государственный; v заявлять; констатировать; излагать

success - *v* успех; удача; **be a success** иметь успех; **successful** *a* успешный

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Academician A.M. Terpigorev is a well-known mining engineer who successfully combined his practical experience with scientific research. He was bom in 1873 in Tambov. In 1892 he finished school with honours1 and decided to get a higher education. He chose the Mining Institute in St. Petersburg, passed all the entrance examinations successfully and became a student of the Mining Institute.

At the Institute he studied the full range of subjects2 relating to metallurgy, mining and mining mechanics.

At that time students' specialization was based on descriptive courses and elementary practical training. One of the best lecturers was A. P. Karpinsky. His lectures on historical geology were very popular.

During his practical training Terpigorev visited mines and saw that the miners' work was very difficult. While he was working in the Donbas he collected material for his graduation paper which he soon defended. The Mining of flat seams in the Donbas was carefully studied and described in it.

In 1897 Terpigorev graduated from the Institute with a first-class diploma of a mining engineer.

His first job as a mining engineer was at the Sulin mines where he worked for more than three years first as Assistant Manager and later as Manager.

From 1900 till 1922 Terpigorev worked at the Yekaterinoslav Mining Institute (now the Mining Institute in Dnepropetrovsk).

In 1922 he accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Academy and moved to Moscow. From 1930 he headed the chairs5 of Mining Transport and Mining of Bedded Deposits at the Moscow Mining Institute.

Academician Terpigorev took a particular interest in mine safety. As a result of his investigations a series of safety measures in gassy collieries was worked out. For some time he was working on the problem of fire damp, the most harmful and dangerous of all the gases in mines.

His two-volume work Coal Mining and Mine Transport Facilities is a full description of the state of mechanization and the economy of the Donbas. His other works are about mining transport facilities, mechanization of coal mining and mining machinery. He is one of the pioneers in scientific methods of coal gasification.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. After school Terpigorev decided to work in a mine.
2. Terpigorev collected material for his graduation paper which dealt with mining thick seams in the Donbas.
3. For more than three years Terpigorev worked at the Sulin mines.
4. In 1922 Terpigorev accepted an offer to take charge of the mining chair at the Moscow Mining Institute.
5. He investigated the problems of mine safety.
6. He was one of the first to work on the problem of gasification of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. When and where was Terpigorev born?
2. What institute did he graduate from?
3. What material did he collect while he was working in the Donbas?
4. Where did Terpigorev work from 1900 till 1922?
5. At what institute did Terpigorev head the chair of Mining Bedded Deposits?
6. What did Terpigorev take a particular interest in?
7. What works by Terpigorev do you know?
8. What problems do Terpigorev's works deal with?
9. What was the result of his investigations on mine safety?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) охрана труда в шахтах
б) подтверждать
в) добыча угля
г) эксплуатация месторождений
д) метан
е) принять предложение
ж) выполнить задачу, задание
з) горизонтальный пласт
и) собирать материал

1. поступить в институт
2. решать важные проблемы
3. выдающиеся исследователи
4. успешно провести эксперименты
5. выбрать профессию
6. описательный курс
7. происхождение железной руды
8. начальник шахты
9. мероприятия по охране труда

Text 2: A.P. Karpinsky (1847-1936)

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

abroad - *adv* за рубежом
confirm - v подтверждать; утверждать
consider - v считать, полагать, рассматривать
contribute - v вносить вклад; **contribution** вклад
crust - *n* земная кора
detailed - a подробный, детальный
elect - v избирать, выбирать *(голосованием);* назначать *(на должность)*
embrace - v охватывать; обнимать
entire - *a* весь, целый; полный; *syn* **whole**
exist – *v* существовать, быть, жить
foreign - *a* иностранный
former - *a* прежний

investigate - v исследовать; изучать

prominent - *a* знаменитый, выдающийся, известный; *syn* **remarkable, outstanding**

regularity - *n* закономерность

significant - *a* значительный; **significance -** *n* значение, важность; **exhaust the significance** исчерпывать значение

society – *n* общество

staff - *n* персонал; личный состав; штат

various - *a* различный, разный, разнообразный

to advance the view - высказывать мнение *(точку зрения)*

to be interested in - быть заинтересованным *(чём-л.),* интересоваться

to take (an) interest in - заинтересоваться *(чём-л.)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

V.A. Obruchev, I.M. Gubkin, A.Y. Fersman, V.I. Vernadsky and A. P. Karpinsky were the prominent Russian scientists who laid the foundation1 of the Russian school of geology and mining.

An entire epoch in the history of Russian geology is connected with Karpinsky's name. One of the greatest Russian geologists, he was a member and for some time President of the Academy of Sciences of the former USSR and a member of several Academies abroad. The Geological Society of London elected him a foreign member in 1901. His greatest contribution to geology was a new detailed geological map of the European part of Russia and the Urals.

For many years he headed the Russian Geological Committee the staff of which was made up of his pupils. He was one of those geologists who embraced the whole of geological science. He created the new stratigraphy of Russia. He studied the geological systems in various regions of the country and was the first to establish3 the regularity of the Earth's crust movement. His paleontological studies are of no less importance, especially those on palaeozoic ammonoids. He also took an interest in deposits of useful minerals and gave a classification of volcanic rocks. He advanced the view that petroleum deposits existed in Russian, which was confirmed later. He studied some ore and platinum deposits and may be justly considered5 the founder of practical geology of the Urals. He was the first Russian scientist who introduced microscope in the study of petrographic slides.

Karpinsky was a prominent scientist, an excellent man and citizen. He was one of the best lecturers at the Mining Institute in his time. He was also one of the greatest Russian scientists who later became the first elected President of the Academy of Sciences of the USSR. Students were attracted to him not only because he was a great scientist but also because of his charming personality and gentle manner.

Every geologist and every geology student knows very well Karpinsky's most significant work An Outline of the Physical and Geographical Conditions in European Russia in Past Geological Periods.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Karpinsky was the first President of the Academy of Sciences.
2. He worked at the Mining Institute in St.Petersburg.
3. Karpinsky was a member of many Academies abroad.
4. Karpinsky made up a detailed map of the Asian part of our country.
5. He headed the Russian Geological Committee.
6. Karpinsky created a new branch of geology, namely stratigraphy.
7. He only tried to establish the regularity of the Earth's crust movement.
8. Karpinsky may be justly considered the founder of the practical geology of the Urals.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What society elected Karpinsky a foreign member and when?
2. Did he head the Russian Geological Committee or was he a member of that Committee?

3. Did Karpinsky investigate various regions of the Russian territory?
4. Which of his works are the most remarkable?
5. What can you say about Karpinsky's investigations in petrology?

3. Переведите следующие сочетания слов.

а) земная кора
б) составить подробную карту
в) замечательные работы
г) выдающийся ученый
д) залежи полезных ископаемых
е) научное общество
ж) избирать председателя (президента)
з) заложить основы школы
и) интересоваться геологией
к) высказать точку зрения
л) возглавлять комитет

Text 3: Sedimentary Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

cause - v заставлять; вызывать; влиять; причинять; *n* причина, основание; дело; общее дело; *syn* **reason**
clay - *n* глина; глинозем
consolidate - v твердеть, затвердевать, уплотнять(ся); укреплять; *syn* **solidify**
crust - *n* кора; *геол.* земная кора
decay - v гнить, разлагаться; *n* выветривание *(пород);* распад, разложение
derive - v (from) происходить, вести свое происхождение *(от);* наследовать
destroy - v разрушать; уничтожать; **destructive** *a* разрушительный
dissolve v растворять
expose - v выходить *(на поверхность);* обнажаться; **exposure** - *n* обнажение
external - *a* внешний
extrusive - *a* эффузивный, излившийся *(о горной породе)*
force - v заставлять, принуждать; ускорять движение; *n* сила; усилие
glacier - *n* ледник, глетчер
grain - *n* зерно; **angular grains** - угловатые зерна *(минералов);* **grained** - *a* зернистый
gravel - *n* гравий, крупный песок
internal - *a* внутренний
intrusive - *a* интрузивный, плутонический
iron - *n* железо
layer - *n* пласт
like - *a* похожий, подобный; *syn* **similar;** *ant* **unlike;** *adv* подобно
lime - *n* известь; **limestone** - *n* известняк
loose - *a* несвязанный, свободный; рыхлый
make up - v составлять; *n* состав *(вещества)*
particle - *n* частица; включение
peat - *n* торф; торфяник
represent - v представлять собою; означать; быть представителем; **representative** - представитель; **representative** - *a* характерный, типичный
rock – *n* горная порода; **igneous** - изверженная порода; **sedimentary** - осадочная порода
sand - *n* песок
sandstone - *n* песчаник; **fine-grained (medium-grained, coarse-grained)** - мелкозернистый (среднезернистый, грубозернистый) песчаник
sediment - *n* отложение; осадочная порода; **sedimentary** - *a* осадочный; **sedimentation** - *n* образование осадочных пород

schist - *n (кристаллический)* сланец; **schistose** - *a* сланцеватый, слоистый
shale - *n* сланец, сланцевая глина, глинистый сланец; **clay** - глинистый сланец; **combustible …**, **oil …** - горючий сланец
siltstone - *n* алеврит
stratification - *n* напластование, залегание
stratify - v напластовываться; отлагаться пластами; **stratified** *a* пластовый; *syn* **layered, bedded**
substance - *n* вещество, материал; сущность
thickness - *n* толщина, мощность
value - *n* ценность; важность; величина; значение; **valuable** - *a* ценный *(о руде)*
vary - v изменять(ся); отличать(ся); *syn* **differ, change (from); variable** - *a* переменный; непостоянный; **various** *a* различный; *syn* **different**

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The rocks of the Earth's crust are divided into three main groups: sedimentary rocks, which consist of fragments or particles of pre-existing rocks; igneous rocks which have solidified from magma and metamorphic rocks. Metamorphic rocks have been derived from either igneous or sedimentary rocks.

Sedimentary rocks represent one of the three major groups of rocks that make up the crust of the Earth. Most sedimentary rocks have originated by sedimentation. They are layered or stratified. Thus, stratification is the most important characteristic of sediments and sedimentary rocks. It is necessary to note that the processes which lead to the formation of sedimentary rocks are going on around us.

Sediments are formed at or very near the surface of the Earth by the action of heat, water (rivers, glaciers, seas and lakes) and organisms.

It should be noted that 95 per cent of the Earth's crust is made up of igneous rocks and that only 5 per cent is sedimentary. In contrast, the amount of sedimentary rocks on the Earth's surface is three times that of igneous rocks.

Strictly speaking, sedimentary rocks form a very small proportion by volume of the rocks of the Earth's crust. On the contrary, about three quarters of the Earth's surface is occupied by sedimentary rocks. It means that most of sedimentary rocks are formed by sediments, accumulations of solid material on the Earth's surface.

The thickness of the layers of sedimentary rocks can vary greatly from place to place. They can be formed by the mechanical action of water, wind, frost and organic decay. Such sediments as gravel, sand and clay can be transformed into conglomerates, sandstones and clay schists as a result of the accumulation of materials achieved by the destructive mechanical action of water and wind.

Mechanical sediments can be unconsolidated and consolidated. For example, gravel, sand and clay form the group of unconsolidated mechanical sediments, because they consist of loose uncemented particles (grains).

On the Earth's surface we also find consolidated rocks, which are very similar to the loose sediments whose particles are firmly cemented to one another by some substance. The usual cementing substances are sand, clay, calcium carbonate and others. Thus sandstones are consolidated rocks composed of round or angular sand grains, more or less firmly consolidated. Like sand, sandstones can be divided into fine-grained, medium-grained and coarse-grained.

On the other hand, chemical sediments are the result of deposits or accumulations of substances achieved by the destructive chemical action of water. The minerals such as rock salt, gypsum and others are formed through sedimentation of mineral substances that are dissolved in water.

Sediments can also be formed by the decay of the remains of organisms, by the accumulation of plant relics.1 They are called organic sediments. Limestones, peat, coal, mineral oil and other sediments may serve as an example of organic sediments.

The most principal kinds of sedimentary rocks are conglomerate, sandstone, siltstone, shale, limestone and dolomite. Many other kinds with large practical value include common salt, gypsum, phosphate, iron oxide and coal.

As is known, water, wind and organisms are called external forces, because their action depends on the energy which our planet receives from the Sun.

1). Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The rocks of the Earth's crust are divided into two main groups.
2. Igneous rocks are composed of particles of pre-existing rocks.
3. Sedimentary rocks are stratified.
4. Sediments are formed by the action of glaciers.
5. Igneous rocks make up 75 per cent of exposed rocks.
6. Conglomerates are formed as a result of the accumulation of materials caused by the destructive mechanical action of water.
7. Sandstones are consolidated rocks.
8. Clays are unconsolidated mechanical sediments.
9. Chemical sediments are formed by the destructive chemical action of water.
10. Peat and coal are the organic sediments which are of great practical value.
11. Clay schist was formed at the beginning of the sedimentation period and clay was formed later.

2). Ответьте на вопросы:

1. What main groups of rocks do you know?
2. Do sedimentary rocks consist of particles of pre-existing rocks?
3. How were igneous rocks formed?
4. Do you know how sedimentary rocks have originated?
5. What is the most important characteristic feature of sediments?
6. Do sedimentary rocks account for 10 per cent of the Earth's crust?
7. Is gravel consolidated mechanical sediment? And what about sand and clay?
8. What are cementing substances? Can calcium carbonate be used as a cementing substance?
9. Are there only fine-grained sandstones?
10. What can you say about chemical sediments?
11. Can you give an example of organic sediments? How are they formed?

3) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	земная кора	а) sandstone
2.	растворяться в воде	б) fine-grained sand
3.	песчаник	в) the Earth's crust
4.	уплотненные осадки	г) exposed rocks
5.	изверженные породы	д) to dissolve in water
6.	мелкозернистый песок	е) like gypsum
7.	затвердевать	ж) consolidated sediments
8.	подобно гипсу	з) igneous rocks
9.	обнаженные породы	и) to solidify, to consolidate

б) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих сочетаний слов.

1.	coarse-grained sand	а) разрушительная сила воды
2.	siltstone and shale	б) пластовые месторождения
3.	the destructive action of water	в) доледниковый период

4.	existing rocks	г) крупнозернистый (грубо- зернистый) песок
5.	chemical decay	д) частицы вещества
6.	sedimentary rocks	е) алеврит и сланец
7.	stratified deposits	ж) существующие породы
8.	pre-glacial period	з) осадочные породы
9.	particles of a substance	и) химический распад

Text 4: Weathering of Rocks

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

contain - v содержать *(в себе),* вмещать
crack - *n* трещина; щель; v давать трещину; трескаться, раскалываться
contract - v сжиматься; сокращаться
dust - *n* пыль
expand - v расширяться); увеличивать(ся) в объеме; **expansion** *n* расширение; *ant* **contract**
fissure - *n* трещина *(в породе, угле);* расщелина; щель
fracture - *n* трещина; излом; разрыв; v ломать(ся); раздроблять *(породу)*
freeze - *v* замерзать; замораживать; застывать
gradual - *a* постепенный; **gradually** *adv* постепенно
hard - *a* твердый, жесткий; *ant* **soft;** тяжелый (о *работе); adv* сильно, упорно; **hardly** *adv* едва, с трудом
hole - *n* отверстие; скважина; шпур; шурф
influence - *n* влияние; v **(on, upon)** влиять (не *что-л.)*
lateral - *a* боковой
occur - *v* залегать; случаться; происходить; *syn* **take place, happen; occurrence** - *n* залегание; **mode of occurrence** - условия залегания
penetrate - *v* проникать *(внутрь),* проходить через *(что-л.)*
phenomenon - *n* явление; *pi* **phenomena**
pressure - *n* давление; **lateral pressure** боковое *(горизонтальное)* давление; **rock pressure** горное давление, давление породы
rate - *n* степень, темп; скорость, норма; производительность; сорт; *syn* **speed, velocity**
refer - v (to) ссылаться *(на что-л.);* относиться *(к периоду, классу)*
resist - *v* сопротивляться; противостоять; противодействовать; **resistance** - *n* сопротивление; **resistant** - *a* стойкий; прочный; сопротивляющийся
size - *n* размер; величина; класс *(угля)*
solution – *n* раствор; **soluble** - *a* растворимый; **solvent** - растворитель; *a* растворяющий
succession – *n* последовательность, непрерывный ряд; **in succession** последовательно
undergo (underwent, undergone) - *v* испытывать *(что-л.),* подвергаться *(чему-л.)*
uniform – *a* однородный; одинаковый
weathering - *n* выветривание; эрозия *(воздействию, влиянию и т.д.)*
to be subjected to подвергаться

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

All rocks which are exposed on the Earth's surface (high mountain peaks, deserts) are decomposed to a certain degree. The process of rock disintegration by the direct influence of local atmospheric conditions on the Earth's surface is called weathering. This phenomenon is often referred to in geology because weathering is an active process. It takes place in the upper layers of the Earth's crust.

The main cause of physical weathering is the change in temperature that takes place with the succession of day and night. This phenomenon can best be observed in the deserts and high mountains where the changes in temperature are common.

During the day under the influence of heat, rocks expand whereas at night they begin to contract. As rocks are generally composed of different minerals, their expansion and contraction do not occur uniformly. As a result of this rocks crack. At the beginning these cracks or fissures are hardly noticeable but gradually they become wider and deeper until the whole surface of rock is finally transformed into gravel, sand or dust.

In the regions of a moderate or cold climate, where the temperature in winter goes down to below 0 (zero), the decomposition of rocks is greatly facilitated by the action of water. When water freezes it increases in volume and develops enormous lateral pressure. Under the action of water, rocks decompose to pieces of varied forms and sizes.

The decomposition of rocks under the direct influence of heat and cold is called physical weathering.

Rocks are subjected not only to physical decomposition but also to chemical weathering, i.e. to the action of chemical agents, such as water, carbon dioxide and oxygen. In a general way, chemical weathering is an acid attack on the rocks of the Earth's crust, in particular an attack on the most abundant minerals — quartz (sand) and aluminosilicates (clays). Only few minerals and rocks are resistant to the action of natural waters. The solvent action of water is stronger when it contains carbon dioxide. Water causes more complex and varied changes. With the participation of oxygen and carbon dioxide up to 90 per cent of rocks is transformed into soluble minerals, which are carried away by the waters.

Organisms and plants also take part in the disintegration of rocks. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks by making holes in them to live in. The action of plants can often be even more destructive. Their roots penetrate into the fissures of rocks and develop the lateral pressure which fractures and destroys rocks.

1. Укажите, какие предложены соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. The process of sedimentation is called weathering.
2. The change in temperature causes physical weathering.
3. As a rule during the night rocks expand.
4. When freezing water decreases in volume and develops enormous lateral pressure.
5. The decomposition of rocks is due to the influence of heat and cold.
6. As a rule water contains dissolved mineral substances.
7. The solvent action of water is stronger when it does not contain carbon dioxide.
8. It should be noticed that the action of organisms and plants is destructive.
9. Certain marine organisms accelerate the destruction of rocks.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What process is called weathering?
2. What process is called physical weathering?
3. Where can the phenomenon of physical weathering be best observed?
4. What process is called chemical weathering?
5. What substances can act as solvents?
6. Are all minerals and rocks resistant to the action of natural waters or only few minerals and rocks can resist the action of water?
7. How do organisms act on the destruction of rocks?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. the Earth's surface
2. to be composed of different minerals
3. the expansion of rocks
4. changes in temperature

5. under the influence of heat
6. weathering
7. destructive forces
8. a great number of fractures
9. to penetrate into fissures

а) под влиянием тепла
б) разрушительные силы
в) выветривание
г) большое количество трещин
д) состоять из различных минералов
е) расширение пород
ж) проникать в трещины
з) изменения температуры
и) поверхность земли

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. увеличиваться в объеме
2. развивать боковое давление
3. способствовать разрушению пород
4. подвергаться гниению
5. растворять вещества
6. сопротивляться (чему-л.)
7. некоторые органические вещества
8. ускорять процесс выветривания
9. куски породы различных размеров

а) to facilitate the decomposition of rocks
б) to increase in volume
в) to resist (smth)
г) rock pieces of varied (different) sizes
д) to accelerate the process of weathering
е) to be subjected to decay
ж) to dissolve substances
з) to develop lateral pressure
и) certain organic substances

Text 5: Fossil Fuels

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

accumulate - v накапливать; скопляться
ancient - *a* древний, старинный; *ant* **modern**
associate - v связывать, соединять, ассоциироваться; *syn* **connect, link**
burn (burnt) - v сжигать; гореть; жечь
charcoal - *n* древесный уголь
convenient - *a* удобный, подходящий
crude - *a* сырой, неочищенный
dig (dug) - v добывать; копать; **digger** - n угольный экскаватор; землеройная машина
divide - v делить; (from) отделять; разделять
evidence - *n* доказательство; очевидность; признак(и)
fossil - *a* окаменелый, ископаемый; *n* ископаемое *(органического происхождения);* окаменелость
heat - v нагревать; *n* теплота
liquid - *a* жидкий; n жидкость; *ant* **solid**

manufacture - *v* изготовлять, производить; *syn* **produce**
mudstone - *n* аргиллит
purpose - *n* цель; намерение; *syn* **aim, goal**
shale - *n* глинистый сланец
the former … the latter - первый *(из вышеупомянутых)* последний *(из двух названных)*

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The chief sources of energy available to man today are oil, natural gas, coal, water power and atomic energy. Coal, gas and oil represent energy that has been concentrated by the decay of organic materials (plants and animals) accumulated in the geologic past. These fuels-are often referred to as fossil fuels.

The word fossil (derived from the Latin fodere "to dig up") originally referred to anything that was dug from the ground, particularly a mineral. Today the term fossil generally means any direct evidence of past life, for example, the footprints of ancient animals. Fossils are usually found in sedimentary rocks, although sometimes they may be found in igneous and metamorphic rocks as well. They are most abundant in mudstone, shale and limestone, but fossils are also found in sandstone, dolomite and conglomerate.

Most fuels are carbon-containing substances that are burned in air. In burning fuels give off heat which is used for different purposes.

Fuels may be solid, liquid and gaseous. Solid fuels may be divided into two main groups, natural and manufactured. The former category includes coal, wood, peat and other plant products. The latter category includes coke and charcoal obtained by heating coal in the absence of air.

Liquid fuels are derived almost from petroleum. In general, natural petroleum, or crude oil, as it is widely known, is the basis of practically all industrial fuels. Petroleum is a mixture of hundreds of different hydrocarbons — compounds composed of hydrogen and carbon — together with the small amount of other elements such as sulphur, oxygen and nitrogen. Petroleum is usually associated with water and natural gas. It is found in porous sedimentary rocks where the geological formation allowed the oil to collect from a wide area. Petroleum is one of the most efficient fuels and raw materials.

Of gaseous fuels the most important are those derived from natural gas, chiefly methane or petroleum. Using gaseous fuels makes it possible to obtain high thermal efficiency, ease of distribution and control. Gas is the most economical and convenient type of fuels. Today gas is widely utilized in the home and as a raw material for producing synthetics.

Scientists consider that a most promising source of natural resources may be the floor of the sea, a subject which now has become an important field of research.

Generally speaking, all types of fossil fuels described in the text are of great economic importance as they represent the sources of energy the man uses today.

1. Укажете, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Coal, water power and atomic energy are the only sources of energy available to man today.
2. Coal, wood and peat represent natural group of solid fuels.
3. As a rule fossil fuels are found in sedimentary rocks.
4. Crude oil is widely used for producing solid fuels.
5. Petroleum can be found in porous sedimentary rocks.
6. Gas is used to produce synthetic materials.
7. Not all types of fossil fuels burn.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What fuels are often referred to as fossil fuels?
2. What does the word fossil mean?
3. What rocks are most abundant hi fossil fuels?

4. What types of fossil fuels do you know?
5. Is coke a natural or manufactured solid fuel? And what can you say about coal and peat?
6. How are coke and charcoal produced?
7. What rocks is petroleum usually associated with?
8. What are the advantages of gaseous fuels?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов сочетаний слов.

1.	fossil fuel	а) дерево и торф
2.	raw material	б) небольшое количество аргиллита
3.	crude oil	в) органическое топливо
4.	the chief sources of energy	г) сланец и известняк
5.	to refer to	д) сырье
6.	any direct or indirect evidence of the deposit	е) материалы, содержащие углерод
7.	shale and limestone	ж) главные источники энергии
8.	carbon-containing materials	з) любые прямые или косвенные признаки месторождения
9.	wood and peat	и) сырая (неочищенная) нефть
10.	the small amount of mudstone	к) относиться к (чему-л.); ссылаться на (что-л.)

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов.

1.	древесный уголь и кокс	а) to collect data
2.	жидкое топливо	б) charcoal and coke
3.	накапливать	в) to be composed of limestones
4.	собирать данные	г) liquid fuel
5.	происходить от	д) to accumulate
6.	получать хорошие результаты	е) to derive from
7.	богатый горючими сланцами	ж) to obtain good results
8.	состоять из известняков	з) abundant in oil shales

Text 6: Coal and Its Classification

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

bench - *n* слой, пачка *(пласта)*
blend - v смешивать(ся); вклинивать(ся)
combustion - *n* горение, сгорание; **spontaneous combustion** самовоспламенение, самовозгорание
continuity - *n* непрерывность, неразрывность
domestic - *a* внутренний; отечественный
estimate - v оценивать; *n* оценка; смета
fault - *n* разлом, сдвиг *(породы);* сброс; **faulting** *n* образование разрывов или сбросов
fold - *n* изгиб, складка, флексура; **foulding** - *n* складчатость, смешение *(пласта)* без разрыва
inflame - v воспламеняться; загорать(ся); **inflammable** - *a* воспламеняющийся, горючий, огнеопасный; **flame** - *n* пламя
intermediate - *a* промежуточный; вспомогательный
liable - *a* (to) подверженный; подлежащий *(чему-л.)*
luster - *n* блеск *(угля, металла);* **lustrous** - *a* блестящий
matter - *n* вещество; материя
moisture - *n* влажность, сырость; влага
parting - *n* прослоек
plane - *n* плоскость; **bedding plane** плоскость напластования
rank - *n* класс, тип; **coal rank** группа угля, тип угля
regular - *a* правильный; непрерывный; *ant* **irregular** неправильный; неравномерный; **regularity** *n* непрерывность; правильность

similar - *a* похожий, сходный; подобный; *syn* **alike, the same as**
smelt - v плавить *(руду);* выплавлять *(металл)*
store - v запасать, хранить на складе; вмещать
strata - *n pl от* **stratum** пласты породы; свита *(пластов);* формация, напластования породы; *syn* **measures**
thickness - *n* мощность *(пласта, жилы)*
uniform - *a* однородный; равномерный; **uniformity** *n* однородность; единообразие
utilize - v использовать; *syn* **use, apply, employ**
volatile - *a* летучий, быстро испаряющийся

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

Coal is the product of vegetable matter that has been formed by the action of decay, weathering, the effects of pressure, temperature and time millions of years ago.

Although coal is not a true mineral, its formation processes are similar to those of sedimentary rocks.

Structurally coal beds are geological strata characterized by the same irregularities in thickness, uniformity and continuity as other strata of sedimentary origin. Coal beds may consist of essentially uniform continuous strata or like other sedimentary deposits may be made up of different bands or benches of varying thickness.

You can see a seam limited by two more or less parallel planes, a shape which is typical of sedimentary rocks. The benches may be separated by thin layers, of clay, shale, pyrite or other mineral matter, commonly called partings. Like other sedimentary rocks coal beds may be structurally disturbed by folding and faulting.

According to the amount of carbon coals are classified into: brown coals, bituminous coals and anthracite. Brown coals are in their turn subdivided into lignite and common brown coal. Although carbon is the most important element in coal, as many as 72 elements have been found in some coal deposits, including lithium, chromium, cobalt, copper, nickel, tungsten and others.

Lignite is intermediate in properties between peat and bituminous coal, containing when dry about 60 to 75 per cent of carbon and a variable proportion of ash. Lignite is a low-rank brown-to-black coal containing 30 to 40 per cent of moisture. Developing heat it gives from 2,500 to 4,500 calories. It is easily inflammable but burns with a smoky flame. Lignite is liable to spontaneous combustion. It has been estimated that about 50 per cent of the world's total coal reserves are lignitic.

Brown coal is harder than lignite, containing from 60 to 65 per cent of carbon and developing greater heat than lignite (4,000-7,000 calories). It is very combustible and gives a brown powder. Bituminous coal is the most abundant variety, varying from medium to high rank. It is a soft, black, usually banded coal. It gives a black powder and contains 75 to 90 per cent of carbon. It weathers only slightly and may be kept in open piles with little danger of spontaneous combustion if properly stored. Medium-to-low volatile bituminous coals may be of coking quality. Coal is used intensively in blast furnaces for smelting iron ore. There are non-coking varieties of coal.

As for the thickness, the beds of this kind of coal are not very thick (1-1.5 meters). The great quantities of bituminous coal are found in the Russian Federation.

Anthracite or "hard" coal has a brilliant lustre containing more than 90 per cent of carbon and low percentage of volatile matter. It is used primarily as a domestic fuel, although it can sometimes be blended with bituminous grades of coal to produce a mixture with improved coking qualities. The largest beds of anthracite are found in Russia, the USA and Great Britain.

Coal is still of great importance for the development of modern industry. It may be used for domestic and industrial purposes. Being the main source of coke, coal is widely used in the iron and steel industry. Lignite, for example either in the raw state or in briquetted form, is a source of industrial carbon and industrial gases.

There is a strong tendency now for increased research into new technologies to utilize coal. No doubt, coal will be used as a raw material for the chemical industry and petrochemical processes. All

these processes involve coal conversion which include gasification designed to produce synthetic gas from coal as the basis for hydrogen manufacture, liquefaction (разжижение) for making liquid fuel from coal and other processes.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. Anthracite coals may be divided into lignite and common brown coal.
2. Coals are ranked according to the percentage of carbon they contain.
3. Peat, with the least amount of carbon is the lowest rank, then comes lignite or brown coal.
4. Brown coal is hard and it is not liable to spontaneous combustion.
5. Bituminous coal weathers rapidly and one cannot keep it in open piles.
6. Being intensively used in the iron and steel industry bituminous coal varies from medium to high rank.
7. Anthracite or hard coal, the highest in percentage of carbon, can be blended with bituminous grades of coal.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is the classification of coal based on?
2. Is carbon the only element in coal? (Prove it.)
3. Is lignite intermediate in properties between peat and bituminous coal?
4. What heat value does lignite develop when burnt?
5. What coals are liable to spontaneous combustion?
6. What is the difference between lignite and brown coal?
7. Is bituminous coal high- or low-volatile?
8. Does anthracite contain 90 per cent of carbon?
9. Where are the largest deposits of anthracite found? And what can you say about bituminous coal?
10. What do you know about the utilization of coal?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1.	spontaneous combustion	а) легковоспламеняющийся газ
2.	moisture and ash content	б) высокосортный уголь
3.	the most abundant variety	в) плавить железную руду
4.	in its turn	г) самовозгорание
5.	the amount of volatile matter	д) содержание влаги и золы
6.	easily inflammable gas	е) дымное пламя
7.	brilliant lustre	ж) наиболее широко распространенные угли
8.	to smelt iron ore	з) яркий блеск
9.	high-rank coal	и) в свою очередь
10.	a smoky flame	к) количество летучих веществ

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов н сочетаний слов:

1.	тип угля	а) heat value
2.	некоксующийся уголь	б) amount of carbon
3.	доменная печь	в) coal rank
4.	содержание углерода	г) to store coal
5.	смешиваться с другими углями	д) to weather rapidly
6.	улучшенного качества	е) non-coking coal
7.	складировать уголь	ж) blast furnace
8.	теплотворная способность	з) of improved quality
9.	быстро выветриваться	и) to blend with other coals

Text 7: General Information on Mining

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

access - *n* доступ

affect - v воздействовать *(на что-л.);* влиять; *syn* **influence**

barren - *a* непродуктивный; пустой *(о породе)*

chute - *n* скат, спуск; углеспускная выработка; жёлоб

compare - v (with) сравнивать, проводить параллель

contribute - v способствовать, содействовать; делать вклад *(в науку);* **make a (one's) ~ to smth.** сделать вклад во что-л.

cross-section - *n* поперечное сечение, поперечный разрез, профиль

develop - v разрабатывать *(месторождение);* развивать *(добычу);* производить подготовительные работы; **development** - *n* подготовительные работы; развитие добычи; развитие

drift - *n* штрек, горизонтальная выработка

ensure - v обеспечивать, гарантировать; *syn* **guarantee**

face - *n* забой; лава

floor - л почва горной выработки, почва пласта (жилы); **quarry** ~ подошва карьера; пол, настил

govern - v править, управлять; руководить; определять, обусловливать

inclination - *n* уклон, скат, наклон *(пластов);* наклонение; **seam** ~ падение *(пласта);* наклон *(пласта)*

incline - *n* уклон, бремсберг, скат; наклонный ствол; **gravity** ~ бремсберг

inclined - *a* наклонный; **flatly** ~ слабо наклонный; **gently ~** наклонного падения; **medium** ~ умеренно наклонный *(о пластах);* **steeply** ~ крутопадающий

level - *n* этаж, горизонт, горизонтальная горная выработка; штольня; уровень *(инструмент);* нивелир; ватерпас; горизонтальная поверхность

recover - v извлекать *(целики);* выбирать, очищать; добывать *(уголь и т.п.);* восстанавливать

remove - v удалять; убирать; устранять; перемещать; **removal** - *n* вскрыша; выемка; уборка *(породы);* извлечение *(крепи);* перемещение; **overburden** - удаление вскрыши

rib - *n* ребро; выступ; узкий целик, предохранительный целик; грудь забоя

roof - *n* крыша; кровля выработки; кровля пласта *(или* жилы); перекрытие; ~ **support** - крепление кровли

shaft - *n* шахтный ствол; **auxiliary** ~ вспомогательный ствол; **hoisting** ~ подъемный ствол; главный шахтный ствол

tabular - *a* пластовый (о *месторождении);* пластообразный; плоский; линзообразный; *syn* **bedded, layered**

waste - *n* пустая порода; отходы; *syn* **barren rock**

well - *n* буровая скважина; колодец, источник; водоем; зумф

capital investment - капитальные вложения

gate road - промежуточный штрек

in bulk - навалом, в виде крупных кусков

metal-bearing - содержащий металл

production face/working - очистной забой

productive mining - эксплуатационные работы

in view of - ввиду чего-л., принимая во внимание что-л.

with a view to - с целью

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

As has been said, mining refers to actual ore extraction. Broadly speaking, mining is the industrial process of removing a mineral-bearing substance from the place of its natural occurrence in the Earth's crust. The term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells; metal, non-metallic minerals, coal, peat, oil shale and other hydrocarbons from the earth. In other words, the work done to extract mineral, or to prepare for its extraction is called mining.

The tendency in mining has been towards the increased use of mining machinery so that modern mines are characterized by tremendous capacities. This has contributed to: 1) improving working conditions and raising labour productivity; 2) the exploitation of lower-grade metal-bearing substances and 3) the building of mines of great dimensions.

Mining can be done either as a surface operation (quarries, opencasts or open pits) or by an underground method. The mode of occurrence of the sought-for metallic substance governs to a large degree the type of mining that is practised. The problem of depth also affects the mining method. If the rock containing the metallic substance is at a shallow site and is massive, it may be economically excavated by a pit or quarry-like opening on the surface. If the metal-bearing mass is tabular, as a bed or vein, and goes to a great distance beneath the surface, then it will be worked by some method of underground mining.

Working or exploiting the deposit means the extraction of mineral. With this point in view a number of underground workings is driven in barren (waste) rock and in mineral. Mine workings vary in shape, dimensions, location and function.

Depending on their function mine workings are described as exploratory, if they are driven with a view to finding or proving mineral, and as productive if they are used for the immediate extraction of useful mineral. Productive mining can be divided into capital investment work, development work, and face or production work. Investment work aims at ensuring access to the deposit from the surface. Development work prepares for the face work, and mineral is extracted (or produced) in bulk.

The rock surfaces at the sides of workings are called the sides, or hi coal, the ribs. The surface above the workings is the roof in coal mining while in metal mining it is called the back. The surface below is called the floor.

The factors such as function, direct access to the surface, driving in mineral or in barren rock can be used for classifying mine workings:

I. Underground workings:

a) Long or deep by comparison with their cross-section may be: 1) vertical (shaft, blind pit); 2) sloping (slopes, sloping drifts, inclines); 3) horizontal (drifts, levels, drives, gate roads, adits, crosscuts).

b) Large openings having cross dimensions comparable with their length.

c) Production faces, whose dimensions depend on the thick ness of the deposit being worked, and on the method of mining it.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. As a rule, the term "mining" includes the recovery of oil and gas from wells as well as coal, iron ores and other useful minerals from the earth.
2. The increased use of mining machinery has greatly contributed to raising labour productivity and improving working conditions.
3. It is quite obvious that the problem of depth is not always taken into consideration in choosing the mining method.
4. Productive workings are usually used for the immediate extraction of useful mineral.
5. Underground workings are driven in barren rock or in mineral.
6. A shaft is a vertical underground working which is long and deep in comparison with its cross-section.
7. The surface above the mine working is usually called the floor.
8. The rock surfaces at the sides of mine workings arc called the ribs.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What is mining?
2. What has contributed to the better working conditions of the miners?
3. What factors influence the choice of the mining method?
4. In what case is useful mineral worked by open pits?
5. Are exploratory workings driven with a view to finding and proving mineral or are they driven for immediate extraction of mineral?
6. What is the difference between development and production work?
7. What main factors are used for classifying mine workings?
8. What do the dimensions of production faces depend on?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. direct access to the surface
2. open-cast mining
3. tabular (or bedded) deposits
4. oil well
5. underground workings
6. cross-section of a working
7. production face
8. the roof of the mine working
9. to drive mine workings in barren rock
10. to affect the mining method

а) нефтяная скважина
б) проходить горные выработки по пустой породе
в) влиять на метод разработки
г) прямой доступ к поверхности
д) пластовые месторождения
е) открытая разработка
ж) поперечное сечение выработки
з) подземные выработки
и) очистной забой
к) кровля горной выработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов сочетаний слов:

1. способствовать чему-л.
2. размер ствола
3. извлекать, добывать (уголь)
4. штреки и квершлаги
5. пустая порода
6. вообще говоря
7. удалять, перемещать (крепь, вскрышу и др.)
8. с целью ...
9. подготовительные работы
10. мощность пласта

а) thickness of a seam
б) shaft dimension
в) with a view to
г) to contribute to smth.
д) development work
е) to remove (timber, overburden, etc.)
ж) drifts (gate roads) and crosscuts
з) generally speaking

и) to recover (coal)
к) waste (barren) rock

Text 8: Methods of Working Bedded Deposits Underground

Запомните слова и выражения, необходимые для понимания текста:

advantage - *n* преимущество; превосходство; выгода; польза; **advantageous** - *a* выгодный; благоприятный, полезный; **to take advantage of smth** воспользоваться чём-л.

caving - *n* обрушение *(кровли);* разработка с обрушением

deliver - v доставлять, подавать; питать; нагнетать; произносить *(речь);* читать *(лекцию)*

entry - *n* штрек; выработка горизонтальная; *pl* подготовительные выработки; нарезные выработки; штреки

giant - *n* гидромонитор

gravity - *n* сила тяжести; вес, тяжесть; **by ~** самотеком, под действием собственного веса

haul - v доставлять; откатывать; подкатывать; перевозить; **haulage** - *n* откатка; доставка; транспортировка *(по горизонтали)*

longwall - *n* лава; выемка лавами; сплошной забой, сплошная или столбовая система разработки; *syn* **continuous mining; ~ advancing on the strike** выемка лавами прямым ходом по простиранию; сплошная система разработки по простиранию; **~ advancing to the rise** сплошная система разработки с выемкой по восстанию; ~ to **the dip** сплошная система разработки с выемкой по падению; ~ **retreating** выемка лавами обратным ходом; столбовая система разработки лавами

lose (lost) - v терять; **loss -** *n* потеря, убыток

pillar - *n* целик; столб; **shaft** ~ околоствольный целик; ~ **method** столбовая система разработки; ~ **mining** выемка целиков

predominate - v преобладать, превалировать; превосходить; господствовать, доминировать

protect - v охранять, защищать

reach - v простираться, доходить до; добиваться, достигать

satisfy - v удовлетворятъ(ся)

shield - *n* щит; ~ **method** щитовой метод проходки, щитовой способ

room - *n* камера; очистная камера; **room-and-pillar method** камерно-столбовая система разработки

stowing - *n* закладка *(выработанного пространства)*

method of working система разработки

the sequence of working the seams - последовательность отработки пластов

Прочитайте и переведите текст, выполните упражнения на проверку понимания прочитанного:

The method of working (or method of mining) includes a definite sequence and organization of development work of a deposit, its openings and its face work in certain geological conditions. It depends on the mining plan and machines and develops with their improvements. A rational method of working should satisfy the following requirements in any particular conditions: 1) safety of the man; 2) maximum output of mineral; 3) minimum development work (per 1,000 tons output); 4) minimum production cost and 5) minimum losses of mineral.

Notwithstanding the considerable number of mining methods in existence, they can be reduced to the following main types: 1. Methods of working with long faces (continuous mining); 2. Methods of working with short faces (room-and-pillar). The characteristic feature of the continuous mining is the absence of any development openings made in advance of production faces. The main advantage of long continuous faces is that they yield more mineral. Besides, they allow the maximum use of combines (shearers), cutting machines, powered supports and conveyers. The longwall method permits an almost 100 per cent recovery of mineral instead of 50 to 80 per cent obtainable in room-and-pillar methods.

The basic principle of room-and-pillar method is that rooms from 4 to 12 meters wide (usually 6-7) are driven from the entries, each room is separated from each other by a rib pillar. Rib pillars are recovered or robbed after the rooms are excavated. The main disadvantage of shortwall work is a considerable loss of mineral and the difficulty of ventilation. In working bedded deposits methods of mining mentioned above may be used either with stowing or with caving.

In Russia, Germany (the Ruhr coal-field), France and Belgium nearly all the faces are now long ones. In Britain longwall faces predominate.

The USA, Canada, Australia and to some extent India are developing shortwall faces and creating the machines for them. In these countries shortwall faces are widely used.

In Russia the thick seams are taken out to full thickness up to 4.5 m thick if they are steep, and up to 3.5 m thick if they are gently sloping or inclined. In the Kuznetsk coal-field long faces are worked to the dip with ashield protection, using a method proposed by N.Chinakal. In shield mining coal is delivered to the lower working by gravity so that additional haulage is not required.

It should also be noted that in Russia hydraulic mining is widely used as it is one of the most economic and advantageous methods of coal getting. New hydraulic mines are coming into use in a number of coal-fields. Hydraulic mining is developing in other countries as well.

The aim of hydraulic mining is to remove coal by the monitors (or giants) which win coal and transport it hydraulically from the place of work right to the surface. It is quite obvious that the choice of the method of mining will primarily depend on the depth and the shape and the general type of the deposit.

1. Укажите, какие предложения соответствуют содержанию текста. Подтвердите свои ответы фактами из текста.

1. A definite sequence and organization of development work is called mining.
2. Mining methods in existence can be reduced to the two main types.
3. The depth and the shape of the deposit influence the choice of the method of working.
4. As is known, in Belgium all the faces are short now, in Great Britain they amount to 84 per cent.
5. In Australian collieries shortwall faces are widely used.
6. The room-and-pillar method is characterized by the absence of any development openings.
7. High-capacity monitors win coal and transport it hydraulically right to the surface.

2. Ответьте на следующие вопросы:

1. What factors does mining depend on?
2. What is mining?
3. What are the most important factors which affect the choice of the method of working?
4. Do short faces or long faces predominate in Russia? What can you say about the Ruhr coal-field?
5. Is Canada developing shortwall faces or longwall faces?
6. What are the main disadvantages of shortwall faces?
7. What are the two main methods of working?
8. What is the main advantage of long continuous faces?
9. What methods of mining long faces do you know?
10. What method of mining is characterized by the absence of development openings?

3. а) Найдите в правой колонке русские эквиваленты следующих слов в сочетаний слов:

1.	development face	а) сплошная система разработки
2.	great losses	б) выемка целиков
3.	shield method of mining	в) подготовительный забой
4.	continuous mining	г) большие потери
5.	longwall advancing to the dip	д) удовлетворять требованиям
6.	the room-and-pillar method of mining	е) зависеть от геологических условий
7.	to open up a deposit	ж) выемка лавами прямым ходом по падению

8. pillar mining з) щитовая система разработки
9. to satisfy the requirements и) вскрывать месторождение
10. to depend upon the geological conditions к) камерно-столбовая система разработки

б) Найдите в правой колонке английские эквиваленты следующих слов и сочетаний слов:

1. включать (в себя) а) safety
2. выемка лавами обратным ходом б) annual output
3. достигать 50% в) to involve
4. превышать 60% г) to propose a new method of mining
5. безопасность д) long wall retreating
6. годовая добыча е) in connection with difficulties
7. основной недостаток системы разработки ж) to exceed 60 per cent
8. под-этаж з) notwithstanding (in spite of)
9. крутопадающий пласт и) to reach 50 per cent
10. щитовая система разработки к) the main disadvantage of the method of mining
11. предложить новый способ разработки л) sublevel
12. в связи с трудностями м) the shield method of mining
13. несмотря на н) open up a deposit
14. вскрывать месторождение о) steep seam

2.3 Подготовка доклада

Подготовьте доклад по одной из предложенных тем.

1. Inigo Jones (1573-1652)
2. Christopher Wren (1632-1723)
3. Geoffrey Chaucer (1340-1400)
4. Samuel Johnson (1709-1784)
5. Alfred Tennyson (1809-1892)
6. Thomas Hardy (1840-1928)
7. John Milton (1608-1674)
8. William Makepeace Thackeray (1811-1863)
9. Henry Wadsworth Longfellow (1807 – 1882)
10. Joshua Reynolds (1723-1792)
11. Thomas More (1478 – 1535)
12. J.M.W. Turner (1775-1851)
13. Thomas Gainsborough (1727 – 1788)
14. Henry Moor (1898-1986)
15. Henry Irving (1838-1905)
16. William Gilbert (1836-1911)
17. Arthur Sullivan (1842-1900)
18. James Watt (1736 - 1819)
19. Thomas Telford (1757 - 1834)
20. Isambard Kingdom Brunel (1806 – 1859)
21. George Stephenson (1781 – 1848)
22. David Livingstone (1813 – 1873)
23. Tony Blair (1953)
24. Winston Churchill (1874 - 1965)
25. Margaret Hilda Thatcher (1925)
26. Sir Isaac Newton (1642 – 1727
27. Alexander Graham Bell (1847 - 1922)

28. Robert Burns (1759 – 1796)

Правила предоставления информации в докладе

Размер	**А4**
Шрифт	Текстовый редактор Microsoft Word, шрифт Times New Roman 12
Поля	слева – 2 см., сверху и справа – 1 см., снизу – 1
Абзацный отступ	1 см устанавливается автоматически
Стиль	Примеры выделяются курсивом
Интервал	межстрочный интервал – 1
Объем	1 -2 страницы (до 7 минут устного выступления)
Шапка доклада	***Иванова Мария Ивановна*** Екатеринбург, Россия ФГБОУ ВПО УГГУ, МД-13 НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА
	Список использованной литературы

Краткое содержание статьи должно быть представлено на 7-10 слайдах, выполненных в PowerPoint.

2.4 Подготовка к тесту

Тест направлен на проверку страноведческих знаний и знаний межкультурной коммуникации. Для этого студентам необходимо повторить материал, представленный в *Социально-культурной сфере общения* по теме «Страны изучаемого языка» (Я и мир). Для успешного написания теста изучите следующий материал:

THE GEOGRAPHICAL POSITION OF GREAT BRITAIN

The United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland covers an area of some 244 thousand square miles. It is situated on the British Isles. The British Isles are separated from Europe by the Strait of Dover and the English Channel. The British Isles are washed by the North Sea in the east and the Atlantic Ocean in the west.

England is in the southern and central part of Great Britain. Scotland is in the north of the island. Wales is in the west. Northern Ireland is situated in the north-eastern part of Ireland.

England is the richest, the most fertile and most populated part in the country. There are mountains in the north and in the west of England, but all the rest of the territory is a vast plain. In the northwestern part of England there are many beautiful lakes. This part of the country is called Lake District.

Scotland is a land of mountains. The Highlands of Scotland are among the oldest mountains in the world. The highest mountain of Great Britain is in Scotland too. The chain of mountains in Scotland is called the Grampians. Its highest peak is Ben Nevis. It is the highest peak not only in Scotland but in the whole Great Britain as well. In England there is the Pennine Chain. In Wales there are the Cumbrian Mountains.

There are no great forests on the British Isles today. Historically, the most famous forest is Sherwood Forest in the east of England, to the north of London. It was the home of Robin Hood, the famous hero of a number of legends.

The British Isles have many rivers but they are not very long. The longest of the English rivers is the Severn. It flows into the Irish Sea. The most important river of Scotland is the Clyde. Glasgow stands on it. Many of the English and Scottish rivers are joined by canals, so that it is possible to travel by water from one end of Great Britain to the other.

The Thames is over 200 miles long. It flows through the rich agricultural and industrial districts of the country. London, the capital of Great Britain, stands on it. The Thames has a wide mouth, that's

why the big ocean liners can go up to the London port. Geographical position of Great Britain is rather good as the country lies on the crossways of the see routes from Europe to other parts of the world. The sea connects Britain with most European countries such as Belgium, Holland, Denmark, Norway and some other countries. The main sea route from Europe to America also passes through the English Channel.

United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland occupies the territory of the British Isles. They lie to the north-west of Europe.

Once upon a time the British Isles were an integral part of the mainland. As a result of sinking of the land surface they became segregated. Great Britain is separated from the continent by the English Channel. The country is washed by the waters of the Atlantic Ocean. Great Britain is separated from Belgium and Holland by the North Sea, and from Ireland — by the Irish Sea.

There are several islands along the coasts. The total area of the British Isles is 325 000 km2. The main islands are Great Britain and Ireland.

The surface of the country is much varied. Great Britain is the country of valleys and plains.

The insular geographical position of Great Britain promoted the development of shipbuilding, different trading contacts with other countries. It has also allowed the country to stay independent for quite a long period of time.

THE BRITISH PARLIAMENT

The British Parliament is the oldest in the world. It originated in the 12th century as Witenagemot, the body of wise councillors whom the King needed to consult pursuing his policy. The British Parliament consists of the House of Lords and the House of Commons and the Queen as its head.

The House of Commons plays the major role in law-making. It consists of Members of Parliament (called MPs for short). Each of them represents an area in England, Scotland, Wales and Ireland.

MPs are elected either at a general election or at a by-election following the death or retirement. Parliamentary elections are held every 5 years and it is the Prime Minister who decides on the exact day of the election. The minimum voting age is 18. And the voting is taken by secret ballot.

The election campaign lasts about 3 weeks, The British parliamentary system depends on political parties.

The party which wins the majority of seats forms the government and its leader usually becomes Prime Minister. The Prime Minister chooses about 20 MPs from his party to become the cabinet of ministers. Each minister is responsible for a particular area in the government. The second largest party becomes the official opposition with its own leader and «shadow cabinet». The leader of the opposition is a recognized post in the House of Commons.

The parliament and the monarch have different roles in the government and they only meet together on symbolic occasions, such as coronation of a new monarch or the opening of the parliament. In reality, the House of Commons is the one of three which has true power.

The House of Commons is made up of six hundred and fifty elected members, it is presided over by the speaker, a member acceptable to the whole house. MPs sit on two sides of the hall, one side for the governing party and the other for the opposition. The first 2 rows of seats are occupied by the leading members of both parties (called «front benches»). The back benches belong to the rank-and-life MPs.

Each session of the House of Commons lasts for 160-175 days. Parliament has intervals during his work. MPs are paid for their parliamentary work and have to attend the sittings.

As mention above, the House of Commons plays the major role in law making. The procedure is the following: a proposed law («a bill») has to go through three stages in order to become an act of Parliament; these are called «readings».

The first reading is a formality and is simply the publication of the proposal. The second reading involves debate on the principles of the bill; it is examination by parliamentary committee.

And the third reading is a report stage, when the work of the committee is reported on to the house. This is usually the most important stage in the process.

When the bill passes through the House of Commons, it is sent to the House of Lords for discussion, when the Lords agree it, the bill is taken to the Queen for royal assent, when the Queen sings the bill, it becomes act of the Parliament and the Law of the Land.

The House of Lords has more than 1000 members, although only about 250 take an active part in the work in the house. Members of this Upper House are not elected; they sit there because of their rank. The chairman of the House of Lords is the Lord Chancellor. And he sits on a special seat, called «Woolsack».

The members of the House of Lords debate the bill after it has been passed by the House of Commons. Some changes may be recommended and the agreement between the two houses is reached by negotiations.

BRITISH TRADITIONS AND CUSTOMS

British nation is considered to be the most conservative in Europe. It is not a secret that every nation and every country has its own customs and traditions. In Great Britain people attach greater importance to traditions and customs than in other European countries. Englishmen are proud of their traditions and carefully keep them up. The best examples are their queen, money system, their weights and measures.

There are many customs and some of them are very old. There is, for example, the Marble Championship, where the British Champion is crowned; he wins a silver cup known among folk dancers as Morris Dancing. Morris Dancing is an event where people, worn in beautiful clothes with ribbons and bells, dance with handkerchiefs or big sticks in their hands, while traditional music-sounds.

Another example is the Boat Race, which takes place on the river Thames, often on Easter Sunday. A boat with a team from Oxford University and one with a team from Cambridge University hold a race.

British people think that the Grand National horse race is the most exciting horse race in the world. It takes place near Liverpool every year. Sometimes it happens the same day as the Boat Race takes place, sometimes a week later. Amateur riders as well as professional jockeys can participate. It is a very famous event.

There are many celebrations in May, especially in the countryside.

Halloween is a day on which many children dress up in unusual costumes. In fact, this holiday has a Celtic origin. The day was originally called All Halloween's Eve, because it happens on October 31, the eve of all Saint's Day. The name was later shortened to Halloween. The Celts celebrated the coming of New Year on that day.

Another tradition is the holiday called Bonfire Night. On November 5, 1605, a man called Guy Fawkes planned to blow up the Houses of Parliament where the king James 1st was to open Parliament on that day. But Guy Fawkes was unable to realize his plan and was caught and later, hanged. The British still remember that Guy Fawkes' Night. It is another name for this holiday. This day one can see children with figures, made of sacks and straw and dressed in old clothes. On November 5th, children put their figures on the bonfire, burn them, and light their fireworks.

In the end of the year, there is the most famous New Year celebration. In London, many people go to Trafalgar Square on New Year's Eve. There is singing and dancing at 12 o'clock on December 31st.

A popular Scottish event is the Edinburgh Festival of music and drama, which takes place every year. A truly Welsh event is the Eisteddfod, a national festival of traditional poetry and music, with a competition for the best new poem in Welsh. If we look at English weights and measures, we can be convinced that the British are very conservative people. They do not use the internationally accepted measurements. They have conserved their old measures. There are nine essential measures. For general use, the smallest weight is one ounce, then 16 ounce is equal to a pound. Fourteen pounds is one stone.

The English always give people's weight in pounds and stones. Liquids they measure in pints, quarts and gallons. There are two pints in a quart and four quarts or eight pints are in one gallon. For length, they have inches: foot, yards and miles.

LONDON

As well as being the capital of England, London is the capital of the United Kingdom. London was founded by the Romans in 43 A.D. and was called Londinium. In 61 A.D. the town was burnt down and when it was rebuilt by the Romans it was surrounded by a wall. That area within the wall is now called the City of London. It is London's commercial and business centre. It contains the Bank of England, the Stock Exchange and the head offices of numerous companies and corporations. Here is situated the Tower of London.

The Tower was built by William the Conqueror who conquered England in 1066. He was crowned at Westminster Abbey. Now most of the Government buildings are located there.

During the Tudor period (16th century) London became an important economic and financial centre. The Londoners of the Elizabethan period built the first theatres. Nowadays the theatre land is stretched around Piccadilly Circus. Not far from it one can see the British Museum and the «Covent Garden» Opera House.

During the Victorian period (19th century) London was one of the most important centers of the Industrial Revolution and the centre of the British Empire. Today London is a great political centre, a great commercial centre, a paradise for theatre-goers and tourists, but it is also a very quiet place with its parks and its ancient buildings, museums and libraries.

LONDON

London is the capital of Great Britain, its political, economic and commercial center. It`s one of the largest cities in the world and the largest city in Europe. Its population is about 9 million. London is one of the oldest and most interesting cities in the world. Traditionally it`s divided into several parts: the City, Westminster, the West End and the East End.

They are very different from each other and seem to belong to different towns and epochs. The heart of London is the City, its financial and business center. Numerous banks, offices and firms are situated there, including the Bank of England, the Stock Exchange and the Old Bailey. Few people live here, but over a million people come to the City to work. There are some famous ancient buildings within the City. Perhaps the most striking of them in St. Paul`s Cathedral, the greatest of British churches. St. Paul`s Cathedral has always dominated the center of London. It stands on the site of former Saxon and Norman churches. They latter were destroyed in the Great Fire and the present building, completed in 1710, is the work of the eminent architect Sir Christopher Wren. It is an architectural masterpiece.

Londoners have a particular affection for St. Paul`s, which is the largest Protestant Church in England. Its high dome, containing the remarkable Whispering Gallery, is a prominent landmark towering above the multistoried buildings which line the river-bank.

The Tower of London was one of the first and most impressive castles built after the Norman invasion of England in 1066. Since the times of William I various kings have built and extended the Tower of London and used it for many purposes. The Tower has been used as a royal palace, an observatory, an arsenal, a state prison, and many famous and infamous people have been executed within its walls. It is now a museum. For many visitors the principal attraction is the Crown Jewels, the finest precious stones of the nation. A fine collection of armour is exhibited in the keep. The security of the Tower is ensured by a military garnison and by the Yeoman Warders or Beefeaters, who still wear their picturesque Tudor uniform.

Westminster is the historic, the governmental part of London. Westminster Abbey is a national shrine where the kings and queens are crowned and famous people are buried. Founded by Edward the Confessor in 1050, the Abbey was a monastery for along time. The present building dates largely from the times of Henry 3, who began to rebuild the church, a task which lasted nearly 300 years. The West towers were added in the eighteenth century. Since William I almost every English monarch has been

crowned in this great church, which contains the tombs and memorials of many of Britain`s most eminent citizens: Newton, Darwin, Chaucer, Dickens, Tennyson, Kipling and etc. One of the greatest treasures of the Abbey is the oaken Coronation Chair made in 1300. The Abbey is also known for its Poet`s Corner. Graves and memorials to many English poets and writers are clustered round about.

Across the road from Westminster Abbey is Westminster Palace, or the Houses of Parliament, the seat of the British Parliament. The Parliament of Great Britain and Northern Ireland consists of the House of Lords and the House of Commons. The House of Lords consists of just over 1,000 members of the different grades of nobility — dukes, marquises, earls, viscounts and barons.

The House of Commons consists of 650 members. They are elected by secret ballot by men and women aged 18 and over. Every Parliament is divided into Sessions. Each of these may last a year and usually begins early in November. The Clock Tower, which contains the hour-bell called Big Ben, is known over the world. The bell is named after Sir Benjamin Hall.

Buckingham Palace is the official residence of the Queen. The West End is the richest and most beautiful part of London. It is the symbol of wealth and luxury. The best hotels, shops, restaurants, clubs, and theatres are situated there. There are splendid houses and lovely gardens belonging to wealthy people.

Trafalgar Square is the geographical center of London. It was named in memory of Admiral Nelson`s victory in the battle of Trafalgar in 1805. The tall Nelson`s Column stands in the middle of the square. On the north side of Trafalgar Square is the National Gallery and the National Portrait Gallery.

Not far away is the British Museum — the biggest museum in London. It contains a priceless collection of ancient manuscripts, coins, sculptures, est., and is famous for its library.

The East End is the poorest district of London. There are a lot of factories, workshops and docks here. The streets are narrow, the buildings are unimpressive. The East End is densely populated by working class families.

PLACES OF INTERESTS IN GREAT BRITAIN

Britain is rich in its historic places which link the present with the past. The oldest part of London is Lud Hill, where the city is originated. About a mile west of it there is Westminster Palace, where the king lived and the Parliament met, and there is also Westminster Abby, the coronation church. Liverpool, the «city of ships», is England’s second greatest port, ranking after London. The most interesting sight in the Liverpool is the docks. They occupy a river frontage of seven miles.

The University of Liverpool, established in 1903, is noted for its School of Tropical Medicine. And in the music world Liverpool is a well-known name, for it’s the home town of «The Beatles».

Stratford-on-Avon lies 93 miles north-west of London. Shakespeare was born here in 1564, and here he died in 1616.

Cambridge and Oxford Universities are famous centers of learning. Stonehenge is a prehistoric monument, presumably built by Druids, members of an order of priests in ancient Britain. Tintagel Castle is King Arthur’s reputed birthplace. Canterbury Cathedral is the seat of the Archbishop of Canterbury, head of the Church of England.

The British Museum is the largest and richest museum in the world. It was founded in 1753 and contains one of the world’s richest collections of antiquities. The Egyptian Galleries contain human and animal mummies. Some parts of Athens’ Parthenon are in the Greek section.

Madam Tussaud’s Museum is an exhibition of hundreds of life-size wax models of famous people of yesterday and today. The collection was started by Madam Tussaud, a French modeller in wax, in the 18th century. Here you can meet Marilyn Monroe, Elton John, Picasso, the Royal Family, the Beatles and many others: writers, movie stars, singers, politicians, sportsmen, etc.

5. Подготовка к экзамену

Подготовка к экзамену включает в себя повторение всех изученных тем курса.

Билет на экзамен включает в себя тест и практико-ориентированное задание.

Наименование оценочного средства	*Характеристика оценочного средства*	*Методика применения оценочного средства*	*Наполнение оценочного средства в КОС*	*Составляющая компетенции, подлежащая оцениванию*
Экзамен:				
Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Тест состоит из 20 вопросов.	КОС - тестовые задания	Оценивание уровня знаний, умений, владений
Практико-ориентированное задание	Задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию	Количество заданий в билете – 1. Предлагаются задания по изученным темам в виде практических ситуаций.	КОС- Комплект заданий	Оценивание уровня знаний, умений и навыков

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный горный университет»

Е. М. Суднева

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сборник заданий к практическим и самостоятельным работам

по курсу «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов направления 130300
«Прикладная геология»

Екатеринбург
2013

УДК 796.00
С 89

Рецензент. *А.В. Морозова*, доцент кафедры Геологии Уральского государственного горного университета

Сборник заданий рассмотрен на заседании кафедры геологии и защиты в чрезвычайных ситуациях 29 апреля 2013 г. (протокол № 8) и рекомендован для издания в УГГУ.

Суднева Е.М.

С 89

Безопасность жизнедеятельности: сборник заданий к практическим и самостоятельным работам по курсу «Безопасность жизнедеятельности» / Е. М. Суднева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 35 с.

Данный сборник составлен в полном соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования с учетом особенностей профессиональной деятельности будущих специалистов.

Сборник включает в себя задания для самостоятельной подготовки студентов к лабораторным и практическим работам.

Данный сборник поможет студентам освоить материал изучаемой дисциплины, необходимый для успешной работы в любой области их деятельности.

Для студентов всех специальностей направления 130300 – «Прикладная геология».

© Суднева Е. М., 2013

© Уральский государственный горный университет, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Практикум по теме: Здоровье и окружающая среда 6
Практикум по теме: Чрезвычайные ситуации 17
Практикум по теме: Поведенческие реакции человека
в экстремальных ситуациях 25
Акт обследования объекта и предписание 26
Образец оформления рабочей тетради по БЖД 28
Темы рефератов 29
Приложение 31

1. Практикум по теме: Здоровье и окружающая среда

В *Уставе Всемирной организации здравоохранения* говорится о высшем уровне здоровья как об одном из основных прав человека. Не менее важно право человека на информацию о тех факторах, которые определяют здоровье человека или являются факторами риска, то есть их воздействие может привести к развитию болезни.

Здоровье – это первая и важнейшая потребность человека, определяющая способность его к труду и обеспечивающая гармоническое развитие личности. Оно является важнейшей предпосылкой к познанию окружающего мира, к самоутверждению и счастью человека. Активная долгая жизнь – это важное слагаемое человеческого фактора.

Здоровье – такое состояние организма человека, когда функции всех его органов и систем уравновешены с внешней средой и отсутствуют какие-либо болезненные изменения.

Само понятие *«здоровье»* является условным и объективно устанавливается на основе антропометрических, клинических, физиологических и биохимических показателей.

По определению Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) "*здоровье* – это состояние физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов".

Вообще, можно говорить о трех видах здоровья: о здоровье физическом, психическом и нравственном (социальном):

Физическое здоровье - это естественное состояние организма, обусловленное нормальным функционированием всех его органов и систем. Если хорошо работают все органы и системы, то и весь организм человека (система саморегулирующаяся) правильно функционирует и развивается.

Психическое здоровье зависит от состояния головного мозга, оно характеризуется уровнем и качеством мышления, развитием внимания и памяти, степенью эмоциональной устойчивости, развитием волевых качеств.

Нравственное здоровье определяется теми моральными принципами, которые являются основой социальной жизни человека, т.е. жизни в определенном человеческом обществе. Отличительными признаками нравственного здоровья человека являются, прежде

всего, сознательное отношение к труду, овладение сокровищами культуры, активное неприятие нравов и привычек, противоречащих нормальному образу жизни. Физически и психически здоровый человек может быть нравственным уродом, если он пренебрегает нормами морали. Поэтому социальное здоровье считается высшей мерой человеческого здоровья. Нравственно здоровым людям присущ ряд общечеловеческих качеств, которые и делают их настоящими гражданами.

Целостность человеческой личности проявляется, прежде всего, во взаимосвязи и взаимодействии психических и физических сил организма.

Состояние здоровья определяется функцией физиологических систем организма с учётом их возрастных и половых факторов, а также зависит от географических и климатических условий.

На основе этих критериев даётся формальное заключение о состоянии здоровья при наборе в армию, приёме на работу и в учебные заведения.

Состояние здоровья не исключает уже имеющегося в организме, но ещё не обнаруженного болезнетворного начала; оно не исключает также колебаний в самочувствии человека. Следовательно, хотя понятие «здоровье» и противопоставлено понятию «болезнь», но может быть связано с ним многочисленными переходными состояниями

Динамические наблюдения и периодические обследования могут констатировать границы здоровья и болезни в стартовых условиях, когда явная патология отсутствует.

Отсюда возникают понятия об объективном и субъективном здоровье, когда, с одной стороны, при плохом самочувствии отсутствуют объективные подтверждающие его данные, с другой – когда эти данные отличаются, а самочувствие остаётся до определённого времени хорошим.

Отсюда также возникает понятие *«практически здоровый человек»* – состояние, при котором объективно имеются патологические изменения, не отражающиеся на жизненном восприятии и работоспособности человека.

В понятие здоровья вкладываются не только абсолютные качественные, но и количественные признаки, т.к. существует понятие степени здоровья.

Степень здоровья – широта адаптивных возможностей организма, определяемая социальной средой, физической тренировкой, перенесёнными заболеваниями, трудовым навыком и т.д.

Важную роль в понятии здоровья играют и *социальные факторы*, т.к. в него входят и социальная полноценность человека. Однако социальный фактор не следует считать абсолютным, потому что социальная полноценность и общественная значимость человека далеко не всегда являются тождественными понятиями.

Индивидуальное здоровье не является точно детерминируемым, что связано с большой широтой индивидуальных колебаний важнейших показателей жизнедеятельности организма, а также с многообразием факторов, влияющих на него.

Здоровье населения – статистическое понятие, характеризующееся комплексом демографических показателей: рождаемость, смертность, детская смертность, уровень физического развития, заболеваемость, средняя продолжительность жизни и др.

Здоровье населения обеспечивает условия для роста производительности труда, улучшает качественные характеристики воспроизводства населения и трудовых ресурсов. В то же время имеет место и обратное влияние – прогресс в области экономики, науки и культуры способствует улучшению здоровья населения и страны.

Большое значение для сохранения жизни и здоровья населения имеет повышение качества оказания *медицинской помощи*. В этих целях проводится укрупнение и развитие больниц и поликлиник, совершенствование профилактических форм работы.

Одной из важных форм профилактики является *диспансеризация* населения. Это активный метод

систематического наблюдения за состоянием здоровья как практически здорового населения, так и больных, страдающих длительно протекающими хроническими заболеваниями, составляющий основу профилактического направления отечественного здравоохранения.

Одним из важнейших приобретенных по наследству свойств здорового организма является постоянство внутренней среды. Это понятие ввел французский ученый *Клод Бернар* (1813 – 1878), считавший постоянство внутренней среды условием свободной и независимой жизни человека. Внутренняя среда образовалась в процессе эволюции. Она определяется в первую очередь составом и свойствами крови и лимфы.

Постоянство внутренней среды – замечательное свойство организма, которое в какой-то мере освободило его от физических и химических влияний внешней среды. Однако это постоянство – оно называется гомеостазом – имеет свои границы, определяемые наследственностью. А потому, наследственность является одним из важнейших факторов здоровья.

Организм человека приспособлен к определенным физическим (температура, влажность, атмосферное давление), химическим (состав воздуха, воды, пищи), биологическим (разнообразные живые существа) показателям окружающей среды.

Если человек длительно находится в условиях, значительно отличающихся от тех, к которым он приспособлен, нарушается постоянство внутренней среды организма, что может повлиять на здоровье и нормальную жизнь.

В наш век человек, как и все живые организмы, подвержен внешним воздействиям, которые приводят к изменениям наследственных свойств. Эти изменения называются мутационными (мутациями). Особенно возросло количество мутаций за последнее время. Отклонения от определенных, привычных свойств окружающей среды можно отнести к факторам риска заболевания. Итак, заболеваемость и смертность связаны, прежде всего, с условиями среды и образом жизни людей.

Здоровье и окружающая среда.

Немаловажное значение оказывает на здоровье и состояние

окружающей среды. Каждый из нас имеет право знать обо всех экологических изменениях, происходящих и в местности, где он живет, и во всей стране. Мы должны знать все о пище, которую употребляем, о состоянии воды, которую пьем, а медики обязаны объяснить опасность жизни в зонах, зараженных радиацией.

Вмешательство человека в регулирование природных процессов не всегда приносит желаемые положительные результаты. Нарушение хотя бы одного из природных компонентов приводит, в силу существующих между ними взаимосвязей, к перестройке сложившейся структуры природно-территориальных компонентов. Загрязнение поверхности суши, гидросферы, атмосферы и Мирового океана, в свою очередь, сказывается на состоянии здоровья людей, эффект "озоновой дыры" влияет на образование злокачественных опухолей, загрязнение атмосферы на состояние дыхательных путей, а загрязнение вод – на пищеварение, резко ухудшает общее состояние здоровья человечества, снижает продолжительность жизни.

В настоящее время хозяйственная деятельность человека все чаще становится основным источником загрязнения биосферы. В природную среду во все больших количествах попадают газообразные, жидкие и твердые отходы производств. Различные химические вещества, находящиеся в отходах, попадая в почву, воздух или воду, переходят по экологическим звеньям из одной цепи в другую, попадая, в конце концов, в организм человека.

На земном шаре практически невозможно найти место, где бы не присутствовали в той или иной концентрации загрязняющие вещества. Даже во льдах Антарктиды, где нет никаких промышленных производств, а люди живут только на небольших научных станциях, ученые обнаружили различные токсичные (ядовитые) вещества современных производств. Они заносятся сюда потоками атмосферы с других континентов.

Вещества, загрязняющие природную среду, очень разнообразны. В зависимости от своей природы, концентрации, времени действия на организм человека они могут вызвать различные неблагоприятные последствия. Кратковременное воздействие небольших концентраций таких веществ может вызвать головокружение, тошноту, першение в горле, кашель. Попадание в организм человека больших концентраций токсических веществ может привести к потере

сознания, острому отравлению и даже смерти. Примером подобного действия могут являться смоги, образующиеся в крупных городах в безветренную погоду, или аварийные выбросы токсичных веществ промышленными предприятиями в атмосферу.

Реакции организма на загрязнения зависят от индивидуальных особенностей: возраста, пола, состояния здоровья. Как правило, более уязвимы дети, пожилые и престарелые, больные люди.

Кроме химических загрязнителей в природной среде встречаются и биологические, вызывающие у человека различные заболевания. Это болезнетворные микроорганизмы, вирусы, гельминты, простейшие. Они могут находиться в атмосфере, воде, почве, в теле других живых организмов, в том числе и в самом человеке.

Специфика среды обитания человека заключается в сложнейшем переплетении социальных и природных факторов. На заре человеческой истории природные факторы играли решающую роль в эволюции человека. На современного человека воздействие природных факторов в значительной степени нейтрализуется социальными факторами. В новых природных и производственных условиях человек в настоящее время нередко испытывает влияние весьма необычных, а иногда чрезмерных и жестких факторов среды, к которым эволюционно он еще не готов.

Человек, как и другие виды живых организмов, способен адаптироваться, то есть приспосабливаться к условиям окружающей среды. Адаптацию человека к новым природным и производственным условиям можно охарактеризовать как совокупность социально-биологических свойств и особенностей, необходимых для устойчивого существования организма в конкретной экологической среде.

В настоящее время значительная часть болезней человека связана с ухудшением экологической обстановки в нашей среде обитания: загрязнением атмосферы, воды и почвы, недоброкачественными продуктами питания, возрастанием шума.

Приспосабливаясь к неблагоприятным экологическим условиям, организм человека испытывает состояние напряжения, утомления.

Напряжение – мобилизация всех механизмов, обеспечивающих определенную деятельность организма человека. В зависимости от величины нагрузки, степени подготовки организма, его функционально-структурных и энергетических ресурсов снижается возможность функционирования организма на заданном уровне, то есть наступает утомление.

Кроме этого, необходимо учитывать еще объективный фактор воздействия на здоровье – *наследственность*. Это присущее всем организмам свойство повторять в ряду поколений одинаковые признаки и особенности развития, способность передавать от одного поколения к другому материальные структуры клетки, содержащие программы развития из них новых особей.

Влияют на наше здоровье и биологические ритмы. Одной из важнейших особенностей процессов, протекающих в живом организме, является их ритмический характер.

В настоящее время установлено, что свыше трехсот процессов, протекающих в организме человека, подчинены суточному ритму.

Наследственные болезни, вызванные плохой экологической обстановкой:

Влияние солей тяжелых металлов на наследственность.

Тяжелые металлы – высокотоксичные вещества, долго сохраняющие свои ядовитые свойства. По данным Всемирной Организацией Здравоохранения, они уже сейчас занимают второе место по степени опасности, уступая пестицидам и значительно опережая такие широко известные загрязнители, как двуокись углерода и серы. В прогнозе же они должны стать самыми опасными, более опасными, чем отходы АЭС (второе место) и твердые отходы (третье место).

Отравление солями тяжелых металлов начинается еще до рождения человека. Соли тяжелых металлов проходят через плаценту, которая вместо того, чтобы оберегать плод, день за днем его отравляет. Нередко концентрация вредных веществ у плода даже выше, чем у матери. Младенцы появляются на свет с пороками развития мочеполовой системы, до 25 процентов малышей – с

отклонениями от нормы при формировании почек. Зачатки внутренних органов появляются уже на пятой неделе беременности и с этого момента испытывают на себе влияние солей тяжелых металлов, а поскольку они влияют и на организм матери, выводя из строя почки, печень, нервную систему, не стоит удивляться, что сейчас практически не встретишь нормальных физиологических родов, а малыши приходят в эту жизнь с недостатком веса, с физическими и психическими пороками развития.

И с каждым годом жизни соли тяжелых металлов, растворенные в воде, прибавляют им болезней или усугубляют врожденные заболевания, прежде всего органов пищеварения и почек. Нередко у одного ребенка страдают 4-6 систем в организме. Мочекаменная и желчекаменная болезни – своего рода индикатор неблагополучия, а они теперь встречаются даже у дошколят. Есть и другие тревожные сигналы. Так, превышение уровня свинца приводит к снижению интеллекта. Психологическое обследование показало, что таких детей у нас до 12 процентов.

Какие же мероприятия должны обеспечить сегодня охрану здоровья человека и среды его обитания от вредного влияния техногенных металлов? Можно обозначить два основных пути: санитарно-технический – уменьшение содержания металлов в объектах внешней среды до предельно допустимых (безопасных) уровней путем внедрения архитектурно-планировочных, технологических, технических и других мероприятий; гигиенический – научная разработка допустимых уровней содержания их во внешней среде, требований и рекомендаций в сочетании с постоянным контролем состояния и качества этой среды.

Профилактика хронических интоксикаций металлами и их соединениями должна обеспечиваться прежде всего их заменой, где это возможно, на безвредные или менее токсичные вещества. В случаях же, когда не представляется реальным исключить их применение, необходима разработка таких технологических схем и конструкций, которые бы резко ограничивали возможность загрязнения ими воздуха производственных помещений и наружной атмосферы. В отношении транспорта, являющегося, как об этом было сказано выше, одним из значительных источников выброса свинца в атмосферу, следует повсеместно внедрять экологически чистое

горючее. Весьма радикальным средством является создание безотходных или малоотходных технологий.

Наряду с указанными выше мероприятиями необходимо постоянное осуществление эффективного контроля над уровнем содержания металлов в организме. С этой целью при медицинском обследовании работающих и населения в случаях их контакта с техногенными металлами должно проводиться определение их в биологических средах организма крови, моче, волосах.

Краткая характеристика экологической обстановки в России

Из всех предприятий России, выбрасывающих вредные вещества в атмосферу и водоемы – 33% дают предприятия металлургии, 29% – энергетические объекты, 7% – химические, 8% – угольной промышленности. Более половины выбросов приходится на транспорт. Особенно тяжелая обстановка складывается в городах, где велика концентрация населения. В России определены 55 городов, в которых уровень загрязнения очень велик. Ежегодно в нашей стране улавливается и обезвреживается лишь около 76 % общего количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Значительно хуже дело обстоит с очисткой сточных вод: 82% сбрасываемых вод не подвергается очистке. Реки Волга, Дон, Енисей, Лена, Кубань, Печора загрязнены органикой, соединениями азота, тяжелыми металлами, фенолами, нефтепродуктами. В настоящее время свыше 70 миллионов человек дышат воздухом, насыщенным опасными для здоровья веществами, в пять и более раз превышающими предельно допустимые концентрации (ПДК). В окружающую среду человеком введено около 4 миллионов химических соединений, из которых лишь немногие изучены на токсическое воздействие.

В России имеется около 30 тысяч предприятий и объектов, использующих радиоактивные вещества и изделия на их основе.

Большой урон экосистемам на территории России нанесен ядерными испытаниями. На полигонах Новой Земли произвели 118 поверхностных и подземных ядерных взрывов – их последствия выяснены не до конца.

Санитарно-эпидемиологическая обстановка в РФ

XX век породил неоправданный оптимизм в отношении того,

что с инфекционными болезнями в скором времени будет покончено. Однако события последних десятилетий показали, что в мире резко активизировались такие инфекции, как туберкулёз, малярия, которые становятся основной причиной смертности; как в России, так и в других странах вновь заявляет о себе дифтерия.

Эпидемиологическая ситуация, сложившаяся в последние годы, остаётся напряжённой. Ежегодно в РФ регистрируется от 33 до 44 миллионов случаев инфекционных заболеваний.

Одной из самых актуальных медицинских и социально-экономических проблем остаётся грипп и ОРВИ.

В РФ (в отличие от ведущих стран мира) до настоящего времени отсутствует производство отечественной вакцины против краснухи. В этих условиях краснуха остаётся неуправляемой инфекцией с возникновением каждые 10 - 12 лет эпидемий. Во время эпидемий краснуха может стать причиной уродств более чем у 2% детей, родившихся живыми.

Динамика заболеваемости почти по всей группе кишечных инфекций в истекшем году имела тенденцию к снижению. Стабилизировалась заболеваемость сальмонеллёзом, острой кишечной инфекцией неустановленной этиологии, ротовирусным инфекционным кампиллобактериозом. Однако ежегодно в стране регистрируется до 100 вспышек кишечных инфекций пищевого и водного характера.

Серьёзной проблемой здравоохранения продолжают оставаться вирусные гепатиты, наносящие ущерб как здоровью населения, так и экономике страны.

Особенно тяжёлое положение складывается по социально обусловленным заболеваниям. Стремительность нарастания масштабов пандемии заболевания, вызываемого вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ-инфекции), в мире, отсутствие надёжных средств профилактики и лечения позволяет отнести эту проблему к одной из самых острых

Состояние здоровья детей, проживающих в городах и населённых пунктах с высоким уровнем загрязнения

атмосферного воздуха (Подольск, Ярославль, Воскресенск, Новокузнецк, Салават, Пермь, Казань, Мончегорск) характеризуется значительным снижением неспецифической сопротивляемости организма к развитию инфекционных и других заболеваний.

Проблема многих населенных пунктов – наличие многочисленных мобильных и стационарных источников шума. Более 30% жителей городов РФ подвержены действию сверхнормативных уровней шума и вибрации.

Безопасность и качество пищевых продуктов и продовольственного сырья является одним из основных факторов, определяющих здоровье населения и сохранение его генофонда. Более 5% продукции не отвечает гигиеническим требованиям по содержанию антибиотиков, что влияет также на аллергизацию населения, прежде всего детей.

Негативное влияние на состояние здоровья оказывают также неблагоприятные условия труда, повышающие риск появления профессиональной патологии.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОКЛАДА:

Здоровье населения России.

Здоровье населения Свердловской области.

Здоровье жителей города Екатеринбурга.

План:

1.Месторасположение населенного пункта

2. Демография

3. Состояние техносферной, природной, социальной среды области (города)

4. Здравоохранение (заболеваемость взрослых и детей)

2. Практикум по теме: Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной

территории, акватории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, стихийного бедствия, эпидемии, эпизоотии, эпифитотии, которая может повлечь или повлекла за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение жизнедеятельности людей.

Эпидемия – распространение какой-либо инфекционной болезни человека, значительно превышающее уровень обычной (спорадической) заболеваемости на данной территории.

Эпизоо́тия – широкомасштабное распространение инфекционной болезни среди одного или многих видов животных на определённой территории, значительно превышающее уровень заболеваемости, обычно регистрируемый на данной территории.

Эпифитотия – массовое развитие инфекционной болезни растений на значительной территории в определённый период.

«О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 мая 2007 года № 304 г. Москва.

Во исполнение Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Установить, что чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера подразделяются на:

а) чрезвычайную ситуацию локального характера, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее – *зона чрезвычайной ситуации*), не выходит за пределы территории объекта, при этом количество людей, погибших или получивших ущерб здоровью (далее – *количество пострадавших*), составляет не более 10 человек, либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее – *размер материального ущерба*) составляет не более 100 тыс. рублей;

б) чрезвычайную ситуацию муниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного поселения или внутригородской территории города федерального значения, при этом количество

пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей, а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к чрезвычайной ситуации локального характера;

в) чрезвычайную ситуацию межмуниципального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более поселений, внутригородских территорий города федерального значения или межселенную территорию, при этом количество пострадавших составляет не более 50 человек либо размер материального ущерба составляет не более 5 млн. рублей;

г) чрезвычайную ситуацию регионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

д) чрезвычайную ситуацию межрегионального характера, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов Российской Федерации, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн. рублей, но не более 500 млн. рублей;

е) чрезвычайную ситуацию федерального характера, в результате которой количество пострадавших составляет свыше 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 500 млн. рублей».

Задание: выбрать чрезвычайную ситуацию техногенного, природного или биолого-социального характера, данные внести в таблицу № 1. Код ЧС смотреть приложении № 1.

Таблица № 1

Формы статистического учета данных о чрезвычайных ситуациях.

Техногенные чрезвычайные ситуации (форма № 7/ЧС)

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Время возникновения ЧС:	
	московское (час, мин.)	
	местное (час, мин.)	
5	Место: страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
6	Общая площадь зоны ЧС (кв.км.)	
7	Объект экономики (наименование)	
	отрасль	
	министерство (ведомство)	
	форма собственности	
8	Номер лицензии, дата и кем выдана	
	Дата утверждения декларации, кем утверждена	
	Номер страхового документа, дата, кем выдан	
9	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
10	Причины возникновения ЧС	
11	Поражающие факторы источника ЧС	
12	Основные характеристики ЧС	
13	Мероприятия по ликивдации ЧС:	
	аварийно-спасательные работы (перечень/длительность, час)	
	аварийно-восстановительные работы (перечень/длительность час)	
14	Силы и средства, задействованные в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС наименование/количество чел.	
	техника наименование/количество ед.	
	материальные ресурсы перечень/количество	
15	Работы по организации защиты населения:	
	инженерная защита:	
	укрытие в защитных сооружениях различных типов, (чел.)	
	радиационно-химическая защита:	
	выдано средств индивидуальной защиты (чел.)	
	медицинская защита:	

	население которому была оказана медицинская помощь (чел.)	
	госпитализировано (чел.)	
	в т.ч. детей до 14 лет, (чел.)	
	эвакуационные мероприятия:	
	всего эвакуировано из зоны ЧС, (чел.)	
	в том числе:	
	автомобильным транс-ом (чел.)	
	железнодорожным транс-ом (чел.)	
	авиационным транс-ом (чел.)	
	морским (речным) транс-ом (чел.)	
	транспортные средства эвакуации, кол-во единиц, по видам	
	расчетное время на проведение эвакуации (час, мин.)	
	районы размещения эвакуируемого населения	
16	Состояние зданий и сооружений, ед.:	
	разрушено всего	
	повреждено всего	
	уничтожено всего	
17	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. (млн.) руб.)	
18	Потери, чел. пострадавшие/пораженные/погибшие	
	население:	
	дети до 14 лет	
	взрослые от 14 до 60 лет	
	старше 60 лет	
	промперсонал	
	личный состав сил РСЧС	
19	Дополнительная текстовая информация	
20	Мероприятия по предупреждению ЧС	

«_____»_____20____ г._____
_____

(фамилия, И.**О**. № телефона и и подпись исполнителя)

(фамилия, И., О., № телефона и подпись руководителя)

Природные чрезвычайные ситуации (форма № 8/ЧС)

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Время возникновения ЧС:	
	московское (час, мин.)	
	местное (час, мин.)	
5	Место: страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
6	Общая площадь зоны ЧС (кв.км.)	
7	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
8	Причины возникновения ЧС	
9	Поражающие факторы источника ЧС	
10	Основные характеристики ЧС	
11	Мероприятия по ликвидации ЧС:	
	аварийно-спасательные работы (перечень/длительность, час)	
	аварийно-восстановительные работы (перечень/длительность час)	
12	Силы и средства, задействованные в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС (наименование/количество чел.)	
	техника (наименование/количество ед.)	
	расход материальных ресурсов (перечень/количество израсходованных)	
13	Работы по организации защиты населения:	
	инженерная защита:	
	укрытие в защитных сооружениях различных типов, (чел.)	
	радиационно-химическая защита:	
	выдано средств индивидуальной защиты чел.)	
	медицинская защита:	
	население которому была оказана медицинская помощь (чел.)	
	госпитализировано (чел.)	

	в т.ч. детей до 14 лет, (чел.)	
	эвакуационные мероприятия:	
	всего эвакуировано из зоны ЧС, (чел.)	
	в том числе:	
	автомобильным транспортом (чел.)	
	железнодорожным транспортом (чел.)	
	авиационным транспортом (чел.)	
	морским (речным) транспортом (чел.)	
	транспортные средства эвакуации, кол-во единиц, по видам	
	расчетное время на проведение эвакуации (час, мин.)	
	районы размещения эвакуируемого населения	
14	Состояние зданий и сооружений, ед.:	
	разрушено всего	
	повреждено всего	
	уничтожено огнем всего	
15	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. (млн.) руб.)	
16	Потери, чел. пострадавшие/пораженные/погибшие	
	население:	
	дети до 14 лет	
	взрослые от 14 до 60 лет	
	старше 60 лет	
	промперсонал	
	личный состав сил РСЧС	
17	Сельскохозяйственные животные:	
	погибло (тыс. голов)	
	эвакуировано из опасных зон (тыс. голов)	
	вынужденный забой (тыс. голов)	
18	Уничтожено сельскохозяйственных угодий (тыс.га)	
19	Дополнительная текстовая информация	
20	Мероприятия по предупреждению ЧС	

«_____»_____200____ г.

_____ _____

(фамилия, И. О., № телефона и и подпись исполнителя)

(фамилия, И. О., № телефона и подпись руководителя)

Биолого-социальные чрезвычайные ситуации (форма № 9 ЧС)

№ п/п	Наименование показателей	Показатели
1	Классификация ЧС	
2	Код ЧС	
3	Дата возникновения ЧС	
	Дата ликвидации ЧС	
4	Место, страна	
	субъект Федерации	
	город	
	населенный пункт	
5	Общая площадь зоны ЧС (кв. км.)	
6	Метеоданные: температура (град)	
	направление и скорость ветра (м/с)	
	влажность (%)	
	осадки (вид, количество)	
7	Причины возникновения ЧС	
8	Вид бактериального средства, возбудитель	
9	Основные характеристики ЧС:	
9.1	эпидемия:	
	выявлено заболевших (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
	госпитализировано (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
	умерло (чел.)	
	в том числе детей до 14 лет	
9.2	эпизоотия:	
	всего по учету (тыс.голов)	
	выявлено заболевших (тыс. голов)	
	из них погибло (тыс. голов)	
9.3	эпифитотия:	
	всего по учету (тыс. га)	
	потери всего (тыс. га)	
10	Мероприятия по ликвидации ЧС:	
10.1	противоэпидемические:	
	эвакуировано из опасных зон (чел.)	
	организована обсервация	
	введен карантин	
10.2	противоэпизоотические:	
	эвакуировано из опасных зон (тыс. голов)	
	оказана ветеринарная помощь (тыс. голов)	
10.3	противоэпифитотические:	
	обработано зараженных с/х культур (мест скопления вредителей) (тыс. га)	
11	Силы и средства, участвовавшие в ликвидации ЧС:	
	личный состав РСЧС наименование/количество чел.)	

	техника (наименование количество ед.)	
	расход материальных ресурсов (перечень/количество израсходованных)	
12	Нанесенный материальный ущерб, (тыс. млн.) руб.)	
13	Дополнительная текстовая информация	
14	Мероприятия по предупреждению ЧС	

«_____»_____200____ г.

_____ _____

(фамилия, И., О., № телефона и и подпись исполнителя)

(фамилия, И., О., № телефона и подпись руководителя)

3. Практикум по теме: Поведенческие реакции человека в экстремальных ситуациях

Экстремальная ситуация – это такое усложнение условий жизни и деятельности, которое приобрело для личности, группы особую значимость. Любая ситуация предполагает включенность в нее субъекта. Поэтому экстремальная ситуация воплощает в себе единство объективного и субъективного. Объективное — это крайне усложненные внешние условия и процесс деятельности; субъективное — психологическое состояние, установки, способы действий в резко изменившихся обстоятельствах. Экстремальная ситуация может иметь разные формы проявления: а) понижение организованности поведения; б) – торможение действий и движения; в) повышение эффективности деятельности. Экстремальная ситуация может быть скоропреходящей или длительной. При определении пригодности человека к той или иной профессии необходимо определить и учитывать, наряду с особенностями психических процессов и свойств личности, его потенциальную возможность вырабатывать и сохранять готовность к активным действиям в экстремальных ситуациях.

Задание по Экстремальной ситуации:

План (на примере прохождения практики в окрестностях города Сухой Лог):

1. Инструктаж по технике безопасности.
2. Адаптационный синдром (место, условия проживания).
3. Воздействие окружающей среды на биохимическое состояние человека.
4. Физиологическое состояние (заболевание индивида и окружающих, какое было заболевание, чем лечились, какова была реакция на укус клеща).
5. Умственная и физическая работоспособность.
6. Отъезд.

4. Акт обследования объекта и предписание

Образец

Акт-предписание N _____

_____
(наименование проверяемой организации
или индивидуального предпринимателя и
вышестоящей организации)

_____

_____
(должность, Ф.И.О. представителя
юридического лица или представителя
индивидуального предпринимателя)

Мною, государственным инспектором по энергетическому надзору Управления государственного энергетического надзора _____комиссией в составе:_____
(фамилия, имя, отчество, должность)

_____

_____

на основании распоряжения (приказа) органа государственного энергетического надзора
_____ от_____ 20__ г N _____

_____

в присутствии_____
(должность, фамилия, имя, отчество)

в период с _____ по _____200 г. проведена проверка

_____
(вид проверки)

_____
(наименование проверяемой организации)

по теме_____

Краткая характеристика установленного оборудования, характеристика сетей:

_____

_____

В результате проведенной проверки установлено:
1._____
2._____
3._____

Предписание

В порядке государственного энергетического надзора предлагается выполнить
следующие мероприятия по устранению выявленных нарушений:

_____
_____

Срок исполнения_____

Выводы:

1._____
2._____

Информацию о выполнении настоящего акта-предписания представлять

_____
(Куда, кому, срок и порядок представления)

Инспектор
(старший группы, председатель комиссии,
члены комиссии)
(личный штамп) _____
_____
(подпись) (Ф.И.О.)

При проверке присутствовали:

_____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Акт-предписание (_____ экз.) для исполнения получил:

_____ _____ _____
(руководитель проверяемой организации) (подпись) (Ф.И.О.)

Рег. N _____

5. Образец оформления титульного листа рабочей тетради по БЖД

Практика:

ЧС	тэс	коп	Риск р	Риск п	Отравления	Термические поражения	Десмургия	пмп	Акт обследования	ГОЧС	отчеты				реферат
											город	чс	эс		

Теория:

Медицина, БЖД	ЧС	Риск, несчастные случаи, ошибки	Техногенные опасности	Природные опасности

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Автономное выживание человека в природной среде
2. Обеспечение безопасности в геологии
3. Обеспечение безопасности на предприятии горно-добывающей промышленности
4. Обеспечение безопасности на промышленно опасных объектах
5. Психология поведения людей в мультипликативных ЧС (на примере природных и техногенных ЧС)
6. Методы психофизиологической коррекции пострадавших в ЧС
7. Поведенческие реакции человека в ЧС (на примере стихийных бедствий)
8. Психология выживания в ЧС (на примере природных и техногенных ЧС)
9. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на предприятии по обогащению урана
10. Научно-технический прогресс и безопасность труда
11. Производственный травматизм в России
12. Радиоактивные излучения как источник информации о предприятиях атомной промышленности и их продукции
13. Расследование и учет нарушений при обращении с радиационными источниками и радиоактивными веществами в России
14. Влияние электромагнитных излучений на организм человека и способы борьбы с ними
15. Вопросы совершенствования оценки травмобезопасности рабочих мест при их аттестации по условиям труда
16. Обеспечение пожарной безопасности на производственном объекте
17. Обеспечение пожарной безопасности на геологическом предприятии
18. Назначение и классификация защитных сооружений
19. Влияние изменений окружающей среды на здоровье человека
20. Обеспечение безопасности Жизнедеятельности на ЖД транспорте

21. Безопасность жизнедеятельности на предприятиях повышенной опасности
22. Инженерная психология
23. Защита окружающей среды от подвижных источников выбросов
24. Выживание в экстремальных ситуациях
25. Разработка стандарта рабочего места
26. Поведение человека в аварийных ситуациях
27. Обеспечение безопасности жизнедеятельности при эпизоотии, эпидемии, эпифитотии
28. Последствия техногенного последствия на биосферу
29. Воздействие производственных вибрации и шума на организм человека
30. Законодательное и нормативно-правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности
31. Информационно- психологическая безопасность
32. Основные угрозы экономической безопасности РФ
33. Психологические свойства личности и воздействие различных видов трудовой деятельности на исполнителей

Приложение 1

Перечень чрезвычайных ситуаций, подлежащих государственному статистическому учету

Наименование источника ЧС	Код ЧС
I.Техногенные чрезвычайные ситуации	10000
1.1. Транспортные аварии (катастрофы)	10100
1.1.1. Аварии грузовых поездов	10101
1.1.2. Аварии пассажирских поездов и поездов метрополитена	10102
1.1.3. Аварии грузовых судов и флота рыбной промышленности	10103
1.1.4 Аварии (катастрофы) пассажирских судов	10104
1.1.5. Авиационные катастрофы в аэропортах и населенных пунктах	10105
1.1.6. Авиационные катастрофы вне аэропортов и населенных пунктов	10106
1.1.7 Аварии (катастрофы) на автодорогах (крупные автомобильные катастрофы)	10107
1.1.8. Аварии транспорта на мостах, в тоннелях, горных выработках, на железнодорожных переездах.	10108
1.1.9. Аварии на магистральных трубопроводах	10109
1.1.10. Аварии на внутрипромысловых нефтепроводах	10110
1.1.11. Аварии с плавучими буровыми установками и буровыми судами	10111
1.2. Пожары и взрывы (с возможным последующим горением)	10200
1.2.1. Пожары (взрывы) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании промышленных объектов	10201
1.2.2. Пожары (взрывы) на объектах добычи, переработки и хранения легковоспламеняющихся, горючих и взрывчатых веществ.	10202
1.2.3. Пожары (взрывы) на транспорте и судах рыбной промышленности	10203
1.2.4. Пожары (взрывы) в шахтах, подземных и горных выработках, метрополитенах.	10204
1.2.5. Пожары (взрывы) в зданиях и сооружениях жилого, социально-бытового, культурного назначения.	10205
1.2.6. Обнаружение неразорвавшихся боеприпасов	10206
1.2.7. Обнаружение, утрата взрывчатых веществ (боеприпасов)	10207
1.2.8. Пожары (взрывы) на магистральных газонефтепродуктопроводах	10208

1.3. Аварии с выбросом (угрозой выброса (аварийно химически опасных веществ (АХОВ)	10300
1.3.1. Аварии с выбросом (угрозой выброса) АХОВ при их производстве, переработке или хранении (захоронении)	10301
1.3.2. Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) АХОВ	10302
1.3.3. Образование и распространение АХОВ в процессе химических реакций, начавшихся в результате аварии	10303
1.3.4. Аварии с боевыми отравляющими веществами	10304
1.3.5. Обнаружение (утрата) источников АХОВ	10305
1.3.6. Внезапные выбросы метана, углекислого газа и других ядовитых веществ и газов	10306
1.3.7. Выбросы на нефтяных и газовых месторождениях (открытые фонтаны нефти и газа)	10307
1.4. Аварии с выбросом (угрозой выброса) радиоактивных веществ (РВ)	10400
1.4.1. Аварии на АЭС, атомных энергетических установках производственного и научно-исследовательского назначения с выбросом (угрозой выброса) РВ	10401
1.4.2. Аварии с выбросом (угрозой выброса) РВ на предприятиях ядерно-топливного цикла	10402
1.4.3. Аварии транспортных средств и космических аппаратов с ядерными установками или грузом РВ на борту	10403
1.4.4. Аварии при промышленных и испытательных ядерных взрывах с выбросом (угрозой выброса) РВ	10404
1.4.5. Аварии с ядерными боеприпасами в местах их хранения, эксплуатации, уничтожения или при транспортировке.	10405
1.4.6. Обнаружение (утрата) источников ионизирующих излучений	10406
1.5.Аварии с выбросом (угрозой выброса) опасных биологических веществ (ОБВ)	10500
1.5.1. Аварии с выбросом (угрозой выброса) ОБВ на предприятиях и в научно-исследовательских учреждениях (лабораториях)	10501
1.5.2. Аварии на транспорте с выбросом (угрозой выброса) ОБВ	10502
1.5.3. Обнаружение (утрата) ОБВ	10503
1.6. Внезапное обрушение зданий, сооружений, пород	10600
1.6.1.Обрушение элементов транспортных коммуникаций	10601
1.6.2. Обрушение производственных зданий и сооружений	10602
1.6.3. Обрушение зданий и сооружений жилого, социально-бытового и культурного назначения	10603
1.6.4. Обрушение пород и полезных ископаемых в горных выработках, включая карьеры.	10604

1.6.5. Авария на подземном сооружении	10605
1.7. Аварии в электроэнергетических системах	10700
1.7.1. Аварии на автономных электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения потребителей	10701
1.7.2. Аварии в электроэнергетических системах (сетях) с долговременным перерывом электроснабжения основных потребителей или обширных территорий	10702
1.7.3. Выход из строя транспортных электрических контактных сетей	10703
1.8. Аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения	10800
1.8.1. Аварии на канализационных системах с массовым выбросом загрязняющих веществ	10801
1.8.2. Аварии в системах снабжения населения питьевой водой	10802
1.8.3. Аварии на тепловых сетях (системах горячего водоснабжения) в холодное время года	10803
1.8.4. Аварии на коммунальных газопроводах	10804
1.9. Аварии на очистных сооружениях	10900
1.9.1. Аварии на очистных сооружениях сточных вод промышленных предприятий с массовым выбросом загрязняющих веществ	10901
1.9.2. Аварии на промышленных установках по очистке газов (массовый выброс загрязняющих веществ)	10902
1.10. Гидродинамические аварии	11000
1.10.1. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек, др) с образованием волн прорыва и катастрофических затоплений	11001
1.10.2. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др) с образованием прорывного паводка	11002
1.10.3. Прорывы плотин (дамб, шлюзов, перемычек и др), повлекшие смыв плодородных почв или отложение наносов на обширных территориях	11003
1.10.4. Прорывы плывунов, пульпы и глинистой массы, а также затопление водой действующих горных выработок при разработке полезных ископаемых	11004
1.10.5. Размыв береговой полосы штормовыми нагонами	11005
2.Природные чрезвычайные ситуации	20000
2.1. Опасные геофизические явления	20100
2.1.1. Землетрясения	20101
2.1.2. Извержения вулканов	20102
2.2. Опасные геологические явления	20103
2.2.1. Оползни	20201
2.2.2. Сели	20202
2.2.3. Обвалы,осыпи	20203
2.2.4. Склоновой смыв	20204

2.2.5. Просадка лессовых пород	20205
2.2.6. Каретовая просадка (провал) земной поверх-ности	20206
2.2.7. Абразия, эрозия	20207
2.2.8. Лурумы	20208
2.2.9. Повышение уровня грунтовых вод	20209
2.3. Опасные метеорологические (агрометеороло-гические) явления	20300
2.3.1. Бури (9-11 баллов)	20301
2.3.2. Ураганы (12-15 баллов)	20302
2.3.3. Смерчи, торнадо	20303
2.3.4. Шквалы	20304
2.3.5. Вертикальные вихри	20305
2.3.6. Крупный град	20306
2.3.7. Сильный дождь (ливень)	20307
2.3.8. Сильный снегопад	20308
2.3.9. Сильный гололед	20309
2.3.10. Сильный мороз	20310
2.3.11. Сильная метель	20311
2.3.12. Сильная жара	20312
2.3.13. Сильный туман	20313
2.3.14. Засуха	20314
2.3.15. Суховей	20315
2.3.16. Заморозки	20316
2.3.17. Лавины	20317
2.3.18. Пыльные бури	20318
2.4. Морские опасные гидрологические явления	20400
2.4.1. Тропические циклоны (тайфуны)	20401
2.4.2. Цунами	20402
2.4.3. Сильное волнение (5 балов и более)	20403
2.4.4. Сильное колебание уровня моря	20404
2.4.5. Сильный тягун в портах	20405
2.4.6. Ранний ледяной покров и припай	20406
2.4.7. Напор льдов, интенсивный дрейф льдов	20407
2.4.8. Непроходимый (труднопроходимый) лед	20408
2.4.9. Обледенение судов и портовых сооружений	20409
2.4.10. Отрыв прибрежных льдов	20410
2.4.11. Затирание плавсредств и их гибель напором льда	20411
2.5. Опасные гидрологические явления	20500
2.5.1. Высокие уровни воды (наводнения, половодье, дождевые паводки, заторы, ветровые нагоны)	20501
2.5.2. Низкие уровни вод	20502
2.5.3. Ранний ледостав	20503
2.6. Природные пожары	20600

2.6.1. Лесные пожары	20601
2.6.2. Пожары степных и хлебных массивов	20602
2.6.3. Торфяные пожары	20603
2.6.4. Подземные пожары горючих ископаемых	20604
3. Биолого-социальные чрезвычайные ситуации	30000
3.1. Инфекционная заболеваемость людей	30100
3.1.1. Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний	30101
3.1.2. Групповые случаи опасных инфекционных заболеваний	30102
3.1.3. Эпидемическая вспышка особо опасных инфекционных заболеваний	30103
3.1.4.Эпидемия	30104
3.1.5.Пандемия	30105
3.1.6.Инфекционные заболевания людей невыявленной этиологии	30106
3.2.Инфекционная заболеваемость сельскохозяйственных животных	30200
3.2.1.Единичные случаи экзотических и особо опасных инфекционных заболеваний	30201
3.2.2.Энзоотия	30202
3.2.3.Эпизоотии	30203
3.2.4.Панзоотии	30204
3.2.5.Инфекционные заболевания сельскохозяйственных животных и водных организмов (гидробионтов) невыявленной этиологии	30205
3.2.6.Инфекционные заболевания водных животных и гидробионтов	30206
3.3.Поражение сельскохозяйственных растений болезнями и вредителями	30300
3.3.1.Прогрессирующая эпифитотия	30301
3.3.2.Панфитотия	30302
3.3.3.Болезни сельскохозяйственных растений невыявленной этиологии	30303
3.3.4.Массовое распространение вредителей растений	30304

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой,



_____ Д.Ф. Шулиманов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрен на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Протокол № 2 от 18.09.2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……..3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……....9
Критерии оценивания контрольной работы ……9
Образец титульного листа ……..……...10

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен 1 вариант контрольной работы.

Содержание контрольной работы

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и

		кровообращения, физическая работоспособность В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и

		экономичность дыхания и кровообращения. Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма

21	Систематические и грамотно организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1

27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	Укажите их целесообразную последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники

	упражнения. Выбор метода зависит от	В) количества элементов, составляющих двигательное действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2020

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрены на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

Шулиманов Д.Ф.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 18.09.2020

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы …….3
Требования к оформлению теста ……..…….....3
Содержание теста…….....3
Содержание опроса…….....9
Выполнение работы над ошибками……...……..11

Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Физическая культура и спорт» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

Требования к оформлению теста

Задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в тесте.

Выполненный тест необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если тест выполнен без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «физическая культура и спорт» представлен, тест, вопросы для проведения опроса.

Содержание теста

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1	Физическая культура представляет собой:	А) учебный предмет в школе Б) выполнение физических упражнений В) процесс совершенствования возможностей человека Г) часть общей культуры общества
2	Физическая подготовленность, приобретаемая в процессе физической подготовки к трудовой или иной деятельности, характеризуется:	А) высокой устойчивостью к стрессовым ситуациям, воздействию неблагоприятных условий внешней среды и различным заболеваниям Б) уровнем работоспособности и запасом двигательных умений и навыков В) хорошим развитием систем дыхания, кровообращением, достаточным запасом надежности, эффективности и экономичности Г) высокими результатами в учебной, трудовой и спортивной деятельности
3	Под физическим развитием понимается:	А) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни Б) размеры мускулатуры, формы тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность

		В) процесс совершенствования физических качеств при выполнении физических упражнений Г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом
4	Физическая культура ориентирована на совершенствование	А) физических и психических качеств людей Б) техники двигательных действий В) работоспособности человека Г) природных физических свойств человека
5	Отличительным признаком физической культуры является:	А) развитие физических качеств и обучение двигательным действиям Б) физическое совершенство В) выполнение физических упражнений Г) занятия в форме уроков
6	В иерархии принципов в системе физического воспитания принцип всестороннего развития личности следует отнести к:	А) общим социальным принципам воспитательной стратегии общества Б) общим принципам образования и воспитания В) принципам, регламентирующим процесс физического воспитания Г) принципам обучения
7	Физическими упражнениями называются:	А) двигательные действия, с помощью которых развивают физические качества и укрепляют здоровье Б) двигательные действия, дозируемые по величине нагрузки и продолжительности выполнения В) движения, выполняемые на уроках физической культуры и во время утренней гимнастики Г) формы двигательных действий, способствующие решению задач физического воспитания
8	Нагрузка физических упражнений характеризуется:	А) подготовленностью занимающихся в соответствии с их возрастом, состоянием здоровья, самочувствием во время занятия Б) величиной их воздействия на организм В) временем и количеством повторений двигательных действий Г) напряжением отдельных мышечных групп
9	Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:	А) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий Б) степенью преодолеваемых при их выполнении трудностей В) утомлением, возникающим при их выполнении Г) частотой сердечных сокращений
10	Если ЧСС после выполнения упражнения восстанавливается за 60 сек до уровня, который был в начале урока, то это свидетельствует о том, что нагрузка	А) мала и ее следует увеличить Б) переносится организмом относительно легко В) достаточно большая и ее можно повторить Г) чрезмерная и ее нужно уменьшить
11	Интенсивность выполнения упражнений можно определить по ЧСС. Укажите, какую частоту пульса вызывает большая интенсивность упражнений	А) 120-130 уд/мин Б) 130-140 уд/мин В) 140-150 уд/мин Г) свыше 150 уд/мин
12	Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:	А) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости Б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации В) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения.

		Г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнить большой объем физической работы за отведенный отрезок времени.
13	Что понимают под закаливанием:	А) купание в холодной воде и хождение босиком Б) приспособление организма к воздействию внешней среды В) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми Г) укрепление здоровья
14	Во время индивидуальных занятий закаливающими процедурами следует соблюдать ряд правил. Укажите, какой из перечисленных ниже рекомендаций придерживаться не стоит:	А) чем ниже температура воздуха, тем интенсивней надо выполнять упражнение, т.к. нельзя допускать переохлаждения Б) чем выше температура воздуха, тем короче должны быть занятия, т.к. нельзя допускать перегревания организма В) не рекомендуется тренироваться при активном солнечном излучении Г) после занятия надо принять холодный душ
15	Правильное дыхание характеризуется:	А) более продолжительным выдохом Б) более продолжительным вдохом В) вдохом через нос и выдохом через рот Г) ровной продолжительностью вдоха и выдоха
16	При выполнении упражнений вдох не следует делать во время:	А) вращений и поворотов тела Б) наклонах туловища назад В) возвращение в исходное положение после наклона Г) дыхание во время упражнений должно быть свободным, рекомендации относительно времени вдоха и выдоха не нужны
17	Что называется осанкой?	А) качество позвоночника, обеспечивающее хорошее самочувствие и настроение Б) пружинные характеристики позвоночника и стоп В) привычная поза человека в вертикальном положении Г) силуэт человека
18	Правильной осанкой можно считать, если вы, стоя у стены, касаетесь ее:	А) затылком, ягодицами, пятками Б) лопатками, ягодицами, пятками В) затылком, спиной, пятками Г) затылком, лопатками, ягодицами, пятками
19	Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому, что:	А) он обеспечивает ритмичность работы организма Б) он позволяет правильно планировать дела в течение дня В) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня Г) он позволяет избегать неоправданных физических напряжений
20	Замена одних видов деятельности другими, регулируема режимом дня, позволяет поддержать работоспособность в течение дня, потому что:	А) это положительно сказывается на физическом и психическом состоянии человека Б) снимает утомление нервных клеток организма В) ритмическое чередование работы с отдыхом предупреждает возникновение перенапряжения Г) притупляется чувство общей усталости и повышает тонус организма
21	Систематические и грамотно	А) хорошая циркуляция крови во время упражнений

	организованные занятия физическими упражнениями укрепляют здоровье, так как	обеспечивает поступление питательных веществ к органам и системам организма Б) повышается возможность дыхательной системы, благодаря чему в организм поступает большее количество кислорода, необходимого для образования энергии В) занятия способствуют повышению резервных возможностей организма Г) при достаточном энергообеспечении организм легче противостоит простудным и инфекционным заболеваниям
22	Почему на уроках физической культуры выделяют подготовительную, основную и заключительную части?	А) так учителю удобнее распределять различные по характеру упражнения Б) это обусловлено необходимость управлять динамикой работоспособности занимающихся. В) выделение частей в уроке требует Министерство образовании России Г) потому, что перед уроком, как правило, ставятся задачи, и каждая часть урока предназначена для решения одной из них
23	Укажите, в какой последовательности должны выполняться в комплексе утренней гимнастикой перечисленные упражнения: 1. Дыхательные. 2. На укрепление мышц и повышение гибкости. 3. Потягивания. 4 бег с переходом на ходьбу. 5. Ходьба с постепенным повышение частоты шагов. 6. Прыжки. 7.Поочередное напряжение и расслабление мышц. 8. Бег в спокойном темпе.	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Б) 7, 5, 8, 6, 2, 3, 2, 1, 4 В) 3, 7, 5, 8, 1, 2, 6, 4 Г) 3, 1, 2, 4, 7, 6, 8, 4
24	Под силой как физическим качеством понимается:	А) способность поднимать тяжелые предметы Б) свойство человека противодействовать внешним силам за счет мышечных напряжений В) свойство человека воздействовать на внешние силы за счет внешних сопротивлений Г) комплекс свойств организма, позволяющих преодолевать внешнее сопротивление либо противодействовать ему.
25	Выберите правильное распределение перечисленных ниже упражнений в занятии по общей физической подготовке. 1. Ходьба или спокойный бег в чередовании с дыхательными упражнениями. 2. Упражнения, постепенно включающие в работу все большее количество мышечных групп. 3. Упражнения на развитие выносливости. 4. Упражнения на развитие быстроты и гибкости. 5. упражнения на развитие силы. 6. Дыхательные упражнения.	А) 1, 2, 5, 4, 3, 6 Б) 6, 2, 3, 1, 4, 5 В) 2, 6, 4, 5, 3, 1 Г) 2,1, 3, 4, 5, 6
26	Основная часть урока по общей физической подготовке отводится развитию физических качеств. Укажите, какая последовательность воздействий на физические качества наиболее эффективна. 1. Выносливость. 2. Гибкость. 3. быстрота. 4. Сила.	А) 1, 2, 3, 4 Б) 2,3,1,4 В) 3, 2, 4, 1 Г) 4,2 ,3, 1

27	Какие упражнения неэффективны при формировании телосложения	А) упражнения, способствующие увеличению мышечной массы Б) упражнения, способствующие снижению массы тела В) упражнения, объединенные в форме круговой тренировки Г) упражнения, способствующие повышению быстроты движений
28	И для увеличения мышечной массы, и для снижения веса тела можно применять упражнения с отягощением. Но при составлении комплексов упражнений для увеличения мышечной массы рекомендуется:	А) полностью проработать одну группу мышц и только затем переходит к упражнениям, нагружающим другую группу мышц Б) чередовать серии упражнений, включающие в работу разные мышечные группы В) использовать упражнения с относительно небольшим отягощением и большим количеством повторений Г) планировать большое количество подходов и ограничивать количество повторений в одном подходе
29	Под быстротой как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, позволяющих передвигаться с большой скоростью Б) комплекс свойств, позволяющий выполнять работу в минимальный отрезок времени В) способность быстро набирать скорость Г) комплекс свойств, позволяющий быстро реагировать на сигналы и выполнять движения с большой частотой
30	Для развития быстроты используют:	А) подвижные и спортивные игры Б) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции В) упражнения на быстроту реакции и частоту движений Г) двигательные действия, выполняемые с максимальной скоростью
31	Лучшие условия для развития быстроты реакции создаются во время:	А) подвижных и спортивных игр Б) челночного бега В) прыжков в высоту Г) метаний
32	Под гибкостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс морфофункциональных свойств опорно-двигательного аппарата, определяющий глубину наклона Б) способность выполнять упражнения с большой амплитудой за счет мышечных сокращений. В) комплекс свойств двигательного аппарата, определяющих подвижность его звеньев Г) эластичность мышц и связок
33	Как дозируются упражнения на развитие гибкости, т.е. сколько движений следует делать в одной серии:	А) Упражнение выполняется до тех пор, пока не начнет уменьшаться амплитуда движений Б) выполняются 12-16 циклов движения В) упражнения выполняются до появления пота Г) упражнения выполняются до появления болевых ощущений
34	Для повышения скорости бега в самостоятельном занятии после разминки рекомендуется выполнять перечисленные ниже упражнения. Укажите их целесообразную	А) 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Б) 7, 5, 4, 3, 2, 6, 1 В) 2, 1, 3, 7, 4, 5, 6 Г) 3, 6, 2, 7, 5, 4, 1

	последовательность: 1. Дыхательные упражнения. 2. Легкий продолжительный бег. 3. Прыжковые упражнения с отягощением и без них. 4. дыхательные упражнения в интервалах отдыха. 5. Повторный бег на короткие дистанции. 6.Ходьба. 7. Упражнения на частоту движений.	
35	При развитии гибкости следует стремиться	А) гармоничному увеличению подвижности в основных суставах Б) достижению максимальной амплитуды движений в основных суставах В) оптимальной амплитуде движений в плечевом, тазобедренном, коленом суставах Г) восстановлению нормальной амплитуды движений суставов
36	Под выносливостью как физическим качеством понимается:	А) комплекс свойств, обуславливающий возможность выполнять разнообразные физические нагрузки Б) комплекс свойств, определяющих способность противостоять утомлению В) способность длительно совершать физическую работу, практически не утомляясь Г) способность сохранять заданные параметры работы
37	Выносливость человека не зависит от:	А) функциональных возможностей систем энергообеспечения Б) быстроты двигательной реакции В) настойчивости, выдержки, мужественности, умения терпеть Г) силы мышц
38	При развитии выносливости не применяются упражнения, характерными признаками которых являются:	А) максимальная активность систем энергообеспечения Б) умеренная интенсивность В) максимальная интенсивность Г) активная работа большинства звеньев опорно-двигательного аппарата
39	Техникой физических упражнений принято называть	А) способ целесообразного решения двигательной задачи Б) способ организации движений при выполнении упражнений В) состав и последовательность движений при выполнении упражнений Г) рациональную организацию двигательных действий
40	При анализе техники принято выделять основу, ведущее звено и детали техники. Что понимают под основой (ведущим звеном и деталями техники).	А) набор элементов, характеризующий индивидуальные особенности выполнения целостного двигательного действия Б) состав и последовательность элементов, входящих в двигательное действие В) совокупность элементов, необходимых для решения двигательной задачи Г) наиболее важная часть определенного способа решения двигательной задачи
41	В процессе обучения двигательным действиям используют методы целостного или расчлененного упражнения. Выбор метода зависит от	А) возможности расчленения двигательного действия на относительно самостоятельные элементы Б) сложности основы техники В) количества элементов, составляющих двигательное

		действие Г) предпочтения учителя
42	Процесс обучения двигательному действию рекомендуется начинать с освоения	А) основы техники Б) ведущего звена техники В) подводящих упражнений Г) исходного положения
43	Физкультминутку, как одну из форм занятий физическими упражнениями следует отнести к:	А) урочным формам занятий физическими упражнениями Б) «малым» неурочным формам В) «крупным» неурочным формам Г) соревновательным формам
44	Какой раздел комплексной программы по физическому воспитанию для общеобразовательных школ не является типовым?	А) уроки физической культуры Б) внеклассная работа В) физкультурно-массовые и спортивные мероприятия Г) содержание и организация педагогической практики
45	Измерение ЧСС сразу после пробегания отрезка дистанции следует отнести к одному из видов контроля:	А) оперативному Б) текущему В) предварительному Г) итоговому

Критерии оценивания теста

Оценка за тест определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 90 баллов.

Результат теста

Тест оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

46-90 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-44 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПРОСА

1. Определение понятий в области физической культуры
2. Понятие «здоровье» и основные его компоненты
3. Факторы, определяющие здоровье человека.
4. Образ жизни и его составляющие.
5. Разумное чередование труда и отдыха, как компонент ЗОЖ.
6. Рациональное питание и ЗОЖ.
7. Отказ от вредных привычек и соблюдение правил личной и общественной гигиены.
8. Двигательная активность — как компонент ЗОЖ.
9. Выполнение мероприятий по закаливанию организма.
10. Физическое самовоспитание и самосовершенствование как необходимое условие реализации мероприятий ЗОЖ.
11. Врачебный контроль как обязательная процедура для занимающихся физической культурой.
12. Самоконтроль — необходимая форма контроля человека за физическим состоянием.
13. Методика самоконтроля физического развития.
14. Самостоятельное измерение артериального давления и частоты сердечных сокращений.
15. Проведение функциональных проб для оценки деятельности сердечно-сосудистой системы.
16. Проведение функциональных проб для оценки деятельности дыхательной системы.
17. Самоконтроль уровня развития физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости, силы и выносливости
18. Ведение дневника самоконтроля.
19. Цель и задачи физического воспитания в вузе.

20. Специфические функции физической культуры.
21. Социальная роль и значение спорта.
22. Этапы становления физической культуры личности студента.
23. Понятия физическая культура, физическое воспитание, физическое развитие, физическое совершенство.
24. Реабилитационная физическая культура, виды, краткая характеристика.
25. Разделы учебной программы дисциплины «Физическая культура».
26. Комплектование учебных отделений студентов для организации и проведения занятий по физическому воспитанию.
27. Преимущества спортивно-ориентированной программы дисциплины «Физическая культура» для студентов.
28. Особенности комплектования студентов с различным характером заболеваний в специальном учебном отделении.
29. Зачетные требования по учебной дисциплине «Физическая культура».
30. Формирование двигательного навыка.
31. Устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов.
32. Мотивация и направленность самостоятельных занятий.
33. Утренняя гигиеническая гимнастика.
34. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
35. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
36. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
37. Особенности самостоятельных занятий женщин.
38. Мотивация и направленность самостоятельных занятий. Утренняя гигиеническая гимнастика.
39. Физические упражнения в течение учебного дня: физкультминутки, физкультпаузы.
40. Самостоятельные тренировочные занятия: структура, требования к организации и проведению.
41. Мотивация выбора видов спорта или систем физических упражнений.
42. Самостоятельные занятия оздоровительным бегом.
43. Самостоятельные занятия атлетической гимнастикой.
44. Особенности самостоятельных занятий женщин.
45. Роль физической культуры в профессиональной деятельности бакалавра и специалиста.
46. Производственная физическая культура, ее цели и задачи.
47. Методические основы производственной физической культуры.
48. Производственная физическая культура в рабочее время.
49. Физическая культура и спорт в свободное время.
50. Профилактика профессиональных заболеваний и травматизма средствами физической культуры.
51. Понятие ППФП, её цель, задачи. Прикладные знания, умения и навыки.
52. Прикладные психические качества.
53. Прикладные специальные качества.
54. Факторы, определяющие содержание ППФП: формы труда, условия труда.
55. Факторы, определяющие содержание ППФП: характер труда, режим труда и отдыха.
56. Дополнительные факторы, определяющие содержание ППФП.
57. Средства ППФП.
58. Организация и формы ППФП в вузе.
59. Понятия общей и специальной физической подготовки.
60. Отличия понятий спортивная подготовка и спортивная тренировка.
61. Стороны подготовки спортсмена.
62. Средства спортивной подготовки.
63. Структура отдельного тренировочного занятия.
64. Роль подготовительной части занятия в тренировочном процессе.
65. Понятие «физическая нагрузка», эффект ее воздействия на организм.
66. Внешние признаки утомления.
67. Виды и параметры физических нагрузок.
68. Интенсивность физических нагрузок.
69. Психофизиологическая характеристика умственной деятельности.
70. Работоспособность: понятие, факторы, периоды
71. Физические упражнения в течение учебного дня для поддержания работоспособности.
72. Бег как самое эффективное средство восстановления и повышения работоспособности.
73. Плавание и работоспособность.
74. Методические принципы физического воспитания, сущность и значение.
75. Принципы сознательности и активности, наглядности в процессе физического воспитания.
76. Принципы доступности и индивидуализации, систематичности и динамичности.
77. Средства физической культуры.
78. Общепедагогические методы физического воспитания.
79. Методы обучения технике двигательного действия.
80. Этапы обучения двигательного действия.

81. Методы развития физических качеств: равномерный, повторный, интервальный.
82. Метод круговой тренировки, игровой и соревновательный методы.
83. Сила как физическое качество, общая характеристика силовых упражнений.
84. Методы развития силы.
85. Выносливость — виды выносливости, особенности развития выносливости.
86. Развитие физических качеств: быстроты, гибкости, ловкости.
87. Понятие «спорт». Его принципиальное отличие от других видов занятий физическими упражнениями.
88. Массовый спорт: понятие, цель, задачи.
89. Спорт высших достижений: понятие, цель, задачи.
90. Студенческий спорт, его организационные особенности.
91. Студенческие спортивные соревнования.
92. Студенческие спортивные организации.
93. Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «ГТО» (Готов к труду и обороне).

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенного теста необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данного теста. Тесты, тесты являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрены на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

Шулиманов Д.Ф.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 18.09.2020

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом ……..……..3
1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий ……...3
1.1.1. Утренняя физическая гимнастика……3
1.1.2. Упражнения в течение учебного дня……4
1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия……..4
1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий……5
1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин……6
1.2 Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма……..7
1.2.1 Оценка физического развития……...9
1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)..……10
2. Другие виды самостоятельной работы
2.1 Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности…….……12
2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 м)……12
2.1.2 Техника выполнения упражнения……...12
2.1.3 Методы самостоятельной тренировки…….....13
2.1.4. Средства тренировки быстроты……..13
2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива……...14
2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин ……..……...15
2.2.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин……..……...15
2.3.1. Техника выполнения упражнения……..15
2.3.2. Методы развития силы……16
2.4. Тест на общую выносливость (бег 2000 и 3000 м)……..17
2.4.1. Техника бега на длинные дистанции……..17
2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения Самостоятельных тренировок……..18
3.Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности……..……..….....21

1. Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовку к практическим занятиям физической культурой и спортом

1.1. Планирование, формы и организация самостоятельных занятий

Планирование самостоятельных занятий осуществляется студентами при консультации преподавателей и должно быть направлено на достижение единой цели – сохранение хорошего здоровья, поддержание высокого уровня физической и умственной работоспособности, достижение поставленной задачи.

Существуют три формы самостоятельных занятий:

1. Утренняя физическая гимнастика (УФГ).

2. Упражнения в течение учебного (рабочего) дня.

3. Самостоятельные тренировочные занятия.

1.1.1. Утренняя физическая гимнастика

Выполняется ежедневно. В комплекс УФГ следует включать упражнения для всех групп мышц, упражнения на гибкость и дыхание, бег, бег (прыжковые упражнения).

Не рекомендуется выполнять:

- упражнения статического характера;

- со значительными отягощениями;

- упражнения на выносливость.

При выполнении УФГ рекомендуется придерживаться определенной последовательности выполнения упражнений:

- медленный бег, ходьба (2-3 мин.);

- потягивающие упражнения в сочетании с глубоким дыханием;

- упражнение на гибкость и подвижность для мышц рук, шеи, туловища и ног;

- силовые упражнения без отягощений или с небольшими отягощениями для рук, туловища, ног (сгибание-разгибание рук в упоре лежа, упражнения с легкими гантелями, с эспандерами);

- различные наклоны в положении стоя, сидя, лежа, приседания на од-ной и двух ногах и др.;

- легкие прыжки или подскоки (например, со скалкой) – 20-30 с.;

- упражнения на расслабление с глубоким дыханием.

При составлении комплексов УФГ рекомендуется физиологическую нагрузку на организм повышать постепенно, с максимумом во второй половине комплекса. К концу выполнения комплекса нагрузка снижается и организм приводится в спокойное состояние.

Между сериями из 2-3 упражнений (а при силовых – после каждого) выполняется упражнение на расслабление или медленный бег (20-30с.).

УФГ должна сочетаться с самомассажем и закаливанием организма. Сразу же после выполнения комплекса УФГ рекомендуется сделать самомассаж основных мышечных групп ног, туловища, рук (5-7 мин.) и выполнить водные процедуры с учетом правил и принципов закаливания.

1.1.2. Упражнения в течение учебного дня

Выполняются в перерывах между учебными и самостоятельными занятиями.

Они обеспечивают предупреждение наступающего утомления, способствуют поддержанию высокой работоспособности на длительное время без перенапряжения.

При выполнении этих упражнений следует придерживаться следующих правил:

1. Проводить в хорошо проветренных помещениях или на открытом воздухе.

2. Растягивать и расслаблять мышцы, испытывающие статическую нагрузку.

3. Нагружать неработающие мышцы.

1.1.3. Самостоятельные тренировочные занятия

Можно проводить индивидуально или в группе из 3-5 человек и более. Групповая тренировка более эффективна, чем индивидуальная. Заниматься рекомендуется 3-4 раза в неделю по 1,5 -2 часа. Заниматься менее двух раз в неделю нецелесообразно, т.к. это не способствует повышению уровня тренированности организма. Тренировочные занятия должны носить комплексный характер, т.е. способствовать развитию всего комплекса физических качеств, а также укреплению здоровья и повышению общей работоспособности организма.

Каждое самостоятельное тренировочное занятие состоит из трех частей:

1. Подготовительная часть (разминка) (15-20 мин. для одночасового занятия): ходьба (2-3 мин.), медленный бег (8-10 мин.), общеразвивающие упражнения на все группы мышц, соблюдая последовательность «сверху вниз», затем выполняются специально-подготовительные упражнения, выбор которых зависит от содержания основной части.

2. В основной части (30-40 мин.) изучаются спортивная техника и тактика, осуществляется тренировка развития физических, волевых качеств. При выполнении упражнений в основной части занятия необходимо придерживаться следующей последовательности:

После разминки выполняются упражнения, направленные на изучение и совершенствование техники, и упражнения на быстроту, затем упражнения для развития силы и в конце основной части занятия – для развития выносливости.

3. В заключительной части (5-10 мин.) выполняются медленный бег (3-8 мин.), переходящий в ходьбу (2-6 мин.), упражнения на расслабление в сочетании с глубоким дыханием, которые обеспечивают постепенное снижение тренировочной нагрузки и приведение организма в сравнительно спокойное состояние.

1.1.4. Методика самостоятельных тренировочных занятий

Методические принципы, которыми необходимо руководствоваться при проведении самостоятельных тренировочных занятий, следующие:

- принцип сознательности и активности предполагает углубленное изучение занимающимися теории и методики спортивной тренировки, осознанное отношение к тренировочному процессу, понимание целей и задач занятий, рациональное применение средств и методов тренировки в каждом занятии, учет объема и интенсивности выполняемых упражнений и физических нагрузок, умение анализировать и оценивать итоги тренировочных занятий;

- принцип систематичности требует непрерывности тренировочного процесса, рационального чередования физических нагрузок и отдыха, преемственности и последовательности тренировочных нагрузок от занятия к занятию. Эпизодические занятия или занятия с большими перерывами (более 4-5 дней) неэффективны и приводят к снижению достигнутого уровня тренированности;

- принцип доступности и индивидуализации обязывает планировать и включать в каждое тренировочное занятие физические упражнения, по своей сложности и интенсивности доступные для выполнения занимающимися. При определении содержания тренировочных занятий необходимо соблюдать правила: от простого – к сложному, от легкого – к трудному, от известного – к неизвестному, а также осуществлять учет индивидуальных особенностей занимающихся: пол, возраст, физическую подготовленность, уровень здоровья, волевые качества, трудолюбие, тип высшей нервной деятельности и т.п. Подбор упражнений, объем и интенсивность тренировочных нагрузок нужно осуществлять в соответствии с силами и возможностями организма занимающихся;

- принцип динамичности и постепенности определяет необходимость повышения требований к занимающимся, применение новых, более сложных физических упражнений, увеличение тренировочных нагрузок по объему и интенсивности. Переход к более высоким тренировочным нагрузкам должен проходить постепенно с учетом функциональных возможностей и индивидуальных особенностей занимающихся.

Если в тренировочных занятиях был перерыв по причине болезни, то начинать занятия следует после разрешения врача при строгом соблюдении принципа постепенности. Вначале тренировочные нагрузки значительно снижаются и постепенно доводятся до занимающегося в тренировочном плане уровня.

Все выше перечисленные принципы находятся в тесной взаимосвязи. Это различные стороны единого, целостного повышения функциональных возможностей занимающихся.

1.1.5. Особенности самостоятельных занятий для женщин

Организм женщины имеет анатомо-физиологические особенности, которые необходимо учитывать при проведении самостоятельных занятий физическими упражнениями или спортивной тренировки. В отличие от мужского, у женского организма менее прочное строение костей, ниже общее развитие мускулатуры тела, более широкий тазовый пояс и мощнее мускулатура тазового дна. Для здоровья женщины большое значение имеет развитие мышц брюшного пресса, спины и тазового дна. От их развития зависит нормальное положение внутренних органов. Особенно важно развитие мышц тазового дна.

Одной из причин недостаточного развития этих мышц у студенток и работниц умственного труда является малоподвижный образ жизни. При положении сидя мышцы тазового дна не противодействуют внутрибрюшному давлению и растягиваются от тяжести лежащих над ними органов. В связи с этим мышцы теряют свою эластичность и прочность, что может привести к нежелательным изменениям положения внутренних органов и к ухудшению их функциональной деятельности.

Ряд характерных для организма женщины особенностей имеется и в деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и других систем. Все это выражается более продолжительным периодом восстановления организма после физической нагрузки, а также более быстрой потерей состояния тренированности при прекращении тренировок.

Особенности женского организма должны строго учитываться в организации, содержании, методике проведения самостоятельных занятий. Подбор физических упражнений, их характер и интенсивность должны соответствовать физической подготовленности, возрасту, индивидуальным возможностям студенток. Необходимо исключать случаи форсирования тренировок для того, чтобы быстро достичь высоких результатов. Разминку следует проводить более тщательно и более продолжительно, чем при занятиях мужчин. Рекомендуется остерегаться резких сотрясений, мгновенных напряжений и усилий, например, при занятиях прыжками и в упражнениях с отягощением. Полезны упражнения, в положении сидя, и лежа на спине с подниманием, отведением, приведением и круговыми движениями ног, с подниманием ног и таза до положения «березка», различного рода приседания.

Даже для хорошо физически подготовленных студенток рекомендуется исключить упражнения, вызывающие повышение внутрибрюшного давления и затрудняющие деятельность органов брюшной полости и малого таза. К таким упражнениям относятся прыжки в глубину, поднимание больших тяжестей и другие, сопровождающиеся задержкой дыхания и натуживанием.

При выполнении упражнений на силу и быстроту движений следует более постепенно увеличивать тренировочную нагрузку, более плавно доводить ее до оптимальных пределов, чем при занятиях мужчин.

Упражнения с отягощениями применяются с небольшими весами, сериями по 8-12 движений с вовлечением в работу различных мышечных групп. В интервалах между сериями выполняются упражнения на расслабление с глубоким дыханием и другие упражнения, обеспечивающие активный отдых.

Функциональные возможности аппарата кровообращения и дыхания у девушек и женщин значительно ниже, чем у юношей и мужчин, поэтому нагрузка на выносливость для девушек и женщин должна быть меньше по объему и повышаться на более продолжительном отрезке времени.

Женщинам при занятиях физическими упражнениями и спортом следует особенно внимательно осуществлять самоконтроль. Необходимо наблюдать за влиянием занятий на течение овариально-менструального цикла и характер его изменения. Во всех случаях неблагоприятных отклонений необходимо обращаться к врачу.

Женщинам противопоказаны физические нагрузки, спортивная тренировка и участие в спортивных соревнованиях в период беременности. После родов к занятиям физическими упражнениями и спортом рекомендуется приступать не ранее чем через 8-10 месяцев.

1.2. Самоконтроль занимающихся за состоянием своего организма

Данные самоконтроля записываются в дневник, они помогают контролировать и регулировать правильность подбора средств, методику проведения учебно-тренировочных занятий. У отдельных занимающихся количество показателей самоконтроля в дневнике и порядок записи могут быть различными, но одинаково важно для всех правильно оценивать отдельные показатели, лаконично фиксировать их в дневнике.

В дневнике самоконтроля рекомендуется регулярно регистрировать:

- субъективные данные (самочувствие, сон, аппетит, болевые ощущения);

- объективные данные (частота сердечных сокращений (ЧСС), масса тела, тренировочные нагрузки, нарушения режима, спортивные результаты).

Субъективные данные:

Самочувствие - отмечается как хорошее, удовлетворительное или плохое. При плохом самочувствии фиксируется характер необычных ощущений.

Сон - отмечается продолжительность и глубина сна, его нарушения (трудное засыпание, беспокойный сон, бессонница, недосыпание и др.).

Аппетит - Отмечается как хороший, удовлетворительный, пониженный и плохой. Различные отклонения состояния здоровья быстро отражаются, поэтому его ухудшение, как правило, является результатом переутомления или заболевания.

Болевые ощущения - фиксируются по месту их локализации, характеру (острые, тупые, режущие и т.п.) и силе проявления.

Объективные данные:

ЧСС – важный показатель состояния организма. Его рекомендуется подсчитывать регулярно, в одно и то же время суток, в покое. Лучше всего утром, лежа, после пробуждения, а также до тренировки (за 3-5 мин) и сразу после спортивной тренировки.

Нормальными считаются следующие показатели ЧСС в покое:

- мужчины (тренированные/не тренированные) 50-60/70-80;

- женщины (тренированные/не тренированные) 60-70/75-85.

С увеличением тренированности ЧСС понижается.

Интенсивность физической нагрузки также определяться по ЧСС, которая измеряется сразу после выполнения упражнений.

При занятиях физическими упражнениями рекомендуется придерживаться следующей градации интенсивности:

- малая интенсивность – ЧСС до 130 уд/мин. При этой интенсивности эффективного воспитания выносливости не происходит, однако создаются предпосылки для этого, расширяется сеть кровеносных сосудов в скелетных мышцах и в сердечной мышце (целесообразно применять при выполнении разминки);

- средняя интенсивность от 130 до 150 уд/мин.;

- большая интенсивность – ЧСС от 150 до 180 уд/мин. В этой тренировочной зоне интенсивности к аэробным механизмам подключаются анаэробные механизмы энергообеспечения, когда энергия образуется при распаде энергетических веществ в условиях недостатка кислорода;

- предельная интенсивность – ЧСС 180 уд/мин. и больше. В этой зоне интенсивности совершенствуются анаэробные механизмы энергообеспечения.

Существенным моментом при использовании ЧСС для дозирования нагрузки является ее зависимость от возраста.

Известно, что по мере старения уменьшается возможность усиления сердечной деятельности за счет учащения сокращения сердца во время мышечной работы. Оптимальную ЧСС с учетом возраста при продолжительных упражнениях можно определить по формулам:

- для начинающих: ЧСС (оптимальная) = 170 – возраст (в годах)

- для занимающихся регулярно в течении 1-2 лет:

- ЧСС (оптимальная) = 180 – возраст (в годах)

Зависимость максимальной величины ЧСС от возраста при тренировке на выносливость можно определить по формуле:

- ЧСС (максимальная) = 220 – возраст (в годах)

Например, для занимающихся в возрасте 18 лет максимальная ЧСС будет равна 220-18=202 уд/мин.

Важным показателем приспособленности организма к нагрузкам является скорость восстановления ЧСС сразу после окончания нагрузки. Для этого определяется ЧСС в первые 10 секунд после окончания нагрузки, пересчитывается на 1 мин. и принимается за 100%. Хорошей реакцией восстановления считается:

- снижение через 1 мин. на 20%;

- через 3 мин. – на 30%;

- через 5 мин. – на 50%,

- через 10 мин. – на 70 – 75%. (отдых в виде медленной ходьбы).

Масса тела должна определяться периодически (1-2 раза в месяц) утром натощак, на одних и тех же весах. В первом периоде тренировки масса обычно снижается, а затем стабилизируется и в дальнейшем за счет прироста мышечной массы несколько увеличивается. При резком снижении массы тела следует обратиться к врачу.

Тренировочные нагрузки в дневник самоконтроля записываются коротко, вместе с другими показателями самоконтроля они дают возможность объяснить различные отклонения в состоянии организма.

Спортивные результаты показывают, правильно ли применяются средства и методы тренировочных занятий. Их анализ может выявить дополнительные резервы для роста физической подготовленности и спортивного мастерства.

В процессе занятий физическими упражнениями рекомендуется периодически оценивать уровень своего физического развития и физической (функциональной) подготовленности.

1.2.1. Оценка физического развития

Проводится с помощью антропометрических измерений: рост стоя и сидя, масса тела, окружность грудной клетки, жизненная емкость легких (ЖЁЛ) и сила кисти сильнейшей руки, которые дают возможность определить:

- уровень и особенности физического развития;

- степень его соответствия полу и возрасту;

- имеющиеся отклонения;

- улучшение физического развития под воздействием занятий физическими упражнениями.

Применяются следующие антропометрические индексы:

- Весо-ростовой показатель

- ВРП= масса тела (грамм.)/длина тела (см.)

Хорошая оценка:

- для женщин 360-405 г/см.;

- для мужчин 380-415 г/см.

Индекс Брока

Оптимальная масса тела для людей ростом от 155 до 165 см. равна длине тела в сантиметрах минус 100. При росте 165-175 см. вычитают 105, при росте более 175 см. – 110.

Силовой показатель (СП)

Показывает соотношение между массой тела и мышечной силой. Обычно, чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах:

$$\frac{\text{сила (кг)}}{\text{общая масса тела (кг)}} \times 100$$

Для сильнейшей руки:

- для мужчин - 65-80%

- для женщин - 48-50%.

1.2.2. Оценка функционального состояния (подготовленности)

Определение резервных возможностей организма

Осуществляется с помощью физиологических проб сердечно-сосудистой (ССС) и дыхательной (ДС) систем.

Общее требования:

1. Проводить в одно и то же время суток.

2. Не ранее чем через 2 часа после приема пищи.

3. При температуре 18-20 градусов, влажности менее 60%.

Функциональная проба с приседанием

Проверяемый отдыхает стоя 3 мин., на 4-й мин. подсчитывается ЧСС за 15 с. с пересчетом на 1 мин. (исходная частота). Далее выполняется 20 приседаний за 40 с., поднимая руки вперед. Сразу после приседаний подсчитывается ЧСС в течение первых 15 с. с пересчетом на 1 мин. Определяется увеличение ЧСС после приседаний сравнительно с исходной в процентах.

Оценка:

- отлично – до 20%;

- хорошо – 20-40%;

- удовлетворительно – 40-65%;

- плохо – 66-75%;

- более 75%.

Ортостатическая проба

Применяется для оценки сосудистого тонуса.

Отдых 5 минут в положении лежа, подсчитывают ЧСС в положении лежа за 1 мин. (исходная ЧСС), после чего занимающийся встает, и снова подсчитывает пульс за 1 мин.

Оценка:

- «хорошо» - не более 11 ударов (чем меньше разница, тем лучше);

- «удовлетворительно» - от 12 до 18 ударов (потливость);

- «неудовлетворительно» - более 19 ударов (потливость, шум в ушах).

Проба Штанге (задержка дыхания на вдохе),

проба Генча (задержка дыхания на вдохе)

Оценивается устойчивость организма к недостатку кислорода, а также общий уровень тренированности.

После 5 мин. отдыха сидя, сделать 2-3 глубоких вдоха и выдоха, затем сделать полный вдох (выдох) и задержать дыхание. Отмечается время от момента задержания дыхания до ее прекращения.

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	90 сек	80 сек
Хорошо	80-89 сек	70-79 сек
Удовлетворительно	50-79 сек	40-69 сек
Неудовлетворительно	50 и ниже	40 и ниже

Проба Генча

Оценка	Юноши	Девушки
Отлично	45 сек	35 сек
Хорошо	40-44 сек	30-34 сек
Удовлетворительно	30-39 сек	20-29 сек
Неудовлетворительно	30 и ниже	20 и ниже

С нарастанием тренированности время задержания дыхания возрастает, при снижении или отсутствии тренированности – снижается.

Самоконтроль прививает занимающимся грамотное и осмысленное отношение к своему здоровью и к знаниям физической культурой и спортом, имеет большое воспитательное значение.

2. Другие виды самостоятельной работы

2.1. Самостоятельная подготовка к сдаче обязательных тестов оценки общей физической подготовленности

2.1.1 Тест на скоростно-силовую подготовленность (бег на 100 метров)

Нормативы:

- у студенток нормативы в беге на 100 метров следующие: 15.7 сек - 5 очков; 16,0 - 4; 17,0 -3; 17,9 - 2; 18,7 - 1.

- студенты должны показать результаты в следующих пределах: 13,2 сек - 5 очков; 13,8 - 4; 14,0 - 3; 14,3 - 2; 14,6 - 1.

2.1.2. Техника выполнения упражнения

При анализе бега на 100 м. принято выделять следующие основные фазы:

- старт и стартовый разгон;

- бег по дистанции;

- финиширование.

Старт и стартовый разгон

Существует два вида старта: низкий и высокий. Экспериментальные данные показывают, что новичкам и спортсменам 2-го разряда лучше применять высокий старт. Такая закономерность наблюдается до результата 11,4-11,6 с. и объясняется технической сложностью низкого старта. Поэтому следует ограничиться только овладением техникой высокого старта.

По команде «На старт» занимающийся подходит к стартовой линии, ставит сильнейшую (толчковую ногу) вплотную к линии, маховая нога располагается на 1,5-2 стопы назад на носок, расстояние между ними 15-20 см. Туловище выпрямлено, руки опущены, вес тела распределяется равномерно на обе ноги.

По команде «Внимание» вес тела переносится на впереди согнутую стоящую ногу, разноименная рука вперед. Проекция плеч находится за стартовой линией на расстоянии 5-8 см. Взгляд направлен вперед - вниз.

По команде «Марш» бегун мощно разгибает толчковую ногу и стремится максимально быстро вынести маховую ногу вперед с постановкой ее сверху вниз на дорожку. Руки работают максимально активно, плечевой пояс не закрепощен, кисти расслаблены. Стартовый разгон характеризуется постепенным увеличением длины шагов, уменьшением наклона туловища и приближением стоп к средней линии.

Бег по дистанции

Перед бегущим стоит задача удержать развитую горизонтальную скорость до финиша. Этому будет способствовать сохранение длины и частоты шагов.

Во время бега маховая нога ставится с носка спереди проекции общего центра тяжести тела (ОЦТТ) сверху вниз. Взаимодействие маховой ноги с грунтом называется передним толчком. Задний толчок выполняется мощным разгибанием бедра и сгибанием стопы. Голова держится прямо. Руки согнуты (угол сгибания в локтевых суставах примерно 90 град.).

При движении руки вперед кисть поднимается до уровня плеч. Назад рука отводится до «отказа» и угол сгибания в локтевом суставе увеличивается. Пальцы рук слегка согнуты.

Финиширование

Наклон туловища увеличивается. На последних метрах дистанции необходимо стремиться не потерять свободы движений и пробегать финиш без снижения скорости.

2.1.3. Методы самостоятельной тренировки

- Повторный метод - повторное выполнение упражнений с около-предельной и предельной скоростью. Отдых продолжается до восстановления. Упражнения повторяются до тех пор, пока скорость не начнет снижаться.

- Переменный метод - когда пробегаются дистанции, например, с варьированием скорости и ускорения. Цель - исключить стабилизацию скорости («скоростной барьер»).

- Соревновательный метод - предполагает выполнение упражнений на быстроту в условиях соревнований. Эмоциональный подъем на соревнованиях способствует мобилизации на максимальные проявления быстроты, позволяет выйти на новый рубеж скорости.

2.1.4. Средства тренировки быстроты

Частоту движений, а вместе с ней и быстроту циклических движений развивают с помощью упражнений, которые можно выполнять с максимальной скоростью, а также с помощью скоростно-силовых упражнений для ациклических движений. При этом упражнения должны отвечать следующим требованиям:

- техника упражнений должна обеспечивать выполнение движений на предельных скоростях;

- упражнения должны быть хорошо освоены, чтобы не требовалось волевого усилия для их выполнения;

- продолжительность упражнений должна быть такой, чтобы скорость не снижалась вследствие утомления - 20-22 с.

Основным средством отработки бега по дистанции является бег с максимальной скоростью. Такой бег выполняется 5-6 раз по 30-40 метров. В тренировке можно чередовать бег в обычных, облегченных (с горки, угол 4-5 град.) и затрудненных (в горку или с сопротивлением) условиях.

Для развития скоростной выносливости рекомендуется пробегать большую дистанцию (120-150 м), когда очередная пробежка начинается при пульсе 120 уд/мин.

Для тренировки в беге на 100 метров следует использовать кроссы (6 км, 30 мин), повторный бег на отрезках 200 м в 3/4 силы. Спортивные игры (баскетбол, футбол) также приносят пользу в развитии быстроты.

Можно рекомендовать и упрощенную методику, обеспечивающую минимально необходимый уровень подготовленности:

- повторный метод - в одном занятии 3-4 пробегания по 20-30 метров с максимальной скоростью и интервалами отдыха для восстановления пульса до 110-120 уд/мин;

- переменный метод - пробегание 2-х отрезков по 30 метров с максимальной скоростью и последующим переходом на спокойный бег 150--200 метров. Выполняется 3-4 подхода.

Для ощутимого сдвига в подготовленности такие тренировки рекомендуется проводить 3-4 раза в неделю.

2.1.5. Подготовка и сдача контрольного норматива

При подготовке к сдаче бега на 100 метров следует учитывать общие требования по питанию при занятиях физическими упражнениями:

1. По времени - прием пищи не менее чем за 2-3 часа.

2. По составу - не есть тяжелой пищи (мясо, яйца, масло, молочные продукты, жирную, долго перевариваемую пищу).

Не рекомендуется выходить на старт с переполненным желудком.

Непосредственно перед сдачей норматива необходимо провести разминку с использованием специальных упражнений:

1. Бег с высоким подниманием бедра.

2. Бег с «захлестыванием» голеней назад.

3. Семенящий бег.

4. Прыжки с ноги на ногу (шаги).

5. Бег в упоре стоя у гимнастической стенки.

6. Бег с ускорением с высокого старта с подачей стартовых команд (2-3 ускорения по 10-15 метров).

Разминка заканчивается за 10 минут до старта.

Непосредственно перед стартом нельзя отдыхать лежа, сидя, необходимо постоянно находиться в движении (прохаживаться, выполнять упражнения на растяжку). Частота сердечных сокращений непосредственно перед стартом должна быть 110 – 120 уд/мин.

Психологическая подготовка заключается в мысленном «прокручивании» в голове этапов преодоления дистанции: старта, стартового разбега, бега по дистанции, финиширования с концентрацией внимания на технике выполнения каждого этапа.

При выполнении теста не разрешается:

- наступать на линию старта (стартовая линия входит в дистанцию);

- перебегать на соседние дорожки.

2.2. Тест на силовую подготовленность для женщин

(поднимание (сед) и опускание туловища из положения лежа, ноги закреплены, руки за головой)

Нормативы: 60 раз - 5 очков, 50 - 4, 40 - 3, 30 - 2, 20 - 1.

Это упражнение используется для оценки развития мышц живота (брюшного пресса).

О мышцах брюшного пресса следует сказать особо. Эта группа мышц участвует в большинстве движений. Она создает хороший «мышечный корсет», охватывающий брюшную полость и способствующий нормальному функционированию внутренних органов, что положительно влияет на состояние здоровья.

2.2.1. Техника выполнения упражнения

И.п. (исходное положение) – лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы прижаты к полу, руки в замок за головой, локти разведены.

Это силовое упражнение состоит из 4-х фаз:

- поднимание туловища;

- фиксация его в вертикальном положении;

- опускание;

- пауза в горизонтальном положении.

Голова держится прямо, локти в стороны, дыхание ритмично.

2.3. Тест на силовую подготовленность для мужчин (подтягивание на перекладине)

Учебной программой по физической культуре предусмотрено тестирование студентов для определения уровня их силового развития. Нормативы следующие: 15 раз - 5 очков, 12 - 4, 9 - 3, 7 - 2, 5 - 1;

2.3.1. Техника выполнения упражнения

Каждый цикл подтягивания в висе на перекладине включает:

- исходное положение - вис на вытянутых руках хватом сверху (большими пальцами внутрь);

- подъем до пересечения подбородком линии перекладины;

- опускание в исходное положение.

При выполнении теста разрешается сгибание, разведение ног, запрещаются рывковые движения туловищем и руками, хлестовые движения ногами. Выполнение засчитывается только при полном выпрямлении рук в локтевых суставах.

Наиболее экономично подтягивание при хвате рук на ширине плеч. Если кисти рук расположены ближе друг к другу, то положение тела становится менее устойчивым и отклонения придется компенсировать за счет дополнительных мышечных усилий, что будет увеличивать энерготраты и снижать результат. Возрастают энерготраты и при широком хвате (шире плеч). Это связано с тем, что для фиксации лопаток при широком хвате требуется большая, чем при хвате на ширине плеч, сила мышц, приближающих лопатки к позвоночному столбу.

Опускание в вис (в исходное положение) после подтягивания должно выполняться спокойно. Дыхание не задерживается.

2.3.2. Методы развития силы

На практике распространены следующие методы силовой подготовки:

- метод максимальных усилий;
- метод повторных усилий;
- метод динамических усилий.

Согласно методу максимальных усилий выполнение упражнений организуется таким образом, чтобы занимающийся смог подтянуться 1-3 раза в одном подходе (при условии, что он способен самостоятельно подтянуться как минимум 2-3 раза). Такое достигается за счет применения дополнительного внешнего отягощения. Делается 5-6 подходов с перерывами 2-4 минуты.

По методу повторных усилий подтягивания в одном подходе выполняются до «отказа». Если занимающийся имеет максимальный индивидуальный показатель 10-15 подтягиваний и более, то следует применять отягощение весом 30-70% от максимального. Например, занимающийся может подтянуться 1 раз с максимальным отягощением 10 кг. Значит, для тренировки по методу повторных усилий следует подобрать вес отягощения 3-7 кг. Выполняется 3-6 подходов с отдыхом между ними 2-4 мин.

Разнообразить упражнения можно, применяя метод динамических усилий. Если занимающийся легко выполняет 10-15 подтягиваний, то следует применять отягощения до 30% от максимального. В одном подходе 10-15 повторений. Темп - максимально быстрый. Всего 3-6 подходов. Во время отдыха следует добиваться наиболее полного восстановления, чтобы в следующем подходе выполнить упражнение без существенной потери скорости.

Сравнивая динамический и статический методы развития силы, необходимо отметить следующее:

- При динамическом режиме работы мышц происходит достаточное кровоснабжение. Мышца функционирует как насос - при расслаблении наполняется кровью и получает кислород и питательные вещества.

- Во время статического усилия мышца постоянно напряжена и непрерывно давит на кровеносные сосуды. В результате она не получает кислород и питательные вещества. Это ограничивает продолжительность работы мышц.

2.4. Тест на общую выносливость - бег 2000 и 3000 метров

Нормативы:

- студентки - бег 2000 метров - 10 мин.15 сек. - 5 очков; 10.50 - 4; 11.15 - 3; 11.50 - 2; 12.15 - 1;

- студенты - бег 3000 метров - 12.00 - 5; 12.35 - 4; 13.10 - 3; 13.50 - 2; 14.00 - 1.

2.4.1. Техника бега на длинные дистанции

Бег на средние и длинные дистанции начинается с высокого старта. По команде «На старт!» бегун ставит у линии более сильную ногу, а другую отставляет назад на носок (на 30 – 50 см), немного сгибает ноги, туловище наклоняет вперед и тяжесть тела переносит на впереди стоящую ногу. По команде «Марш!» бегун начинает бег, делая первые шаги в большом наклоне, который постепенно уменьшается. Длина шагов увеличивается, бег ускоряется, бегун набирает скорость и в короткое время переходит к свободному бегу на дистанции. Бег на дистанции. Во время бега на дистанции туловище вертикально или слегка наклонено вперед (5-7°). Небольшой наклон туловища вперед позволяет лучше использовать силы отталкивания и быстрее продвигаться вперед. Слишком большой наклон приводит к «падающему» бегу, при котором труднее выносить вперед согнутую ногу, в связи с чем уменьшается длина шага, а следовательно, и скорость бега. Кроме того, при большом наклоне постоянно напряжены мышцы, удерживающие туловище от увеличивающегося наклона. Отсутствие наклона ухудшает условия отталкивания, однако улучшает возможность выноса вперед согнутой в коленном суставе свободной ноги. При правильном положении туловища создаются благоприятные условия для работы мышц и внутренних органов. Наклон туловища у бегунов изменяется в пределах 2-3°: увеличивается к моменту отталкивания и уменьшается в полетной фазе. Положение головы существенно влияет на положение туловища. Надо держать голову прямо и смотреть вперед. В фазе отталкивания таз подается вперед, что является важной особенностью техники бега на длинные дистанции и позволяет полнее использовать силу реакции опоры. В технике бега на длинные дистанции важнее всего движения ног. Нога, немного согнутая, ставится на грунт упруго и эластично с передней части стопы, а затем касается его всей стопой. Постановка ноги на переднюю часть стопы позволяет эффективнее использовать эластические свойства мышц голени, активно участвующие в отталкивании.

Следы стоп на дорожке у бегунов находятся на одной линии, носки почти не разворачиваются в стороны. Эффективное отталкивание характеризуется выпрямлением ноги во всех суставах. Угол отталкивания в беге на средние дистанции примерно равен 50-55°. При правильном отталкивании таз подан вперед, голень маховой согнутой ноги параллельна бедру толчковой ноги. Быстрый вынос маховой ноги вперед облегчает отталкивание. Бегуны на длинные дистанции меньше поднимают бедро маховой ноги вверх, чем бегуны на средние и короткие дистанции. Длина шага на длинные дистанции не постоянна даже у одних и тех же бегунов. Колебания зависят от наступившего утомления, неравномерности пробегания отдельных участков дистанции, качества беговой дорожки, ветра и состояния бегуна. Обычно шаг с сильнейшей ноги на несколько сантиметров больше, чем шаг со слабейшей ноги. Длина шага равна 160 – 215 см. Повышение скорости бега за счет увеличения длины шага ограничено, так как слишком длинный шаг требует очень больших затрат сил. Кроме того, длина шага в основном зависит от индивидуальных данных бегуна. Поэтому скорость бега повышают за счет увеличения частоты шагов, которая зависит от тренированности бегуна. Движения плечевого пояса и рук связаны с движениями ног. Выполнять их надо легко, не напряженно. Это во многом зависит от умения расслаблять мышцы плечевого пояса. Движения рук помогают бегуну сохранять равновесие тела во время бега. Амплитуда движения рук зависит от скорости бега. Кисти при движении вперед не пересекают средней линии тела и поднимаются примерно до уровня ключицы. При движении рук назад кисти доходят до задней линии туловища (если смотреть на бегуна сбоку). Руки двигаются маятникообразно, пальцы рук свободно сложены, предплечья не напряжены, плечи не поднимаются вверх. При финишировании, длина которого зависит от дистанции и оставшихся сил бегуна, движения руками делаются быстрее, наклон тела увеличивается, а угол отталкивания уменьшается. Спортсмен переходит на скоростной бег, при котором скорость повышается главным образом за счет увеличения частоты шагов. К концу дистанции вследствие утомления некоторые бегуны наклоняют туловище назад. Такое положение туловища не способствует эффективности бега, так как усилия отталкивания направляются больше вверх. Техника бега на вираже имеет некоторые особенности: туловище немного наклонено влево, к бровке, правая рука движется несколько размашистей левой, причем правый локоть дальше отводится в сторону, а правая стопа ставится с некоторым поворотом внутрь. Ритм дыхания зависит от индивидуальных особенностей и скорости бега (с увеличением скорости бега увеличивается и частота дыхания). Бегун не должен задерживать дыхание. Дышать следует одновременно через нос и полуоткрытый рот, при этом важно следить за полным выдохом.

2.4.3. Возможные ошибки и осложнения в ходе проведения самостоятельных тренировок

В некоторых случаях тренировка может стать причиной различных осложнений, включая травмы опорно-двигательного аппарата.

Основная причина травматизма опорно-двигательного аппарата - перенапряжение. Слишком быстрое увеличение тренировочных нагрузок является чрезмерным для детренированных мышц, связок и суставов. К дополнительным факторам, способствующим повреждению опорно-двигательного аппарата, можно отнести:

- бег по твердому грунту;
- избыточную массу тела;
- обувь, не пригодную для бега;
-грубые ошибки в технике.

Следовательно, меры по профилактике травм должны быть направлены на устранение или ослабление воздействия этих факторов:

- Во время кроссового бега часто болит в правом боку (печень), либо в левом боку (селезенка). Печень важный орган в жизнедеятельности нашего организма (синтез жиров и углеводов, обмен белков и витаминов) является кровяным депо. Так вот в результате переполнения кровью печени возникают колики. Глубокое дыхание снижает приток крови к правому предсердию, уменьшает болевые ощущения. Бег не надо прекращать, необходимо снизить скорость передвижения и стараться дышать глубже.

- В процессе тренировок после значительного перерыва (отдыха) или при резком увеличении нагрузок могут появляться боли в мышцах, как правило, на другой день. Во время физической работы в организме образуются продукты распада, часть которых выводится из организма через мочевыделительную систему, а другая часть, в том числе, молочная кислота задерживается в мышечных тканях. Чтобы избавиться от нее, необходимо мышцу непосредственно после физической нагрузки заставить растянуться (с помощью упражнений на растяжение), а на следующий день выполнять какую-либо физическую работу, т.е. сокращаться. Эти меры помогут ускорить вывод молочной кислоты из мышц. Боли могут длиться несколько дней и если не предпринимать никаких мер, мышца теряет эластичность, становиться твердой. В этом случае могут помочь: массаж, банные процедуры, применение согревающих мазей и гелей.

- При выполнении напряженной физической работы длительное время, например, кроссовый бег, возникают такие состояния, которые получили название «мертвая точка» и «второе дыхание». Уже через некоторое время бега в организме начинаются изменения, которые заставляют нас прекратить мышечную деятельность. Такое временное снижение работоспособности получило название «мертвая точка». Механизм возникновения такого состояния недостаточно изучен. Предполагают, что он обусловлен временным нарушением

деятельности скелетных мышц и органов, обеспечивающих доставку кислорода в организм. Эти нарушения приводят к изменениям в работе нервных центров, что, в свою очередь, приводит к нарушениям в работе отдельных физиологических систем. Время возникновения и продолжительность этого состояния зависит от многих факторов, в частности от длительности и интенсивности физической нагрузки (например, при беге на 5-10 км и более возникает через 5-6 мин бега), от тренированности. Чем лучше тренирован человек, тем позже возникает это состояние и протекает менее тяжело (почти незаметно). Преодоление этого состояния требует значительного волевого усилия. В процессе проведения учебных и тренировочных занятий необходимо приучать себя преодолевать это неприятное ощущение, возникающее при кислородной недостаточности и накоплении продуктов кислотно-щелочного распада при обмене веществ. Наступлению «второго дыхания» способствуют усиленные дыхательные упражнения, глубокие выдохи, освобождающие организм от накопившейся углекислоты, что способствует наступлению кислотно-щелочного баланса в организме. Преодолеть состояние «мертвой точки» можно, если снизить интенсивность физической нагрузки, но это нежелательно, т.к. не будет адаптации организма к такого рода деятельности.

- При занятиях физическими упражнениями могут возникнуть отклонения в деятельности сердца - учащенное сердцебиение. Оно может быть следствием стенокардии, ссоры, неурядицы в быту, семье, боязни, страха, дистрофий миокарда. Возникновение болей - сигнал опасности, в этих случаях необходимо прекратить занятия и обратиться к врачу.

- Существует состояние, называемое гравитационным шоком. Часто возникает при внезапной остановки после относительно интенсивного бега (чаще после финиша) в связи с прекращением действия «мышечного насоса». Большая масса крови застаивается в раскрытых капиллярах и венах мышц нижних конечностей, на периферии. Возникает анемия (обескровливание) мозга, недостаточное снабжение его кислородом. Появляется резкое побледнение, слабость, головокружение, тошнота, потеря сознания, исчезновение пульса. Пострадавшего необходимо уложить на спину, поднять вверх ноги (выше головы), обеспечив отток венозной крови к сердцу, улучшив снабжение головного мозга кислородом, поднести к носу ватку смоченную нашатырным спиртом. Основная профилактика гравитационного шока - исключение внезапной остановки, постепенное замедление бега.

- Гипогликемическое состояние - следствие недостаточного количества в организме сахара, нарушение углеводного обмена в результате длительной физической нагрузки. Ощущается сильный голод, головокружение, иногда потеря сознания. Профилактика – легко усваиваемые углеводы до начала длительной физической нагрузки (немного сахара, меда и т.п.) или специальные питательные смеси.

- Солнечный и тепловой удары - возникают при длительной работе под действием солнечных лучей на обнаженную голову или тело. Тепловой удар - остро развивающееся болезненное состояние, обусловленное перегреванием организма. Его признаками являются: усталость, головная боль, слабость, боли в ногах, спине, тошнота, шум в ушах, повышение температуры, потемнение в глазах, ухудшение дыхания (прерывистое), потеря сознания.

Первая помощь: пострадавшего поместить в прохладное место, снять одежду, приподнять голову, охладить область сердца (холодный компресс), напоить. Дать понюхать нашатырный спирт, сердечные средства. При нарушении дыхания сделать искусственное дыхание.

При обморожениях на охлажденном участке вначале чувствуется легкое пощипывание, затем чувствительность теряется. Особенно поддаются ему пальцы рук, ног, нос, уши. Если произошло обморожение нельзя растирать пораженные места снегом, это только повредит кожу. Необходимо поместить обмороженный участок в тепло не растирать, а согревать при комнатной температуре. Обмороженные места смазать жиром (вазелином).

3. Актуальность задачи повышения уровня готовности обучающихся к зачетным занятиям, на основе управляемой адаптации к смене видов учебно-познавательной деятельности

Выполнение контрольных нормативов требует от студента мобилизации всех своих сил и здесь следует принимать во внимание и учитывать все что может повлиять на конечный результат, в том числе характер учебно-познавательной деятельности предшествующий зачетному занятию.

В течение учебного дня, занимаясь то одним видом учебно-познавательной деятельности, то другим, обучающиеся должны переключаться с выполнения одного вида задач на другой, и каждый раз проходит какое-то время, пока будет достигнуто оптимальное соответствие состояния личности и организма обучающегося к условиям проведения определенного вида учебно-познавательной деятельности – период адаптации.

Можно говорить о том, что к каждому учебному занятию кроме практической и теоретической подготовленности, определенного уровня умений и навыков по предмету, от студентов требуется некоторая психофизиологическая и физическая готовность. В этом случае под ней подразумевается готовность психических, физиологических и обеспечивающих двигательные действия систем человека к выполнению определенного рода учебно-познавательной деятельности.

Многообразие видов учебно-познавательной деятельности определяет многообразие психофизиологических и физических состояний обучающихся. Под психофизиологическим и физическим состоянием предлагается понимать целостные психофизиологические и

физические реакции обучаемого на внешние и внутренние факторы, направленные на достижение полезного результата.

Параметром психофизиологического и физического состояния является величина, характеризующая какую-либо из реакций организма обучаемого на внешние или внутренние факторы.

Уровень психофизиологической и физической готовности к предстоящему занятию, зависит от индивидуальных особенностей личности обучаемого и определенных внешних факторов, воздействующих на него на предыдущем занятии. Эти факторы можно разделить на три вида:

- санитарно-гигиенические условия;
- временные условия;
- организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности.

К санитарно-гигиеническим условиям относятся температура и влажность воздуха, освещенность, содержание кислорода в воздухе, эргономичность учебных мест, запыленность, загазованность места проведения занятия. К временным условиям относятся: время дня, день недели, месяц семестра, время года, а также время, прошедшее после последнего приема пищи.

Вышеперечисленные факторы оказывают существенное влияние на психофизиологическую и физическую готовность. Второй фактор заставляет учитывать объективные закономерности колебания уровня работоспособности студентов в течение учебного дня, учебной недели, семестра. Как известно, в течение учебного дня объективно наблюдается два периода подъема работоспособности: один в первой половине дня, второй – в послеобеденное время. Каждому периоду характерны три фазы: врабатывание, повышенная работоспособность, снижение работоспособности. В течение недели те же фазы распределяются следующим образом: понедельник, вторник – врабатывание; среда, четверг – повышенная работоспособность; пятница, суббота – снижение работоспособности. Исследования показали, что и семестровый цикл разделяется на те же фазы.

Влияние фактора «организация предыдущего вида учебно-познавательной деятельности» в данном случае рассматривается, как влияние особенностей психофизиологической и физической деятельности обучаемых на предыдущем занятии на их психофизиологическую и физическую готовность к последующему виду учебно-познавательной деятельности, в нашем случае к зачету. Психофизиологическая деятельность характеризуется напряженностью и характером мыслительной деятельности, а также нервно-эмоциональной напряженностью учебной деятельности.

Физическая деятельность характеризуется интенсивностью, видом мышечных действий и работой обеспечивающих эту деятельность физиологических систем. Мышечные действия

могут носить статический и динамический характер: поддержание рабочей позы «сидя», «стоя», выполнение чертежной, письменной работы, настройка и обслуживание аппаратуры, выполнение гимнастических упражнений и т.п. При этом используются, в той или иной степени, основные физические качества: сила, быстрота, выносливость, ловкость.

Влияние всех вышеперечисленных факторов преломляется через индивидуальные особенности личности, такие как типологические свойства нервной системы и темперамента, возрастные, морфологические, биохимические особенности организма, уровень физической подготовленности, состояние здоровья и другие, выливаясь, в итоге, в психофизиологическую и физическую готовность студента к предстоящему виду учебно-познавательной деятельности.

Следует отметить, что особенно явно эти проблемы проявляются при чередовании занятий по общенаучным, общеинженерным и специальным дисциплинам с практическими занятиями по физической культуре. В этом случае происходит смена видов деятельности, в одном из которых доминирующую роль играет умственная работа с пониженной двигательной активностью и сохранением определенной рабочей позы, в другом – разнообразная активная двигательная деятельность с сопровождающей ее мыслительной работой.

Методика проведения занятий предусматривает проведение вводной (подготовительной) части для организации обучающихся, приведения их в состояние готовности к решению задач основной части, в нашем случае к сдаче контрольного норматива, и заключительной – для подведения итогов, приведения организма в относительно спокойное состояние (для занятий по физической культуре), но при проведении этих частей занятий, как правило, не учитывается характер предыдущей и последующей деятельности студентов. Неучтение этого факта отрицательно влияет на скорость адаптации к виду учебно-познавательной деятельности, что особенно наглядно проявляется при чередовании практических занятий по физической культуре с занятиями по общеинженерным и специальным дисциплинам.

Складывается противоречие между имеющим место в практике обучения несоответствием уровня психофизиологической и физической готовности обучающихся, объективно складывающейся в ходе проведения предшествующего занятия, видом учебно-познавательной деятельности последующего занятия и неучтением этого факта в общепринятых методиках проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий, в том числе, по дисциплине «физическая культура»

Это противоречие можно устранить, обеспечив управление процессом адаптации студентов к смене видов учебно-познавательной деятельности в ходе проведения вводных (подготовительных) и заключительных частей занятий.

Для каждой темы занятия по физической культуре в зависимости от педагогической ситуации, складывающейся из контекстной пары - вид предшествующего и вид последующего

занятия, можно установить наиболее предпочтительные адаптирующие, предметно-ориентированные варианты проведения подготовительной и заключительной частей, оперативно поддерживающие достаточно высокий уровень психофизиологической и физической готовности при чередовании этих занятий с занятиями по другим дисциплинам.

Видится актуальной задача управления процессом адаптации обучаемых к смене видов учебно-познавательной деятельности с целью сокращения времени врабатывания и повышения эффективности как занятий, так и сдачи контрольных нормативов. Для решения этой задачи представляется наиболее целесообразным использовать проведение подготовительной (разминки) и заключительной частей занятий с адаптирующим, предметно-ориентированным содержанием.

В этом случае под управлением адаптацией следует понимать процесс педагогического воздействия с целью установления оптимального соответствия личности обучаемого и условий осуществления учебной деятельности в ходе осуществления им познавательной деятельности, которое позволяет индивидууму более эффективно удовлетворять актуальные познавательные потребности, и реализовывать связанные с ними значимые цели.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой,



Д.Ф. Шулиманов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

по дисциплине

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Автор: Шулиманов Д.Ф.

Одобрен на заседании кафедры

Физической культуры

(название кафедры)

Протокол № 2 от 18.09.2020

(Дата)

Екатеринбург
2020

Содержание

Цели и задачи дисциплины …….....3
Место дисциплины в структуре основной образовательной программы ……...3
Требования к оформлению контрольной работы ……..……3
Содержание контрольной работы…….....3
Выполнение работы над ошибками……...……10
Критерии оценивания контрольной работы ……...10
Образец титульного листа ……..……...11

1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей жизни и профессиональной деятельности.

Задачи:

- формирование осознания социальной значимости физической культуры и её роли в развитии личности и подготовке к профессиональной деятельности;
- изучение научно-биологических, педагогических и практических основ физической культуры и здорового образа жизни;
- формирование мотивационно-ценностного отношения к физической культуре, установки на здоровый стиль жизни, физическое совершенствование и самовоспитание привычки к регулярным занятиям физическими упражнениями и спортом;

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы

Дисциплина «Элективные курсы по физической культуре и спорту» относится к разделу «Блок 1. Базовая часть».

3. Требования к оформлению контрольной работы

Контрольные задания выполняются на листах формата А4 в рукописном виде, кроме титульного листа. На титульном листе (см. образец оформления титульного листа в печатном виде) указывается фамилия студента, номер группы, номер контрольной работы и фамилия преподавателя, у которого занимается обучающийся.

В конце работы должна быть поставлена подпись студента и дата выполнения заданий.

Контрольные задания должны быть выполнены в той последовательности, в которой они даны в контрольной работе.

Выполненную контрольную работу необходимо сдать преподавателю для проверки в установленные сроки.

Если контрольная работа выполнена без соблюдения изложенных выше требований, она возвращается студенту для повторного выполнения.

По дисциплине «элективные курсы по физической культуре и спорту» представлено 2 варианта контрольной работы.

Содержание контрольной работы

Вопросы для групповой дискуссии

1 .Что можно отнести к средствам физического воспитания?
2. Влияние климатогеографического фактора на здоровье и работоспособность человека
3. Чем отличается спорт от физической культуры?
4. Что мы относим к материальным ценностям физической культуры, а что – к духовным?
5. В чем состоит взаимосвязь физической и умственной деятельности человека?
6. Причины возникновения таких явлений как гипокинезия и гиподинамия
7. Для чего нужна адаптивная физическая культура?
8. При выборе вида спорта на какие аспекты и характеристики необходимо обратить основное внимание.

Контрольная работа №1

Вариант 1

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. Часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности – это:

а) физическая культура; б) спорт; в) туризм; г) физическое развитие.

2. Физическое воспитание – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) приобщение человека к физической культуре;

в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) процесс формирования определенных физических и психических качеств.

3. Чем спорт отличается от физической культуры:

а) наличием специального оборудования; б) присутствием зрителей; в) наличием соревновательного момента; г) большой физической нагрузкой.

4 Какой из ниже перечисленных принципов не относится к основным принципам физического воспитания:

а) сознательности и активности; б) наглядности; в) последовательности;
г) систематичности;

5 Под физическим развитием понимается:

а) процесс изменения морфофункциональных свойств организма на протяжении жизни;
б) размеры мускулатуры, форма тела, функциональные возможности дыхания и кровообращения, физическая работоспособность;
в) процесс совершенствования физических качеств, при выполнении физических упражнений;
г) уровень, обусловленный наследственностью и регулярностью занятий физической культурой и спортом.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

2. Состояние здоровья обусловлено:

а) резервными возможностями организма; б) образом жизни;
в) уровнем здравоохранения; г) отсутствием болезней.

3. Что не относятся к внешним факторам, влияющим на человека:

а) природные факторы; б) факторы социальной среды; в) генетические факторы;
г) биологические факторы.

4. Сколько времени необходимо нормальному человеку для ночного сна:

а) 5 – 6 часов; б) 6 – 7 часов; в) 7 – 8 часов; г) 8 – 9 часов.

5. К активному отдыху относится:

а) сон; б) отдых сидя; в) занятия двигательной деятельностью; г) умственная деятельность.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическими упражнениями называются:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Занятия физическими упражнениями отличаются от трудовых действий:

а) интенсивностью; б) задачами; в) местом проведения; г) все ответы верны.

3. Физические упражнения являются:

а) принципом физического воспитания; б) методом физического воспитания;
в) средством физического воспитания; г) функцией физического воспитания.

4. Что не относится к методам физического воспитания:

а) игровой; б) регламентированного упражнения; в) словесный и сенсорный;
г) самостоятельный.

5. Метод в физической культуре – это

а) основное положение, определяющее содержание учебного процесса по физической культуре;
б) руководящее положение, раскрывающее принципы физической культуры;
в) конкретная причина, заставляющая человека выполнять физические упражнения;
г) способ применения физических упражнений.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Физическая подготовка – это:

а) педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;

г) процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

2. К основным физическим качествам относятся:

а) рост, вес, объем бицепсов, становая сила; б) бег, прыжки, метания, лазания;
в) сила, выносливость, быстрота, ловкость, гибкость; г) взрывная сила, прыгучесть, меткость.

3. Различают гибкость:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) простую и сложную.

4. Какие виды спорта развивают преимущественно выносливость:

а) спортивные единоборства; б) циклические; в) спортивные игры; г) ациклические.

5. Скоростно-силовые качества преимущественно развиваются:

а) в тяжелой атлетике; б) в акробатике; в) в конькобежном спорте; г) в лыжном спорте.

Вариант 2

ДЕ-1: Физическая культура в общекультурной и профессиональной подготовке обучающихся.

1. На что преимущественно влияют занятия по физической культуре:

а) на интеллектуальные способности;
б) на удовлетворение социальных потребностей;
в) на воспитание лидерских качеств;
г) на полноценное физическое развитие.

2. Физическая культура – это:

а) часть общечеловеческой культуры, специфический процесс и результат человеческой деятельности, средство и способ физического совершенствования личности;
б) часть наука о природе двигательной деятельности человека
в) вид воспитательного процесса, специфика которого заключена в обучении двигательным актам и управлением развитием и совершенствованием физических качеств человека;
г) процесс физического образования и воспитания, выражающий высокую степень развития индивидуальных физических способностей.

3. Что не относиться к компонентам физической культуры:

а) физическое развитие; б) спорт высших достижений; в) оздоровительно-реабилитационная физическая культура;
г) гигиеническая физическая культура.

4. Выбрать правильное определение термина «Физическое развитие»:

а) физическое развитие – это педагогический процесс, направленный на формирование физической культуры личности в результате педагогического воздействия и самовоспитания;
б) физическое развитие – это приобщение человека к физической культуре, в процессе которой он овладевает системой знаний, ценностей, позволяющих ему осознанно и творчески развивать физические способности;
в) физическое развитие – это биологический процесс становления, изменения естественных морфологических и функциональных свойств организма в течение жизни человека;
г) физическое развитие – это процесс формирования определенных физических и психических качеств, умений и навыков человека посредством направленных занятий с применением средств физической культуры.

5. Теоретический материал учебного предмета «Физическая культура и спорт» в высших учебных заведениях включает в себя:

а) фундаментальные знания общетеоретического характера;
б) инструктивно-методические знания;
в) знания о правилах выполнения двигательных действий;
г) все вышеперечисленное.

ДЕ-2: Основы здорового образа жизни обучающегося.

1. Что понимается под закаливанием:

а) купание в холодной воде и хождение босиком;
б) приспособление организма к воздействиям внешней среды;
в) сочетание воздушных и солнечных ванн с гимнастикой и подвижными играми;
г) укрепление здоровья.

2. Определение понятия «Здоровье» Всемирной организации здравоохранения. Здоровье это:

а) естественное состояние организма без болезней и недомоганий;
б) состояние полного физического, умственного и социального благополучия;
в) состояние отсутствия каких-либо заболеваний;
г) все перечисленное.

3. Какое понятие не относится к двигательной активности человека:

а) гипоксия; б) гиподинамия; в) гипокинезия; г) гипердинамия.

4. Какая из перечисленных функций не относится к функции кожи:

а) защита внутренней среды организма; б) теплорегуляция; в) выделение из организма продуктов обмена веществ; г) звукоизоляция.

5. Соблюдение режима дня способствует укреплению здоровья, потому что:

а) обеспечивает ритмичность работы организма;
б) позволяет правильно планировать дела в течение дня;
в) распределение основных дел осуществляется более или менее стандартно в течение каждого дня;
г) позволяет избегать неоправданных физических напряжений.

ДЕ-3: Средства и методы физической культуры.

1. Физическое упражнение - это:

а) двигательные действия, используемые для формирования техники движений;
б) двигательные действия, используемые для развития физических качеств и укрепления здоровья;
в) двигательные действия, выполняемые на занятиях по физической культуре и самостоятельно;
г) двигательные действия, направленные на реализацию задач физического воспитания.

2. Положительное влияние физических упражнений на развитие функциональных возможностей организма будет зависеть:

а) от технической и физической подготовленности занимающихся;
б) от особенностей реакций систем организма в ответ на выполняемые упражнения;
г) от состояния здоровья и самочувствия занимающихся во время выполнения упражнений;
г) от величины физической нагрузки и степени напряжения в работе определенных мышечных групп.

3. Что не относиться к средствам физического воспитания:

а) физические упражнения;
б) подвижные игры;
в) соревнования;
в) спортивные игры.

4. Что относится к методическим принципам физического воспитания:

а) сознательность и активность;
б) наглядность и доступность;
в) систематичность и динамичность;
г) все вышеперечисленное.

5. Регулярные занятия физическими упражнениями способствует повышению работоспособности, потому что:

а) во время занятий выполняются двигательные действия, содействующие развитию силы и выносливости;
б) достигаемое при этом утомление активизирует процессы восстановления и адаптации;
в) в результате повышается эффективность и экономичность дыхания и кровообращения;
г) человек, занимающийся физическими упражнениями, способен выполнять больший объем физической работы за отведенный отрезок времени.

ДЕ-4: Общая физическая и специальная подготовка в системе физического воспитания.

1. Степень владения техникой действий, при которой повышена концентрация внимания на составные операции (части), наблюдается нестабильное решение двигательной задачи – это

а) двигательное умение; в) массовый спорт; в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Для воспитания быстроты используются:

а) упражнения в беге с максимальной скоростью на короткие дистанции;
б) подвижные и спортивные игры;
в) упражнения на быстроту реакции и частоту движений;
г) двигательные упражнения, выполняемые с максимальной скоростью.

3. Различают два вида выносливости:

а) абсолютная и относительная; б) общая и специальная; в) активная и пассивная;
г) динамическую и статическую.

4. Процесс воспитания физических качеств, обеспечивающих преимущественное развитие тех двигательных способностей, которые необходимы для конкретной спортивной дисциплины - это

а) общая физическая подготовка; б) двигательное умение; в) специальная физическая подготовка; г) двигательный навык.

5. Различают силу:

а) абсолютную и относительную; б) общую и специальную; в) активную и пассивную;
г) статическую и динамическую.

Контрольная работа №2

Вариант 1

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. В комплекс утренней гимнастики следует включать:

а) упражнения с отягощением; б) упражнения статического характера;
в) упражнения на гибкость и дыхательные упражнения; г) упражнения на выносливость.

2. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

3. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

4. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. Регулярные занятия доступным видом спорта, участия в соревнованиях с целью укрепления здоровья, коррекции физического развития и телосложения, активного отдыха, достижение физического совершенствования – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

2. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает гибкость и ловкость:

а) фехтование;
б) баскетбол;
в) фигурное катание;
г) художественная гимнастика.

3. Количество игроков одной команды в волейболе на площадке:

а) 7; б) 6; в) 5; г) 8.

4. Как осуществляется контроль за влиянием физических нагрузок на организм во время занятий физическими упражнениями:

а) по частоте дыхания;
б) по частоте сердечно-сосудистых сокращений;
в) по объему выполненной работы.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Степень владения техникой действия, при которой управление движением происходит автоматически, и действия отличаются надежностью – это:

а) двигательное умение;
б) массовый спорт;
в) двигательный навык;
г) спорт высших достижений.

2. Как дозируются упражнения на гибкость:

а) до появления пота;
б) до снижения амплитуды движений;
в) по 12-16 циклов движений;
г) до появления болевых ощущений.

3. При воспитании силы применяются специальные упражнения с отягощениями. Их отличительная особенность заключается в том, что:

а) в качестве отягощения используется собственный вес человека;
б) они выполняются до утомления;
в) они вызывают значительное напряжение мышц;
г) они выполняются медленно.

4. В каком из перечисленных видов спорта преимущественно развивается выносливость:

а) в фигурном катании;
б) в пауэрлифтинге;
в) в художественной гимнастике;
г) в лыжном спорте.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. Регулярные занятия физическими упражнениями способствуют повышению работоспособности, потому что:

а) обеспечивают усиленную работу мышц;

б) обеспечивают выполнение большого объема мышечной работы с разной интенсивностью;
в) обеспечивают усиленную работу систем дыхания и кровообращения;
г) обеспечивают усиленную работу системы энергообеспечения.

2. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

3. При нагрузке средней интенсивности частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин;
б) 130 – 150 уд/мин;
в) 150 – 170 уд/мин;
г) более 170 уд/мин

4. Что называется «разминкой», проводимой в подготовительной части занятия:

а) чередование легких и трудных общеразвивающих упражнений;
б) чередование беговых и общеразвивающих упражнений;
в) подготовка организма к предстоящей работе;
г) чередование беговых упражнений и ходьбы.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

Специально направленное и избирательное использование средств физической культуры и спорта для подготовки человека к определенной профессиональной деятельности – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) производственная физическая культура;
г) массовый спорт.

1. ППФП строится на основе и в единстве с:

а) физической подготовкой; б) технической подготовкой; в) тактической подготовкой;
г) психологической подготовкой.

3. Какая из нижеперечисленных задач не является задачей ППФП:

а) развитие физических способностей, специфических для данной профессии;
б) формирование профессионально-прикладных сенсорных умений и навыков;
в) сообщение специальных знаний для успешного освоения практических навыков трудовой деятельности;
г) повышение функциональной устойчивости организма к неблагоприятному воздействию факторов окружающей среды.

4. Что не является формой занятий по ППФП:

а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Вариант 2

ДЕ-1: Основы методики самостоятельных занятий физическими упражнениями.

1. Определение повседневных изменений в подготовке занимающихся – это:

а) педагогический поэтапный контроль;
б) педагогический текущий контроль;
в) педагогический оперативный контроль;
г) педагогический двигательный контроль.

1. В комплекс утренней гимнастики не рекомендуется включать:

а) упражнения на гибкость;
б) дыхательные упражнения;
в) упражнения с отягощением;
г) упражнения для всех групп мышц.

2. Самостоятельные тренировочные занятия не рекомендуется выполнять:

а) за час до приема пищи;
б) после сна натощак;
в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда;
г) за 3 часа до отхода ко сну.

4. Дневник самоконтроля нужен для:

а) коррекции содержания и методики занятий физическими упражнениями;
б) контроля родителей;
в) лично спортсмену;
г) лично тренеру.

ДЕ-2: Спорт. Индивидуальный выбор видов спорта или систем физических упражнений.

1. К циклическим видам спорта не относится:

а) волейбол;
б) стайерский бег;
в) плавание;
г) спортивная ходьба.

2. Какой из перечисленных видов спорта преимущественно развивает координацию движений:

а) спортивная гимнастика;
б) лыжный спорт;
в) триатлон;
г) атлетическая гимнастика.

3. Систематическая плановая многолетняя подготовка и участие в соревнованиях в избранном виде спорта с целью достижения максимальных спортивных результатов – это:

а) спорт высших достижений;
б) лечебная физическая культура;
в) профессионально-прикладная физическая культура;
в) массовый спорт.

4. Какие упражнения включаются в разминку почти во всех видах спорта:

а) упражнения на развитие выносливости;
б) упражнения на развитие гибкости и координации движений;
в) бег и общеразвивающие упражнения.

ДЕ-3: Особенности занятий избранным видом спорта или системой физических упражнений.

1. Какая из представленных способностей не относится к группе координационных:

а) способность сохранять равновесие;
б) способность точно дозировать величину мышечных усилий;
в) способность быстро реагировать на стартовый сигнал;
г) способность точно воспроизводить движения в пространстве.

2. Почему на занятиях по «физической культуре» выделяют подготовительную, основную и заключительную части:

а) так удобнее распределять различные по характеру упражнения;
б) выделение частей занятий связано с необходимостью управлять динамикой работоспособности занимающихся;
в) выделение частей в занятии требует Министерство науки и образования;
г) перед занятием, как правило, ставятся 3 задачи, и каждая часть предназначена для них.

3. Величина нагрузки физических упражнений обусловлена:

а) сочетанием объема и интенсивности двигательных действий;
б) степень преодолеваемых при их выполнении трудностей;
в) утомлением, возникающим в результате их выполнения;
г) частотой сердечных сокращений.

4. Назовите количество игроков на волейбольной площадке:

а) 4; б) 5; в) 6; г) 7.

ДЕ-4: Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом.

1. К объективным показателям самоконтроля относится:

а) частота сердечных сокращений; б) самочувствие; в) аппетит; г) сон.

2. При нагрузке интенсивности выше средней частота пульса достигает:

а) 100 – 130 уд/мин; б) 130 – 150 уд/мин; в) 150 – 170 уд/мин; г) более 170 уд/мин.

3. Самостоятельные тренировочные занятия рекомендуется выполнять:

а) после приема пищи; б) после сна натощак; в) во второй половине дня, через 2-3 часа после обеда; г) перед сном.

4. Меры профилактики переутомления:

а) посидеть 3-4 минуты;
б) сменить вид деятельности;
в) прекратить выполнение действий, пройти обследование у врачей, выполнить их рекомендации;
г) достаточно 2 дней полноценного отдыха для восстановления.

ДЕ-5: Профессионально-прикладная физическая подготовка (ППФП) обучающихся.

1. Система методически обоснованных физических упражнений, физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, направленных на повышение и сохранение устойчивой и профессиональной дееспособности – это:

а) физкультурная пауза;
б) производственная физическая культура;
в) спорт высших достижений;
г) массовый спорт.

2. Профессионально-прикладная физическая подготовка - это
а) специализированный вид физического воспитания, осуществляемый в соответствии с особенностями и требованиями данной профессии;
б) система профессиональных мероприятий, осуществляемая в соответствии с особенностями данной профессии;
в) процесс формирования специализированных знаний, умений и навыков;
г) целенаправленное воздействие на развитие физических качеств человека посредством нормированных нагрузок.
3. Какой вид спорта наиболее эффективно развивает координационные способности монтажников-высотников:
а) фехтование; б) баскетбол; в) мото-спорт; г) гимнастика.
4. Что не является формой занятий по ППФП:
а) спортивно-прикладные соревнования; б) учебные занятия; в) занятия в период учебной практики; г) рекреационные занятия.

Проблемные и сложные вопросы, возникающие в процессе изучения курса и выполнения контрольной работы, необходимо решать с преподавателем на консультациях.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать самостоятельное изучение студентом рекомендованной литературы.

Студент получает проверенную контрольную работу с исправлениями в тексте и замечаниями. В конце работы выставляется оценка «зачтено», «не зачтено». Работа с оценкой «не зачтено» должна быть доработана и представлена на повторную проверку.

Выполнение работы над ошибками

При получении проверенной контрольной работы необходимо проанализировать отмеченные ошибки. Все задания, в которых были сделаны ошибки или допущены неточности, следует еще раз выполнить в конце данной контрольной работы. Контрольные работы являются учебными документами, которые хранятся на кафедре до конца учебного года.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценка за контрольную работу определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы: 1 правильный ответ = 2 балл. Максимум 40 баллов.

Результат контрольной работы

Контрольная работа оценивается на «зачтено», «не зачтено»:

20-40 балла (50-100%) - оценка «зачтено»;

0-19 балла (0-49%) - оценка «не зачтено»;

Образец оформления титульного листа



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Кафедра физической культуры

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по дисциплине
ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ

Выполнил: Иванов Иван Иванович
Группа _____

Преподаватель: Петров Петр Петрович

Екатеринбург
2020

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙРАБОТЫ

Б1.О.07 РУССКИЙ ЯЗЫК И ДЕЛОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Меленскова Е. С., к.ф.н.

Одобрены на заседании кафедры

Иностранных языков и деловой коммуникации

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

к.п.н., доц. Юсупова Л. Г.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 22.09.2020

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020

(Дата)

Екатеринбург

Методические рекомендации к дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

Самостоятельная работа обучающегося в образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

Основные виды аудиторных занятий по дисциплине «Русский язык и культура речи» – лекция и практическое занятие.

Формы контроля самостоятельной работы студентов – опрос, дискуссия, проверка на практическом занятии, разноуровневые задания, зачет.

Обоснование затрат времени на самостоятельную работу обучающихся (СРО)

Суммарный объем часов на СРО очной формы обучения составляет 76 часов.

№ п/п	*Виды самостоятельной работы*	*Единица измерения*	*Норма времени, час*	*Расчетная трудоемкость СРО по нормам, час.*	*Принятая трудоемкость СРО, час.*
Самостоятельная работа, обеспечивающая подготовкук аудиторным занятиям					55
1	Повторение материала лекций	1 час	0,1-4,0	1,0 х 16	16
2	Самостоятельное изучение тем курса	1 тема	1,0-8,0	2,0 х 3	6
3	Ответы на вопросы для самопроверки (самоконтроля)	1 тема	0,5-1,0	1,0 х 13	13
4	Подготовка к практическим (семинарским) занятиям	1 занятие	0,3-2,0	2,0 х 8	16
5	Подготовка к дискуссии	1 занятие	1,0-4,0	4,0 х1	4
Другие виды самостоятельной работы					21
6	Выполнение самостоятельного письменного домашнего задания (разноуровневые задания)	1 задание	1,0-25,0	1,0 х 21	21
	Итого:				**76**

Подготовка к лекции и опросу

Необходимость самостоятельной работы по подготовке к лекции или опросу определяется тем, что изучение любой дисциплины строится по определенной логике освоения ее разделов, представленных в РУП данной дисциплины.

Перечень примерныхвопросовдля самоконтроля.

Раздел 1. Культура речи и деловое общение

1. Каковы основные отличия общения в официальной и неофициальной обстановке?
2. Какие функции общения реализуются в ситуации занятия? Каких функций необходимо избегать?
3. Какие основные требования предъявляются к деловому общению?
4. По каким аспектам мы оцениваем культуру речи каждого человека?

5. Почему наши тексты должны соответствовать коммуникативным качествам речи?

Раздел 2. Современный русский язык. Типология языковых норм

1. Как соотносятся понятия «язык» и «речь»?
2. Как можно охарактеризовать современный русский язык?
3. Какие разновидности выделяются в национальном русском языке?
4. Что такое литературный язык? Как это понятие соотносится с литературно-художественным стилем?
5. Перечислите типы языковых норм. Что такое императивная и диспозитивная норма?

Раздел 3. Стилистика русского языка. Официально-деловой стиль

1. Перечислите функциональные стили, которые выделяются в современном русском языке. Дайте им краткую характеристику.
2. Каковы основные стилевые и языковые особенности официально-делового стиля?
3. Какие требования предъявляются к оформлению документов?

Часть тем дается на самостоятельное изучение с опорой на список предложенной литературы. Перечень и тем их количество определяется формой обучения.

Очная форма

1. Общая характеристика функциональных стилей
2. Научный стиль русского языка
3. Стилевая, языковая и жанровая специфика научного стиля

Подготовка к практическому занятию

Подготовка к практическому занятию нередко требует подбора материала, с которым предстоит работа на занятии, или отработку навыков, проверка которых состоится непосредственно в аудитории (например, выполнение аналогичных, однотипных заданий). Здесь же можно отметить еще один вид СРО – это **выполнение самостоятельного письменного домашнего задания**.

К первому практическому занятию студенты самостоятельно готовят задания, посвященные лексикографии:

Меленскова Е. С. Культура речи и стилистика русского языка: учебное пособие для студентов специальностей 21.05.02 – «Прикладная геология», 21.05.03 –«Технология геологической разведки», 21.05.04 – «Горное дело».– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – С. 4-10.

Особое внимание при подготовке уделяется заданию 4, которое выполняется письменно.

К Разделу 2 по указанному выше пособию необходимо сделать следующие упражнения самостоятельно в качестве тренировки и отработки навыков владения нормами литературного русского языка:

Зад. 5-12 стр. 10-19 (орфографические и пунктуационные нормы)

Зад. 13-15 стр. 19-20 (акцентологические нормы)

Зад. 16-20 стр. 20-23 (орфоэпические нормы)

Зад. 21 стр. 23 (словообразовательные нормы)

Зад. 22-29 стр. 23-26 (лексические нормы)

Зад. 30-40 стр. 27-31 (морфологические нормы)

Зад. 41-44 стр. 31-34 (синтаксические нормы)

При выполнении заданий рекомендуется обращаться к словарям и справочникам. В указанном учебном пособии есть отсылки к необходимой литературе.

Часть этих упражнений преподаватель на свое усмотрение предлагает в качестве самостоятельного письменного домашнего задания.

К Разделу 3 по указанному пособию необходимо сделать следующую работу самостоятельно:

Стр. 35-37 – конспект

Зад. 45 стр. 38-40, зад. 47 стр. 41-47 (в качестве подготовки к тестированию)

Стр. 47-50 – конспект

Зад. 48 стр. 50-56 (по вариантам в сильных группах)

Стр. 77-82 – конспект

Зад. 53 стр. 82-83, зад. 54 стр. 83-84 (в качестве подготовки к разноуровневым заданиям).

Подготовка к дискуссии

Дискуссия – это целенаправленное обсуждение конкретного вопроса, сопровождающееся обменом мнениями, идеями между двумя и более лицами. Задача дискуссии – обнаружить различия в понимании вопроса и в споре попытаться установить истину. Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и другой, которая не имеет общепринятого, однозначного решения) происходит в аудитории коллективно. Дискуссия позволяет включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса в рамках актуальной проблематики, оценить их умение формулировать и аргументировать собственную точку зрения.

При подготовке к дискуссии необходимо выбрать актуальную тему, разбиться на три группы 1) те, кто будет отстаивать точку зрения «ЗА», 2) те, кто будет приводить контраргументы и отстаивать позицию «ПРОТИВ», и 3) сторонние наблюдатели, которые будут оценивать происходящее и объяснять, почему они склоняются в итоге к мнению первой или второй команды. Первые две группы готовят тексты своих выступлений заранее. Также заранее можно сформулировать вопросы, которые будут корректироваться по ходу дискуссии.

Подготовка к зачету

Зачет является традиционной формой проверки знаний, умений и навыков, сформированных у студентов в процессе освоения всего содержания изучаемой дисциплины.

Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: прежде всего нужно перечитать все лекции, конспекты, а также просмотреть материалы, которые самостоятельно готовились к лекциям или практическим занятиям. Поскольку зачет проходит в форме теста, можно предварительно потренироваться выполнять тестовые задания по дисциплине «Русский язык и культура речи».

Для подготовки к тесту рекомендуется использовать учебное пособие:

МеленсковаЕ.С. Культура речи и деловое общение: Тестовые задания для студентов всех специальностей очной и заочной формы обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011.

Тестовые задания позволяют обобщить полученные теоретические знания (часть заданий нацелена на проверку знания теории курса) и практические навыки (часть тестовых заданий составлена с опорой на упражнения, которые студенты выполняют при подготовке к занятиям).

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-воэкз.*
1	*Голуб И.Б.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / И. Б. Голуб. – Электрон.текстовые данные. – М.: Логос, 2014. – 432 с. – 978-5-98704-534-3. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/39711.html	Электронный ресурс
2	*Культура устной и письменной речи делового человека*: Справочник. Практикум. М.: Флинта: Наука, 2012 (и другие издания).	166
3	*Меленскова Е. С.* Культура речи и деловое общение: тестовые задания для студентов всех специальностей. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 78 с.	98
4	*Меленскова Е. С.* Русский язык делового общения: учебное пособие для студентов всех специальностей и направлений подготовки. Екатеринбург: УГГУ, 2018. 80 с.	101

2. Дополнительная литература

№ п/п	*Наименование*	*Кол-воэкз.*
1.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи: учебное пособие для вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 544 с. (и другие стереотипные издания)	216
2.	*Введенская Л. А., Павлова Л. Г., Кашаева Е. Ю.* Русский язык и культура речи для инженеров: учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. 384 с.	19
3.	*Веселкова Т. В.* Культура устной и письменной коммуникации [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. В. Веселкова, И. С. Выходцева, Н. В. Любезнова. – Электрон.текстовые данные. – Саратов: Вузовское образование, 2016. – 268 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/54473.html	Электронный ресурс
4.	*Карякина М. В*. Русский язык и культура речи. Подготовка к контрольному тестированию. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 71 с.	40
5.	*Лапынина Н. Н.* Русский язык и культура речи [Электронный ресурс]: курс лекций / Н. Н. Лапынина. — Электрон.текстовые данные. – Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. – 161 с. – 978-5-89040-431-2. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/22667.html	Электронный ресурс
6.	*Лыткина О. И.* Теоретический курс культуры речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. И. Лыткина. – Электрон.текстовые данные. – М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2009. – 105 с. – 2227-8397. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46332.html	Электронный ресурс
7.	*Меленскова Е. С.* Русский язык и культура речи: учебное пособие с упражнениями и контрольными работами для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 80 с.	38
8.	*Меленскова Е. С.* Стилистика русского языка: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 86 с.	27
9.	*Миняева В. И.* Репетитор по русскому языку. Орфография. Пунктуация. Культура речи: учебное пособие. 5-е изд., испр. и доп. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 239 с.	20
10.	*Петрова Ю. А.* Культура и стиль делового общения [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Петрова. – Электрон.текстовые данные. – М.: ГроссМедиа, 2007. –	Электронный ресурс

	190 с. – 5-476-003-476. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/1129.html	
11.	*Скворцов Л. И.* Большой толковый словарь правильной русской речи [Электронный ресурс]/ Скворцов Л. И. – Электрон.текстовые данные. – М.: Мир и Образование, Оникс, 2009. – 1104 с. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/14555.html. – ЭБС «IPRbooks».	Электронный ресурс
12.	*Усанова О. Г.* Культура профессионального речевого общения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / О. Г. Усанова. – Электрон.текстовые данные. – Челябинск: Челябинский государственный институт культуры, 2008. – 93 с. – 5-94839-062-4. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/56426.html	Электронный ресурс
13.	*Федосюк М. Ю., Ладыженская Т. А., Михайлова О. А., Николина Н. А.* Русский язык для студентов-нефилологов: учебное пособие. М.:Флинта: Наука, 2014 (и другие стереотипные издания)	169

ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. *ГОСТ 6.30-2003.* «Унифицированные системы документации. Унифицированная система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов» (электронная публикацияhttp://docs.cntd.ru/document/1200031361).
2. *Грамота (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramota.ru.
3. *Культура письменной речи (сайт)* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.gramma.ru.
4. *Русский язык*: *энциклопедия русского языка (сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://russkiyyazik.ru.
5. *Стилистический энциклопедический словарь русского языка(сайт).* [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://stylistics.academic.ru.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет геологии и геофизики

Кафедра “Математики”



ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Решебник задач по высшей математике

Екатеринбург 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Часть 1. ЛИНЕЙНАЯ АЛГЕБРА С ЭЛЕМЕНТАМИ ОБЩЕЙ АЛГЕБРЫ **6**

1. ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ АЛГЕБРУ

Практическое занятие 1 6

Множества, операции, отношения 6

Практическое занятие 2 12

Комплексные числа 12

Задания для самостоятельной работы 15

2. ВЕКТОРНЫЕ ПРОСТРАНСТВА И ЛИНЕЙНЫЕ ОПЕРАТОРЫ 20

Практическое занятие 1 20

Метод координат, векторы 20

Практическое занятие 2 31

Векторное и смешанное произведения 31

Прямая линия и плоскость, взаимное расположение прямой линии и плоскости 33

Практическое занятие 3 37

Абстрактные векторные пространства 37

Практическое занятие 4 58

Операторы, матрицы, определители и СЛАУ 58

Практическое занятие 5 73

Ядро и ранг линейного оператора. Критерии совместности СЛАУ 73

Задания для самостоятельной работы 82

Векторная алгебра 82

Прямые линии и плоскости 84

Операторы, матрицы 85

Часть 2. ОПЕРАТОРЫ В ЕВКЛИДОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ 93

Практическое занятие 1 93

Собственные и инвариантные подпространства. Самосопряжённые и ортогональные операторы 93

Практическое занятие 2 114

Наклонная, перпендикуляр, проекция, оператор проектирования 114

Практическое занятие 3 121

Квадратичные формы. Поверхности второго порядка 121

Задания для самостоятельной работы 131

Собственные значения и собственные векторы 131

Инвариантные подпространства 132

Геометрия пространства E^n 134

ЧАСТЬ 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ ОДНОГО И НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ 138

Практическое занятие 1 138

Определение предела последовательности 138

Вычисление предела последовательности 140

Непрерывность и предел функции 146

Практическое занятие 2 150

Дифференцируемость функции одного переменного 150

Логарифмическое дифференцирование 155

Дифференцирование функций, заданных неявно 156

Дифференцирование функций, заданных параметрически 158

Понятие дифференциала функции. Приближённые вычисления 159

Практическое занятие 3. Основные теоремы дифференциального исчисления 161

Теоремы Ферма, Ролля, Лагранжа, Коши 161

Правила Лопиталя 165

Формула Тейлора и формула Маклорена 166

Практическое занятие 4. Исследование функций одного переменного 170

Промежутки монотонности функции 170

Схема исследования функции на локальные экстремумы с помощью первой производной 172

Полное исследование функции 177

Практическое занятие 5. Интегрируемость функций одного переменного 178

Непосредственное интегрирование 178
Подведение под дифференциал 178
Методы подстановки (замены переменной интегрирования) и интегрирования по частям 180
Формула Ньютона-Лейбница, вычисление определённого интеграла мето дом замены переменной и интегрирования по частям 181
Практическое занятие 6. Дифференцируемость функций нескольких переменных 183
Первые частные производные функций нескольких переменных 183
Частные производные функций нескольких переменных высших порядков 189
Дифференцируемость функций нескольких переменных 191
Дифференциалы высших порядков 193
Производные сложных и неявно заданных функций 194
Практическое занятие 7 197
Градиент функции и производная по направлению 197
Экстремум функции двух переменных 198
Практическое занятие № 8 200
Непосредственное вычисление суммы числового ряда 200
Необходимый признак сходимости 201
Признак сравнения 202
Признак Даламбера 203
Знакопеременные ряды 204
Практическое занятие 9 206
Функциональные ряды 206
Ряд Тейлора (Маклорена) 210
Задания для самостоятельной работы 212
Предел и дифференцируемость функций одного переменного 212
Дифференцируемость функций нескольких переменных. 218
Интегрируемость функции одного переменного 218
Числовые ряды 225
Функциональные ряды 227

ЧАСТЬ 4. ТЕОРИЯ ПОЛЯ. ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ. ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ 230

Практическое занятие 1 230

Базисные векторные поля 230

Практическое занятие 2 240

Вычисление криволинейных интегралов 240

Практическое занятие 3 243

Вычисление двойного интеграла в декартовых координатах 243

Вычисление площади, объёма и массы 245

Вычисление двойного интеграла в полярных координатах 246

Вычисление тройного интеграла в декартовых координатах 250

Вычисление тройного интеграла в цилиндрических и сферических координатах 251

Практическое занятие 4 253

Приложения криволинейных и кратных интегралов 253

Практическое занятие 5 259

Поверхностные интегралы первого и второго рода 259

Практическое занятие 6 262

Векторный анализ 262

Практическое занятие 7 271

Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными 271

Дифференциальные уравнения с однородной правой частью 273

Линейные дифференциальные уравнения первого порядка 274

Неполные обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка 276

Линейные однородные дифференциальные уравнения второго порядка 279

Линейные неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка. Метод Лагранжа 281

Примеры из механики 283

Практическое занятие 8 286

Линейные системы ОДУ, методы Эйлера и Лагранжа 286

Задания для самостоятельной работы 293

Интегрирование и теория поля 293

Обыкновенные дифференциальные уравнения 298

ЧАСТЬ 1. Линейная алгебра с элементами общей алгебры

1. ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ АЛГЕБРУ

Практическое занятие 1

Множества, операции, отношения

Задача 1.1.1. Найти все подмножества множества $M = \{4, 7, 9\}$.

Р е ш е н и е. Подмножествами данного множества являются: пустое множество $\varnothing$; само множество M; одноэлементные множества $\{4\}, \{7\}, \{9\}$; двухэлементные множества $\{4, 7\}, \{4, 9\}, \{7, 9\}$. $\otimes$

Задача 1.1.2. Найти пересечение, объединение и разность множеств $A = \{a, b, c, d, e, f\}, B = \{b, e, f, k\}$.

Р е ш е н и е. Пересечение множеств $A \cap B$ содержит три элемента

$$A \cap B = \{b, e, f\},$$

объединение множеств содержит семь элементов

$$A \cup B = \{a, b, c, d, e, f, k\},$$

разность

$$A - B = \{a, c, d\}. \otimes$$

Задача 1.1.3. Найти пересечение множеств решений неравенств

$$2x - 3 > x + 1,\ 3x - 8 < 2x + 1,$$

полагая, что $x \in R^1$.

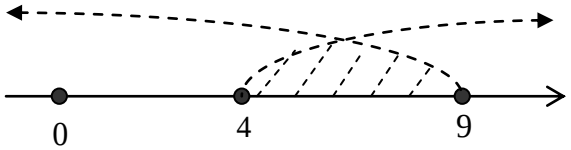


Рис. 1.

Р е ш е н и е. Решением первого неравенства является множество действительных чисел $x > 4$, решением второго неравенства является множество действительных чисел $x < 9$. Их пересечением (рисунок 1.1.1) является множество $M = \{x \in R^1 : 4 < x < 9\}$. $\otimes$

Задача 1.1.4. Найти произведение $A \times B$ множеств

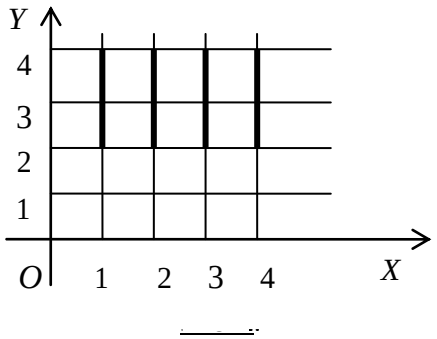
$A = \{m, p\}, B = \{e, f, k\}$.

Р е ш е н и е. Составляем, согласно определению, всевозможные упорядоченные пары, первой компонентой которых является элемент множества A, а второй – элемент множества B:

$$A \times B = \{(m, e), (m, f), (m, k), (p, e), (p, f), (p, k)\}. \otimes$$

Задача 1.1.5. Изобразить на координатной плоскости произведение $A \times B$ множеств $A = \{1, 2, 3, 4\}$, $B = \{x \in R^1 : 2 \le y \le 4\}$.

Р е ш е н и е. Множество A конечно, а множество B – бесконечно, поэтому произведение множеств состоит из бесконечного множества упорядоченных пар, первым компонентом которых являются числа 1, 2, 3 или 4, а вторым – любое действительное число из замкнутого промежутка $[2, 4]$. Множество пар координатной плоскости изобразится



в виде четырёх отрезков, параллельных оси ординат (рисунок 2). $\otimes$

Задача 1.1.6. Доказать транзитивность отношения равенства для произвольных множеств.

Р е ш е н и е. Пусть X, Y и Z – произвольные множества. Покажем, что из $X = Y$ и $Y = Z \Rightarrow X = Z$.

Пусть $x \in X$. Тогда, так как $X = Y$, имеем $x \in Y$. Но так как $Y = Z$, получаем $x \in Z$. Обратно, из $x \in Z$ следует, что $x \in X$. По закону тождества получаем $X = Z$. $\otimes$

Задача 1.1.7. Доказать, что для произвольных множеств A, B и C справедливо равенство: $A \setminus (B \cap C) = (A \setminus B) \cup (A \setminus C)$.

Р е ш е н и е. Покажем, что

$$A \setminus (B \cap C) \subseteq (A \setminus B) \cup (A \setminus C).$$

Пусть $x \in A \setminus (B \cap C)$. Откуда следует, что $x \in A$ и $x \notin B \cap C$. То есть, $x \in A$ и $x \notin B$, или $x \in A$ и $x \notin C$. Поэтому

$$x \in A \setminus B, \text{ или } x \in A \setminus C,$$

то есть

$$x \in (A \setminus B) \cup (A \setminus C).$$

Следовательно, в соответствие с определением части множества включение

$$A \setminus (B \cap C) \subseteq (A \setminus B) \cup (A \setminus C)$$

доказано.

Включение $(A \setminus B) \cup (A \setminus C) \subseteq A \setminus (B \cap C)$ доказывается аналогично.

Из доказанных включений с учётом закона тождества получаем требуемое равенство $A \setminus (B \cap C) = (A \setminus B) \cup (A \setminus C)$. $\otimes$

Задача 1.1.8. Проверить непосредственно, что для множеств

$$X = \{5, 7\}, Y = \{7, 9\}, Z = \{0, 1\}$$

выполняется следующее равенство: $(X \cup Y) \times Z = (X \times Z) \cup (Y \times Z)$.

Р е ш е н и е. Для левой части равенства непосредственно получаем $X \cup Y = \{5, 7, 9\}$ и далее имеем:

$$(X \cup Y) \times Z = \{5, 7, 9\} \times \{0, 1\}$$

$$= \{(5, 0), (5, 0), (7, 0), (9, 0), (3, 1), (5, 1), (7, 1), (9, 1)\}$$

Для правой части получаем аналогично:

$$(X \times Z) \cup (Y \times Z) = \{5, 7\} \times \{0, 1\} \cup \{9, 7\} \times \{0, 1\}$$

$$= \{(5, 0), (5, 0), (7, 0), (3, 1), (5, 1), (7, 1)\} \cup \{(5, 0), (7, 1), (9, 0), (9, 1)\}$$

$$= \{(5, 0), (3, 1), (5, 1), (7, 0), (7, 1), (9, 0), (9, 1)\}$$

Сравнивая полученные равенства, видим, что оба множества состоят из одних и тех же элементов, то есть, равны друг другу. $\otimes$

Задача 1.1.9. Выяснить, является ли на подмножестве

$$R^+ = \{x \in R^1 : x > 0\}$$

множества действительных чисел R^1 алгебраической операция $x * y = x^2$ и указать, обладает ли эта операция свойствами коммутативности и ассоциативности.

Р е ш е н и е. Пусть x, y, z – любые элементы из R^+. Тогда, очевидно, $\forall x \in R^+ \; x^2 \in R^+$, то есть операция $*$ является бинарной алгебраической операцией. Так как по определению операции имеем

$$\forall x \neq y \; x * y = x^2 \neq y * x = y^2,$$

то операция $*$ не является коммутативной. Далее, так как

$$\forall x \neq y \neq z \in R^+ \; x * (y * z) = x^2 \neq (x * y) * z = (x * y)^2 = x^4,$$

то операция $*$ не является ассоциативной. $\otimes$

Задача 1.1.10. Ассоциативна ли на множестве действительных чисел R^1 операция $x * y = \sin x \cdot \sin y$.

Р е ш е н и е. Для определённой операции имеем:

$$\forall x, y, z \in R \; (x * y) * z = \sin(\sin x \cdot \sin y) \cdot \sin z,$$

$$x * (y * z) = \sin x \cdot \sin(\sin y \cdot \sin z).$$

Очевидно, что $(x * y) * z = x * (y * z)$ выполняется не для всех x, y, z, следовательно, операция $*$ свойством ассоциативности не обладает. $\otimes$

Задача 1.1.11. На множестве $M = \{2, 4, 6, 8\}$ задано отношение «***меньше***». Изобразить это отношение: 1) выписав все упорядоченные пары; 2) построив граф отношения.

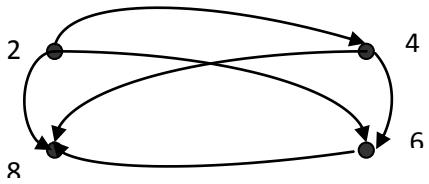


Рис. 1.8.3.

Р е ш е н и е. Отношение имеет вид:

$$2 < 4, 2 < 6, 2 < 8, 4 < 6, 4 < 8, 6 < 8.$$

Запишем отношение в виде подмножества $\Re \subset M \times M$ произведения множества M на себя, то есть в виде множества упорядоченных пар:

$$\{\langle 2, 4\rangle, \langle 2, 6\rangle, \langle 2, 8\rangle, \langle 4, 6\rangle, \langle 4, 8\rangle, \langle 6, 8\rangle\}.$$

Граф отношения приведён на рисунке 3. $\otimes$

Задача 1.1.12. Пусть $M = \{p, q\}$ и задано подмножество $\Re$ множества $M \times M$

$$\{(p, p), (p, q), (p, f), (f, f), (f, p), (f, q), (q, p), (q, q)\}.$$

Обладает ли определяемое этим подмножеством отношение свойствами рефлексивности, симметричности и транзитивности?

Р е ш е н и е. Очевидно, что для элементов множества $\Re$ истинны следующие высказывания:

$$1) \ (p, f) \in \Re;$$

$$2) \ (p, p) \in \Re, \ (f, p) \in \Re, \ (p, q) \in \Re, \ (f, f) \in \Re,$$
$$(f, q) \in \Re, \ (q, p) \in \Re;$$

$$3) \ (p, p) \in \Re \wedge (f, q) \in \Re \Rightarrow (p, q) \in \Re,$$
$$(p, q) \in \Re \wedge (q, p) \in \Re \Rightarrow (p, p) \in \Re,$$
$$(f, f) \in \Re \wedge (p, q) \in \Re \Rightarrow (f, q) \in \Re.$$

Поэтому отношение $\Re$ на множестве M, заданное множеством упорядоченных пар элементов M, рефлексивно, симметрично и транзитивно. $\otimes$

Задача 1.1.13. Показать, что отношение включения $\subset$ является отношением порядка.

Р е ш е н и е. 1) Пусть X – произвольное множество. Так как всегда $X \subset X$, то отношение $\subset$ рефлексивно. 2) Пусть X, Y, Z – произвольные множества, для которых выполняются включения $X \subset Y$ и $Y \subset Z$. Если $x \in X$, то в силу $X \subset Y$ имеем $x \in Y$, а так как $Y \subset Z$, то и $x \in Z$. Поэтому $(X \subset Y \wedge Y \subset Z) \Rightarrow X \subset Z$, то есть отношение $\subset$ транзитивно. 3) Так как по закону тождества имеем

$$(X \subset Y \wedge Y \subset X) \Leftrightarrow X = Y,$$

то отношение $\subset$ антисимметрично.

Отношение $\subset$ рефлексивно, транзитивно и антисимметрично и, следовательно, является отношением порядка. $\otimes$

Задача 1.1.14. Пусть функция $f : M_1 \to M_2$, где $M_1 \subset R^1$ и $M_2 \subset R^1$, задана формулой $y = \pm\sqrt{1 - x^2}$. Требуется: найти множество определения M_1 и множество значений M_2 этой функции; выяснить, является ли данная функция отображением или преобразованием; выяснить, является ли f инъективной, сюръективной или биективной.

Р е ш е н и е. Множеством определения функции f является множество $M_1 = \{x \in R^1 : -1 \le x \le 1\}$, а множеством значений – множество $M_2 = M_1$, следовательно f осуществляет отображение M_1 на M_1, то есть является преобразованием. Так как $(\exists x \in M_1) : f(x) = f(-x)$, то преобразование f не является инъективным, но очевидно, что f – сюръективно. Следовательно, отображение f не является биективным. $\otimes$

Задача 1.1.15. Доказать, что множество натуральных чисел N с операцией $(*) : x * y = \min\{x, y\}$ является полугруппой.

Р е ш е н и е. Исходя из определения полугруппы, нужно проверить, что операция $(*)$ является алгебраической и ассоциативной. Так как

$$(\forall x, y \in N) \; x * y = \min\{x, y\} \in N,$$

то операция $(*)$ является алгебраической. Проверим её на ассоциативность, имеем:

$$(\forall x, y, z \in N) \; (x * y) * z = \min\{\min\{x, y\}, z\} = \min\{x, \min\{y, z\}\}.$$

Операция $(*)$ ассоциативна. Поэтому $(N, *)$ – полугруппа. $\otimes$

Задача 1.1.16. Доказать, что множество положительных действительных чисел $R^+ = \{x \in R^1 : x > 0\}$, в котором операции «сложения» и «умножения на число» введены по правилам

$$(\forall x, y \in R^+ \wedge \forall \alpha \in R) \; x + y \overset{def}{=} x \cdot y \wedge \alpha \cdot x \overset{def}{=} x^{\alpha},$$

является векторным пространством.

Р е ш е н и е. Согласно определению векторного пространства, в множестве R^+ должны выполняться две группы аксиом.

Аксиомы сложения:

1) $(\forall x, y \in A) \; x + y = y + x$ (**коммутативность**);
2) $(\forall x, y, z \in A) \; (x + y) + z = x + (y + z)$ (**ассоциативность**);
3) $(\exists 0 \in A) : (\forall x \in A) \; x + 0 = x$ (существование нулевого элемента);
4) $(\forall x \in A)(\exists (-x) \in A) : x + (-x) = 0$ (существование противоположного элемента).

Аксиомы умножения на число:

5) $(\forall x \in A \wedge \forall \alpha, \beta \in R) \; (\alpha + \beta) \cdot x = \alpha \cdot x + \beta \cdot x$;
6) $(\forall x, y \in A \wedge \forall \alpha \in R) \; \alpha \cdot (x + y) = \alpha \cdot x + \alpha \cdot y$;
7) $(\forall x \in A) \; 1 \cdot x = x$;
8) $(\forall x \in A \wedge \forall \alpha, \beta \in R) \; (\alpha \cdot \beta) \cdot x = \alpha \cdot (\beta \cdot x)$.

Во множестве R^+ операция «сложения» является бинарной алгебраической операцией, а операция «умножения на число» является внешней бинарной операцией, так как

$$\forall x,\ y \in R^+ \wedge \forall \alpha \in R^1 \Rightarrow x \cdot y \in R^+ \wedge x^{\alpha} \in R^+.$$

Проверим выполнение аксиом.

1) Коммутативность операции «сложения» выполняется, так как

$$\forall x,\ y \in R^+ \Rightarrow x \cdot y = y \cdot x.$$

2) Ассоциативность операции «сложения» выполняется, так как

$$\forall x,\ y,\ z \in R^+ \Rightarrow (x \cdot y) \cdot z = x \cdot (y \cdot z).$$

3) В качестве нулевого элемента выбираем единицу, так как

$$\forall x \in R^+ \Rightarrow 1 \cdot x = x \cdot 1 = x.$$

4) Противоположный элемент

$$-x = \frac{1}{x},$$

так как $\forall x \in R^+ \Rightarrow x \cdot \frac{1}{x} = 1.$

5) Так как $x^{\alpha+\beta} = x^{\alpha} \cdot x^{\beta}$, то

$$(\alpha + \beta) \cdot x = \alpha \cdot x + \beta \cdot x.$$

6) Так как $(x \cdot y)^{\alpha} = x^{\alpha} \cdot y^{\alpha}$, то

$$\alpha \cdot (x + y) = \alpha \cdot x + \alpha \cdot y.$$

7) Так как $x^1 = x$, то

$$1 \cdot x = x.$$

8) Так как $x^{\alpha \cdot \beta} = (x^{\beta})^{\alpha}$, то

$$(\alpha \cdot \beta) \cdot x = \alpha \cdot (\beta \cdot x).$$

Все аксиомы векторного пространства выполняются, следовательно, множество R^+ с введёнными операциями является векторным пространством над полем действительных чисел R^1. ⊗

Практическое занятие 2

Комплексные числа

Задача 1.2.1. Построить точку, изображающую комплексное число $z = -3 - 4i$.

Р е ш е н и е. В данной задаче $z = a + bi = -3 - 4i$. Так как на комплексной плоскости $a = x$ и $b = y$, то точка, изображающая на комплексной плоскости число z, имеет координаты $x = -3$ и $y = -4$. ⊗

Задача 1.2.2. Найти модуль и аргумент комплексного числа $z = -4 - 4\sqrt{3}i$.

Р е ш е н и е. Модуль числа $|z| = \sqrt{(-4)^2 + (4\sqrt{3})^2} = 8$. Точка z лежит в третьей четверти, поэтому $\arg z = arctg\sqrt{3} = -\frac{2\pi}{3}$. $\otimes$

Задача 1.2.3. Выполнить указанные действия:

$$\frac{(3-4i)(2-i)}{2+i} - \frac{(3+4i)(2+i)}{2-i}.$$

Р е ш е н и е. Выполняем действия, раскрывая скобки и учитывая свойство мнимой единицы $i^2 = -1$. $\otimes$

Задача 1.2.4. Изобразить на комплексной плоскости множество точек, для которых выполнено условие: $-2 < \operatorname{Im} z \le 3$.

Р е ш е н и е. Так как на комплексной плоскости $\operatorname{Im} z = y$, то искомое множество точек является полосой, заключённой между прямыми линиями с уравнениями $y = -2$ и $y = 3$, причём точки первой прямой этому множеству не принадлежат, а точки второй прямой принадлежат. $\otimes$

Задача 1.2.5. Изобразить на комплексной плоскости множество точек, для которых выполнено условие: $|z-1| < 3$.

Р е ш е н и е. Положим $z = x + iy$. Тогда имеем $z - 1 = (x-1) + iy$, откуда получаем

$$|z-1| = \sqrt{(x-1)^2 + y^2} < 3,$$

или

$$(x-1)^2 + y^2 < 9.$$

Искомое множество точек комплексной плоскости является внутренностью круга радиуса 3 с центром в точке $(1; 0)$. $\otimes$

Задача 1.2.6. Изобразить на комплексной плоскости множество точек, для которых выполнено условие: $\log_3 |z - 3i| < 1$.

Р е ш е н и е. Положим $z = x + iy$. Тогда для числа $z - 3i$ имеем

$$z - 3i = x + i(y - 3),$$

откуда получаем

$$|z - 3i| = \sqrt{x^2 + (y-3)^2}.$$

Решая неравенство

$$\log_3 \sqrt{x^2 + (y-3)^2} < 1,$$

получаем $x^2 + (y-3)^2 < 9$. Искомое множество точек является внутренностью круга радиуса 3 с центром в точке с координатами $(0; 3)$. $\otimes$

Задача 1.2.7. Представить комплексное число

$$z = -\cos\vartheta + i\sin\vartheta$$

в тригонометрической форме.

Р е ш е н и е. Стандартная запись комплексного числа в тригонометрической форме имеет вид $z = r(\cos\varphi + i\sin\varphi)$. По формулам приведения имеем $-\cos\vartheta = \cos(\pi - \vartheta)$. Поэтому, полагая $r = 1$ и $\varphi = \pi - \vartheta$, получаем стандартную запись комплексного числа в тригонометрической форме

$$z = \cos(\pi - \vartheta) + i\sin(\pi - \vartheta). \otimes$$

Задача 1.2.8. Представить комплексное число $z = 4 - 4\sqrt{3}\cdot i$ в тригонометрической форме.

Р е ш е н и е. 1) Находим модуль: $|z| = \sqrt{4^2 + (-4\sqrt{3})^2} = 8.$

2) Находим аргумент. Так как $\cos\varphi = \frac{4}{8} = \frac{1}{2}$, $\sin\varphi = \frac{-4\sqrt{3}}{8} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$, то $\varphi = -\frac{\pi}{3}$.

Следовательно, $z = 8\left[\cos\left(-\frac{\pi}{3}\right) + i\sin\left(-\frac{\pi}{3}\right)\right]. \otimes$

Задача 1.2.9. Выполнить умножение комплексных чисел:

$$8\left(\cos\frac{\pi}{3} + i\sin\frac{\pi}{3}\right)\cdot\frac{1}{16}\left(\cos\frac{\pi}{6} + i\sin\frac{\pi}{6}\right).$$

Р е ш е н и е. Используя формулу умножения, получаем:

$$8\cdot\frac{1}{16}\left(\cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6}\right) + i\sin\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6}\right)\right) = \frac{1}{2}\left(\cos\frac{\pi}{2} + i\sin\frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2}i. \otimes$$

Задача 1.2.10. Выполнить деление комплексных чисел:

$$2\left(\cos\frac{2\pi}{3} + i\sin\frac{2\pi}{3}\right) : 4\left(\cos\frac{\pi}{2} + i\sin\frac{\pi}{2}\right).$$

Р е ш е н и е. Используем формулу деления комплексных чисел, получаем:

$$\frac{2}{4}\left(\cos\left(\frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{2}\right) + i\sin\left(\frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{2}\right)\right) = \frac{1}{2}\left(\cos\frac{\pi}{6} + i\sin\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{4} + \frac{1}{4}i. \otimes$$

Задача 1.2.11. Возвести комплексное $2\left(\cos\left(-\frac{3\pi}{4}\right) + i\sin\left(-\frac{3\pi}{4}\right)\right)$ число в седьмую степень.

Р е ш е н и е. По формуле возведения комплексного числа в степень имеем:

$$\left[2\left(\cos\left(-\frac{3\pi}{4}\right) + i\sin\left(-\frac{3\pi}{4}\right)\right)\right]^7 = 2^7\left(\cos\left(-\frac{21\pi}{4}\right) + i\sin\left(-\frac{21\pi}{4}\right)\right) =$$

$$= -64\sqrt{2} + 64\sqrt{2}\,i. \otimes$$

Задания для самостоятельной работы

1. Пусть $M = \{4, 8, 11, 22\}$. Образовать всевозможные подмножества этого множества и указать их число.

2. Пусть

$$X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}, \quad Y = \{2, 4, 6, 8, 10\}.$$

Найти $X \cap Y$, $X \cup Y$, $X - Y$, $Y - X$.

3. Пусть $X = [1, 3) \cup (6, 7]$ и $Y = [2, 6]$. Найти $X \cap Y$, $X \cup Y$, $X - Y$, $Y - X$.

4. Найти пересечение и объединение множеств решений неравенств:

$$3x + 4 \geq 7x - 16, \quad |x - 3| < 1.$$

5. Изобразить на декартовой плоскости произведение множеств:

а) $X = \{x : 2 \leq x \leq 6\}, Y = \{y : 3 < y \leq 5\}$;

б) $X = R, Y = \{y : -2 < y \leq 3\}$;

в) $[0, 1] \times [0, 1]$;

г) $[1, 2] \times (-\infty, +\infty)$;

д) $(0, +\infty) \times [-2, -3]$.

6. Доказать, что для произвольных множеств X, Y, Z справедливы равенства:

а) $X \cup (X \cap Y) = X$;

б) $X \cap (X \cup Y) = X$

в) $(X \cup Y) \setminus (X \cap Y) = (X \setminus Y) \cup (Y \setminus X)$;

г) $(X \setminus Y) \setminus Z = (X \setminus Z) \setminus Y$;

д) $Y \cup (X \setminus Y) = X \cup Y$;

е) $(X \cup Y) \times Z = (X \times Z) \cup (Y \times Z)$;

ж) $(X \cap Y) \times Z = (X \times Z) \cap (Y \times Z)$;

з) $(X - Y) \times Z = (X \times Z) - (Y \times Z)$;

и) $X \cup Y \subset Z \Rightarrow X \times Y = (X \times Z) \cap (Z \times Y)$.

7. Слушатели потока в 100 человек изучают английский, немецкий и французский языки. Причём, 28 слушателей изучают английский язык, 30 - немецкий, 42 - французский, 8 - английский и немецкий, 10 - английский и французский, 5 - немецкий и французский. Сколько слушателей

изучают только один язык? (проиллюстрировать решение задачи геометрически, используя диаграммы Эйлера).

8. Истинны или ложны для любых X, Y, Z следующие высказывания:

а) $(X \subset Y \wedge Y \subset Z) \Rightarrow X \subset Z$;

б) $(X \neq Y \wedge Y \neq Z) \Rightarrow X \neq Z$.

9. Найти множество истинности предиката: $\left\langle \dfrac{x^2-5x+6}{x^3-1} < 0 \right\rangle$.

10. Найти множество истинности предиката:

$$\left\langle \begin{array}{c} \textit{Корни системы} \\ \textit{уравнений} \end{array} \begin{cases} x-y=m-1 & \textit{одновременно} \\ 2x-y=3-m & \textit{положительны.} \end{cases} \right\rangle$$

11. Найти множество истинности предиката: $\langle x \cdot (x-2) : (x+3) \geq 0 \rangle$.

12. Записать высказывания, используя логические символы:

1) «существует такое число x, что для любого числа y справедливо равенство $x+y=0$»;

2) «если число больше 6, то его квадрат больше 36».

13. Выяснить, являются ли алгебраическими операции сложения, вычитания, умножения и деления на указанных подмножествах множества R действительных чисел и указать, какие из алгебраических операций обладают свойствами коммутативности и ассоциативности:

а) N; б) $N_{2k} = \{2k : k \in N\}$; в) $N_{2k-1} = \{2k-1 : k \in N\}$;

г) Z; д) $Z_{2k} = \{2k : k \in Z\}$; е) R; ж) $R - \{0\}$;

з) $R^+ = \{x \in R : x > 0\}$; и) $R - Q$; к) $\{0, 1\}$.

14. Выяснить, являются ли алгебраическими указанные операции на подмножестве $R^+ = \{x \in R : x > 0\}$ множества действительных чисел R, и указать, какие из алгебраических операций обладают свойствами коммутативности и ассоциативности:

1) $x * y = \dfrac{x+y}{2}$; 2) $x * y = x + y - 1$; 3) $x * y = x^2 y$;

4) $x * y = \sqrt{xy}$; 5) $x * y = |x - y|$; 6) $x * y = x^y$;

7) $x * y = x^2 + y^2$; 8) $x * y = x \cdot y^{\frac{x}{|x|}}$.

15. На множестве $X = \{2, 4, 6, 8\}$ рассматриваются отношения «x равно y», «x кратно y» и «x больше y на 2». Какое из приведённых ниже подмножеств множества $X \times X$ задаёт соответствующее отношение?

а) $\{(2,2), (6,2), (8,2), (6,4), (8,4), (8,6), (2,2), (4,4), (6,6), (8,8)\}$;

б) $\{(2,2), (6,4), (8,6)\}$;

в) $\{(2,2), (4,4), (6,6), (8,8)\}$.

16. Доказать, что:

а) множество натуральных чисел N с операциями $(x; x * y = x)$ и $(x; x \circ y = 1)$ является полугруппой;

б) множества всех целых чисел Z, всех рациональных чисел Q и всех действительных чисел R являются аддитивными группами, если в качестве групповой операции выбрано сложение чисел.

17. Найти действительные числа x и y, если:

а) $\dfrac{5x + 2xi - 3y - 3yi}{3 + 4i} = 2$; б) $\dfrac{2u + 4i}{2x + y} - \dfrac{y}{x - i} = 0$.

18. Найти $\operatorname{Re} z$ и $\operatorname{Im} z$, если:

а) $z = \dfrac{(-2i)^3}{i} + 4i^{16}$; б) $z = \dfrac{3 - 2i}{1 - 4i} + i^9$;

в) $z = \dfrac{5i - 2}{3i + 1} + i + \dfrac{8i - 3}{2 - i}$; г) $z = \dfrac{1}{4}\left(\dfrac{17 + 31i}{7 + i} + \dfrac{12}{(+i)^4}\right) + i$.

19. Выполнить указанные действия:

1) $(+2i)^6$;

2) $(2 + 3i)(4 - 5i) + (2 - 3i)(4 + 5i)$;

3) $(x - 1 - i)(x - 1 + i)(x + 1 + i)(x + 1 - i)$;

4) $(+2i)^5 - (-2i)^5$;

5) $\left(-\dfrac{1}{2} + \dfrac{i \cdot \sqrt{3}}{2}\right)^2$;

6) $\dfrac{(-i)^5-1}{(+i)^5+1}$;

7) $\dfrac{(+2i)^2-(-i)^3}{(-i)^3+(+i)^2}$;

8) $\dfrac{(+2i)^3+(-2i)^3}{(-i)^2-(+i)^2}$;

9) $\dfrac{(3-4i)(-i)}{2+i}-\dfrac{(3+4i)(+i)}{2-i}$;

10) $\dfrac{5+12i}{8-6i}+\dfrac{(+2i)^2}{2+i}$;

11) $\left[\dfrac{1}{3}\left((-i)^4+\dfrac{7-24i}{4-3i}\right)+i\right]\dfrac{8}{(+i)^2}$.

20. Найти такие вещественные числа x и y, что следующие пары комплексных чисел будут комплексно-спряжёнными:

а) $z_1=y^2-2y+xy-x+y+(x+y)i$, $z_2=-y^2+2y+11-4i$;

б) $z_1=x+y^2+1+4i$, $z_2=ixy^2+iy^2-3$.

21. Решить уравнения:

1) $|z|+z=1+2i$;

2) $2|z|-4az+1+ai=0$ $(a\in R)$;

3) $|z|+z=2-i$;

4) $3z^2-(4-8i)z+8(-3i)=0$;

5) $2(-i)z^2+(-i)z+5(+i)=0$;

6) $(+4i)z^2+2z+6-6i=0$;

7) $z^4-12z^2+64=0$.

22. Решить систему уравнений:

1) $\begin{cases} (-i)x-(3+i)y=4, \\ 5x-(4+2i)y=4i; \end{cases}$ 2) $\begin{cases} (-i)x+3iy=5, \\ 2x-(3-3i)y=6. \end{cases}$

23. Построить точки, изображающие комплексные числа:

1) $z_1=-3+3i$; 2) $z_2=5-i$; 3) $z_3=2i$; 4) $z_4=-\sqrt{2}i$.

24. Найти модуль и аргумент комплексных чисел:

1) $z_1=-3+3i$; 2) $z_2=-2i$; 3) $z_3=5-\sqrt{2}$.

25. Найти множество точек комплексной плоскости, для которых:

1) $-\frac{\pi}{6}<\arg z<\frac{\pi}{4}$; 2) $1\le|z+1|<3$; 3) $|z+i|=1$;

4) $\frac{\pi}{4}\le\arg(-2+i)\le\pi$; 5) $\begin{cases} \frac{\pi}{4}<\arg z<\pi, \\ |1-2i-z|=2; \end{cases}$

6) $|z-1-i|\ge|z-2+i|$; 7) $|z-1+2i|\ge3$; 8) $|z-2i|+|z-i|=1$.

26. Представить комплексные числа в тригонометрической форме:

1) $z=16-16\sqrt{3}i$; 2) $z=-6\sqrt{3}-6i$; 3) $z=(\sqrt{5}-2i)$.

27. Представить комплексные числа в алгебраической форме:

1) $z=5\sqrt{2}\left(\cos\left(-\frac{\pi}{4}\right)+i\sin\left(-\frac{\pi}{4}\right)\right)$;

2) $z=4\left(\cos\left(-\frac{5\pi}{6}\right)+i\sin\left(-\frac{5\pi}{6}\right)\right)$.

28. Представив комплексные числа в тригонометрической форме, выполнить указанные действия:

$\left(\cos\left(-\frac{\pi}{12}\right)+i\sin\left(-\frac{\pi}{12}\right)\right)(-3+\sqrt{3}i)$;

$4\sqrt{3}\left(\cos\frac{\pi}{3}+i\sin\frac{\pi}{3}\right):(\sqrt{3}-i)$;

$\left(-\frac{\sqrt{3}}{3}-\frac{\sqrt{3}}{3}i\right)(+i)$; $(-\sqrt{5}+\sqrt{5}i)^3(+i)^2$; $\frac{2\sqrt{3}-2i}{(-1+i)(\sqrt{2}+\sqrt{6}i)}$.

29. Извлечь корни из комплексных чисел, предварительно представив их в тригонометрической форме:

1) $\sqrt{-6+6\sqrt{3}i}$;

2) $\sqrt[3]{-13{,}5\sqrt{2}--13{,}5\sqrt{2}i}$;

3) $\sqrt[4]{-8-8\sqrt{3}i}$.

30. Представив комплексные числа

$$z_1=-1-i,\ z_2=\sqrt{2}-\sqrt{2}i,\ z_3=1+\sqrt{3}i$$

в тригонометрической форме, вычислить выражение $\dfrac{z_1 z_3}{z_2}$.

2. ВЕКТОРНЫЕ ПРОСТРАНСТВА И ЛИНЕЙНЫЕ ОПЕРАТОРЫ

Практическое занятие 1

Метод координат, векторы

Пример 2.1.1. В декартовой системе координат задана точка $A(5;3)$. Найти координаты точки B, расположенной симметрично точке $A(5;3)$ относительно координатной плоскости X^1OX^2.

Р е ш е н и е. Координаты точки B по осям OX^1 и OX^2 такие же, как и уточки A, а координата по оси OX^3 имеет противоположный знак. Следовательно, $B(5;-3)$. ⊗

Пример 2.1.2. В декартовой системе координат своими разложениями по каноническому базису заданы векторы

$$\vec{x}=\vec{e}_1+3\vec{e}_2-2\vec{e}_3,\ \vec{y}=2\vec{e}_2+5\vec{e}_3,\ \vec{z}=3\vec{e}_1+13\vec{e}_2+4\vec{e}_3.$$

Найти значение линейной комбинации

$$\vec{u}=3\vec{x}+2\vec{y}-\vec{z}$$

этих векторов и сделать вывод о линейной зависимости, или линейной независимости системы $\left\{\vec{x},\ \vec{y},\ \vec{z}\right\}$ и взаимном расположении векторов.

Р е ш е н и е. Находим линейную комбинацию:

$$3\vec{x}+2\vec{y}-\vec{z}=$$

$$=3\left(\vec{e}_1+3\vec{e}_2-2\vec{e}_3\right)+2\left(2\vec{e}_2+5\vec{e}_3\right)-\left(3\vec{e}_1+13\vec{e}_2+4\vec{e}_3\right)=$$

$$=0\vec{e}_1+0\vec{e}_2+0\vec{e}_3=\vec{0}.$$

Значением линейной комбинации трёх векторов с ненулевыми коэффициентами является нуль-вектор. Поэтому система векторов линейно зависима. Так как векторы заданы в пространстве R^3, заключаем, что они компланарны, то есть лежат в одной плоскости. $\otimes$

Пример 2.1.3. В декартовой системе координат заданы векторы

$$\vec{x}=\vec{e}_1+2\vec{e}_2+3\vec{e}_3,\ \vec{y}=4\vec{e}_1+6\vec{e}_3.$$

Найти норму вектора $\vec{z}=2\vec{x}-5\vec{y}$.

Р е ш е н и е. Находим вектор

$$\vec{z}=2\vec{x}-5\vec{y}=2\left(\vec{e}_1+2\vec{e}_2+3\vec{e}_3\right)-5\left(4\vec{e}_1+6\vec{e}_3\right)=$$

$$=-18\vec{e}_1+4\vec{e}_2-24\vec{e}_3.$$

Находим норму вектора $\vec{z}$: $\left\|\vec{z}\right\|=\sqrt{(-18)^2+4^2+(-24)^2}=\sqrt{916}$. $\otimes$

Пример 2.1.4. На плоскости R^2 задан параллелограмм, три вершины которого имеют, соответственно, координаты $O(0;\ 0),\ B(-2;\ 2),\ D(6;\ 0)$ (рисунок 1.1). Найти:

1) координаты вершины C;

2) косинус угла между сторонами OB и OD;

3) длины диагоналей и косинус угла между ними.

Р е ш е н и е. 1) По определению координаты вершины C равны координатам вектора $\vec{OC}$ (рисунок 1.1), который равен сумме векторов

$$\vec{OC} = \vec{OB} + \vec{OD}.$$

Так как $\vec{OB} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2$, а $\vec{OD} = 5\vec{e}_1$, то $\vec{OC} = 6\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2$.

2) Вычисляем скалярное произведение векторов $\vec{OB}$ и $\vec{OD}$:

$$\left(\vec{OB}, \vec{OD}\right) = 5.$$

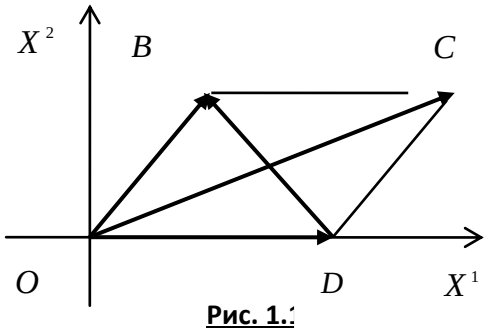


Рис. 1.1

3) Вычисляем длины векторов: $\vec{OB}$ и $\vec{OD}$:

$$\left\|\vec{OB}\right\| = \sqrt{1^2 + 2^2} = \sqrt{5} \approx 2{,}236;$$

$$\left\|\vec{OD}\right\| = \sqrt{5^2 + 0^2} = \sqrt{25} = 5.$$

4) Находим $\cos\left\{\vec{OB}, \vec{OD}\right\}$: $\cos\left\{\vec{OB}, \vec{OD}\right\} = \dfrac{5}{5 \cdot 2{,}236} \approx 0{,}447.$

5) Находим диагональ $\vec{DB}$:

$$\vec{DB} = \vec{OB} - \vec{OD} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 5\vec{e}_1 = -4\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2.$$

6) Далее, $\left\|\vec{OC}\right\| = \sqrt{6^2 + 2^2} = 2\sqrt{10}$; $\left\|\vec{DB}\right\| = \sqrt{(-4)^2 + 2^2} = 2\sqrt{5}.$

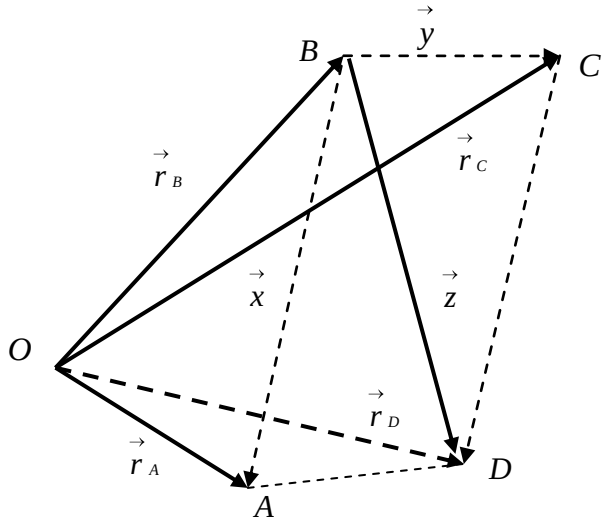
7) Находим косинус угла между диагоналями:

$$\cos\left\{\vec{OC},\vec{DB}\right\}=\frac{\left(\vec{OC},\vec{DB}\right)}{\left\|\vec{OC}\right\|\cdot\left\|\vec{DB}\right\|}=\frac{4\cdot 6+2\cdot 2}{2\sqrt{10}\cdot 2\sqrt{5}}=-\frac{\sqrt{2}}{2}.\otimes$$

Пример 2.1.5. Даны радиус-векторы трёх последовательных вершин параллелограмма $ABCD$. Найти радиус-вектор четвёртой вершины и косинусы углов между диагоналями параллелограмма, если известно, что:

$$\vec{r}_A=\vec{e}_1+\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{r}_B=\vec{e}_1+3\vec{e}_2+5\vec{e}_3,\ \vec{r}_C=-7\vec{e}_1+2\vec{e}_2-10\vec{e}_3;$$

Р е ш е н и е. Изобразим ситуацию на рисунке, не заботясь о точности изображения. Главное, чтобы рисунок отображал ситуацию качественно.



Из рисунка видно, что:

$$\vec{r}_A-\vec{r}_B=\vec{x},\ \vec{r}_C-\vec{r}_B=\vec{y},\ \vec{x}+\vec{y}=\vec{z},$$

$$\vec{r}_D=\vec{r}_B+\vec{z}=\vec{r}_B+\vec{r}_A-\vec{r}_B+\vec{r}_C-\vec{r}_B=\vec{r}_A+\vec{r}_C-\vec{r}_B.$$

Подставляя разложения векторов в полученную формулу, вычисляем все требуемые в задаче величины. $\otimes$

Пример 2.1.6. В пространстве R^2 своими координатами заданы векторы

$$\vec{x}=3\vec{e}_1+\sqrt{7}\,\vec{e}_2,\ \vec{y}=\vec{e}_1+\sqrt{24}\,\vec{e}_2.$$

Найти какой-либо вектор $\vec{z}$, направленный по биссектрисе угла $\left\{\vec{x},\vec{y}\right\}$.

Р е ш е н и е. 1) Находим длины векторов $\vec{x}$ и $\vec{y}$:

$$\left\|\vec{x}\right\| = \sqrt{3^2 + \left(\sqrt{7}\right)^2} = 4;$$

$$\left\|\vec{y}\right\| = \sqrt{1^2 + \left(\sqrt{24}\right)^2} = 5.$$

2) Находим орты векторов $\vec{x}$ и $\vec{y}$:

$$\vec{e}_{\vec{x}} = \frac{1}{\left\|\vec{x}\right\|} \cdot \vec{x} = \frac{3}{4}\vec{e}_1 + \frac{\sqrt{7}}{4}\vec{e}_2;\ \vec{e}_{\vec{y}} = \frac{1}{\left\|\vec{y}\right\|} \cdot \vec{y} = \frac{1}{5}\vec{e}_1 + \frac{\sqrt{24}}{5}\vec{e}_2.$$

3) Находим диагональ ромба, построенного на ортах $\vec{e}_x$ и $\vec{e}_y$:

$$\vec{z} = \vec{e}_x + \vec{e}_y = \frac{19}{20}\vec{e}_1 + \frac{5\sqrt{7} + 8\sqrt{6}}{20}\vec{e}_2.$$

Диагональ ромба направлена по биссектрисе угла, образованного его сторонами, поэтому найденный вектор $\vec{z}$ является искомым вектором. $\otimes$

Пример 2.1.7. В каноническом базисе декартовой системы координат пространства R^3 своими координатами задан вектор

$$\vec{x} = \vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3.$$

Найти направляющие косинусы данного вектора.

Р е ш е н и е. 1) Находим длину вектора:

$$\left\|\vec{x}\right\| = \sqrt{1^2 + \left(-2\right)^2 + 4^2} = \sqrt{21}.$$

2) Находим орт вектора: $\vec{e}_x = \frac{1}{\sqrt{21}}\vec{e}_1 + \frac{-2}{\sqrt{21}}\vec{e}_2 + \frac{4}{\sqrt{21}}\vec{e}_3.$

3) Направляющие косинусы вектора равны координатам его орта, поэтому имеем:

$$\cos\left\{\vec{x}, \vec{e}_1\right\} = \frac{1}{\sqrt{21}},\ \cos\left\{\vec{x}, \vec{e}_2\right\} = -\frac{2}{\sqrt{21}},\ \cos\left\{\vec{x}, \vec{e}_3\right\} = \frac{4}{\sqrt{21}}. \otimes$$

Пример 2.1.8. В каноническом базисе декартовой системы координат пространства R^3 своими координатами заданы векторы

$$\vec{x} = \vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3,\ \vec{y} = \vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Найти скалярное произведение $\left(\vec{x} - 2\vec{y}, 3\vec{x} + \vec{y}\right)$ двумя способами.

Р е ш е н и е. 1. Находим линейные комбинации $\vec{x} - 2\vec{y}$ и $3\vec{x} + \vec{y}$:

$$\vec{x} - 2\vec{y} = \vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3 - 2\left(\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3\right) = -\vec{e}_1 - 10\vec{e}_2 + 8\vec{e}_3,$$

$$3\vec{x} + \vec{y} = 3\left(\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3\right) + \left(\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3\right) = 4\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 10\vec{e}_3.$$

Находим скалярное произведение $\left(\vec{x} - 2\vec{y}, 3\vec{x} + \vec{y}\right)$:

$$\left(-\vec{e}_1 - 10\vec{e}_2 + 8\vec{e}_3, 4\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 10\vec{e}_3\right) =$$

$$= -4 + 20 + 80 = 96.$$

2. Используем свойства скалярного произведения:

$$\left(\vec{x} - 2\vec{y}, 3\vec{x} + \vec{y}\right) = \left(\vec{x}, 3\vec{x}\right) + \left(\vec{x}, \vec{y}\right) + \left(-2\vec{y}, 3\vec{x}\right) + \left(-2\vec{y}, \vec{y}\right) =$$

$$= 3\left(\vec{x}, \vec{x}\right) + \left(\vec{x}, \vec{y}\right) - 6\left(\vec{y}, \vec{x}\right) - 2\left(\vec{y}, \vec{y}\right) =$$

$$= 3\left\|\vec{x}\right\| - 5\left\|\vec{x}\right\|\left\|\vec{y}\right\|\cos\left\{\vec{x}, \vec{y}\right\} - 2\left\|\vec{y}\right\|.$$

Теперь можно произвести вычисления, используя данные задачи. $\otimes$

Пример 2.1.9. Дано: $\left\|\vec{x}\right\| = 3,\ \left\|\vec{y}\right\| = 2\sqrt{5},\ \left\{\vec{x}, \vec{y}\right\} = \frac{\pi}{4}$. Найти

$$\left(\vec{x} + 3\cdot\vec{y}, 3\cdot\vec{x} - \vec{y}\right).$$

Р е ш е н и е. Используя свойства скалярного произведения, получаем:

$$\left(\vec{x}+3\vec{y},\,3\vec{x}-\vec{y}\right)=3\left\|\vec{x}\right\|^2-\left(\vec{x},\,\vec{y}\right)+9\left(\vec{y},\,\vec{x}\right)-3\left\|\vec{y}\right\|^2=$$

$$=3\left\|\vec{x}\right\|^2+8\left\|\vec{x}\right\|\cdot\left\|\vec{y}\right\|\cos\left\{\vec{x},\,\vec{y}\right\}-3\left\|\vec{y}\right\|^2=-33+24\sqrt{10}\,.\otimes$$

Пример 2.1.10. В пространстве R^3 своими координатами относительно канонического базиса заданы три вектора:

$$\vec{a}_1=\vec{e}_1+2\vec{e}_2-3\vec{e}_3,\ \vec{a}_2=5\vec{e}_1-3\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{a}_3=-2\vec{e}_1+4\vec{e}_2+\vec{e}_3.$$

1) Показать, что векторы $\left\{\vec{a}_1,\,\vec{a}_2,\,\vec{a}_3\right\}$ образуют новый базис в пространстве R^3.

2) Найти координаты вектора $\vec{x}=3\vec{e}_1+\vec{e}_2+6\vec{e}_3$ относительно базиса $\left\{\vec{a}_1,\,\vec{a}_2,\,\vec{a}_3\right\}$.

Р е ш е н и е. 1) Исходя из определения линейной независимости, составляем систему линейных алгебраических уравнений:

$$\begin{cases}\alpha_1+5\alpha_2-2\alpha_3=0,\\ 2\alpha_1-3\alpha_2+4\alpha_3=0,\\ -3\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3=0.\end{cases}$$

Решая эту СЛАУ методом Гаусса, получаем $\alpha_1=\alpha_2=\alpha_3=0$. Следовательно, система векторов линейно независима и, так как число векторов совпадает с размерностью пространства, является одним из базисов в пространства R^3.

2) Для нахождения координат вектора $\vec{x}$ относительно нового базиса записываем разложение вектора $\vec{x}$ по векторам этого базиса и СЛАУ, следующую из этого разложения и инвариантности вектора как геометрического объекта:

$$\vec{x} = x^1 \vec{a}_1 + x^2 \vec{a}_2 + x^3 \vec{a}_3 \Rightarrow \begin{cases} x^1 + 5x^2 - 2x^3 = 3, \\ 2x^1 - 3x^2 + 4x^3 = 1, \\ -3x^1 + x^2 + x^3 = 6. \end{cases}$$

Решаем СЛАУ методом Гаусса.

1) Из первого уравнения $x^1 = 3 - 5x^2 + 2x^3$. Подставляя во второе и третье уравнения, получаем:

$$\begin{cases} x^1 + 5x^2 - 2x^3 = 3, \\ -13x^2 + 8x^3 = -5, \\ 16x^2 - 5x^3 = 15. \end{cases}$$

2) Из второго уравнения $x^2 = \frac{8}{13}x^3 + \frac{15}{13}$. Подставляя в третье уравнение, получаем:

$$\begin{cases} x^1 + 5x^2 - 2x^3 = 3, \\ -13x^2 + 8x^3 = -5, \\ 63x^3 = 115. \end{cases}$$

Обратный ход: из третьего уравнения

$$x^3 = \frac{115}{63}.$$

Подставляя во второе уравнение, находим

$$x^2 = \frac{95}{63}.$$

Подставляя найденные значения в первое уравнение, получаем

$$x^1 = -\frac{56}{63}. \otimes$$

Пример 2.1.11. В пространстве R^3 своими координатами относительно канонического базиса заданы радиус-векторы

$$\vec{x} = 2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3, \ \vec{y} = 10\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 - 4\vec{e}_3, \ \vec{z} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

Найти расстояние между конечными точками векторов

$$\vec{u} = \left(\vec{x}, 2\vec{z}\right)\vec{x} + \vec{y},$$

$$\vec{v} = \vec{x} + \left(2\vec{x}, \vec{z}\right)\vec{y}.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим скалярное произведение $\left(\vec{x}, 2\vec{z}\right)$:

$$\left(\vec{x}, 2\vec{z}\right) = \left(2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3,\ 2\left(\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3\right)\right) = 2\cdot 2 + 1\cdot 4 + (-3)\cdot 2 = 2.$$

2) находим вектор $\vec{u} = \left(\vec{x}, 2\vec{z}\right)\vec{x} + \vec{y}$:

$$\vec{u} = \left(\vec{x}, 2\vec{z}\right)\vec{x} + \vec{y} = 2\left(2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3\right) + \left(10\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 - 4\vec{e}_3\right) =$$

$$= 14\vec{e}_1 - \vec{e}_2 - 10\vec{e}_3.$$

3) Находим скалярное произведение $\left(2\cdot\vec{x}, \vec{z}\right)$:

$$\left(2\cdot\vec{x}, \vec{z}\right) = \left(2\left(2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3\right), \left(\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3\right)\right) =$$

$$= \left(2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3,\ \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3\right) = 4 + 4 - 6 = 2.$$

4) Находим вектор $\vec{v} = \vec{x} + \left(2\vec{x}, \vec{z}\right)\vec{y}$:

$$\vec{v} = \vec{x} + \left(2\vec{x}, \vec{z}\right)\vec{y} = 2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3 + 2\left(10\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 - 4\vec{e}_3\right) =$$

$$= 22\vec{e}_1 - 5\vec{e}_2 - 11\vec{e}_3.$$

5) Находим расстояние между векторами $\vec{u}$ и $\vec{v}$:

$$\rho\left(\vec{u},\vec{v}\right)=\left\|\vec{u}-\vec{v}\right\|=\sqrt{(-8)^2+4^2+1^2}=\sqrt{81}=9.\otimes$$

Пример 2.1.12. В пространстве R^3 своими координатами относительно канонического базиса заданы три точки $A(-2;4;6)$, $B(-3;3;5)$, $C(0;2;3)$. Найти длины сторон треугольника ABC, косинусы углов при вершинах треугольника и проекцию вектора $\vec{AB}+\vec{AC}$ на направление вектора $\vec{z}=\vec{e}_1+2\vec{e}_2-5\vec{e}_3$.

Р е ш е н и е. 1) Находим векторы, определяющие стороны треугольника:

$$\vec{AB}=-\vec{e}_1-\vec{e}_2-\vec{e}_3;$$

$$\vec{AC}=-2\vec{e}_1-2\vec{e}_2-3\vec{e}_3;$$

$$\vec{BC}=-\vec{e}_1-\vec{e}_2-2\vec{e}_3.$$

2) Находим длины сторон треугольника ΔABC:

$$\left\|\vec{AB}\right\|=\sqrt{(-1)^2+(-1)^2+(-1)^2}=\sqrt{3};$$

$$\left\|\vec{AC}\right\|=\sqrt{(-2)^2+(-2)^2+(-3)^2}=\sqrt{17};$$

$$\left\|\vec{BC}\right\|=\sqrt{(-1)^2+(-1)^2+(-2)^2}=\sqrt{6}.$$

3) Находим косинусы углов при вершинах треугольника по формуле

$$\cos\vartheta=\frac{\left(\vec{x},\vec{y}\right)}{\left\|\vec{x}\right\|\cdot\left\|\vec{y}\right\|}=\frac{x^1y^1+x^2y^2+x^3y^3}{\sqrt{(x^1)^2+(x^2)^2+(x^3)^2}\sqrt{(y^1)^2+(y^2)^2+(y^3)^2}};$$

$$\cos\left\{\vec{AB},\vec{AC}\right\}=\frac{\left(\vec{AB},\vec{AC}\right)}{\left\|\vec{AB}\right\|\cdot\left\|\vec{AC}\right\|}=\frac{7}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{17}}=\frac{7}{\sqrt{51}};$$

$$\cos\left\{\vec{BA},\ \vec{BC}\right\} = \frac{\left(\vec{BA},\ \vec{BC}\right)}{\left\|\vec{AB}\right\| \cdot \left\|\vec{BC}\right\|} = \frac{-4}{\sqrt{3}\cdot\sqrt{6}} = -\frac{4}{\sqrt{18}};$$

$$\cos\left\{\vec{CA},\ \vec{CB}\right\} = \frac{\left(\vec{CA},\ \vec{CB}\right)}{\left\|\vec{CA}\right\| \cdot \left\|\vec{CB}\right\|} = \frac{10}{\sqrt{17}\cdot\sqrt{6}} = \frac{10}{\sqrt{102}}.$$

4) Находим проекцию вектора $\vec{AB} + \vec{AC}$ на направление вектора $\vec{z} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 5\vec{e}_3$:

$$\Pr_{\vec{z}}\left\{\vec{AB} + \vec{AC}\right\} = \frac{(-3)\cdot 1 + (-3)\cdot 2 + (-4)\cdot(-5)}{\sqrt{1^2 + 2^2 + (-5)^2}} = \frac{11}{\sqrt{30}}. \otimes$$

Пример 2.1.13. Пусть на плоскости X^1OX^2 даны две точки $A_1(x_1^1;\ x_1^2)$ и $A_2(x_2^1;\ x_2^2)$. Найти координаты точки $A(x^1;\ x^2)$, делящей отрезок A_1A_2 в отношении $\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} = \lambda$.

Р е ш е н и е. Предположим, что отрезок A_1A_2 не параллелен оси OX^1. Точки A_1, A, A_2 спроектируем на оси OX^1, и OX^2 (рисунок).

Имеем по условию задачи

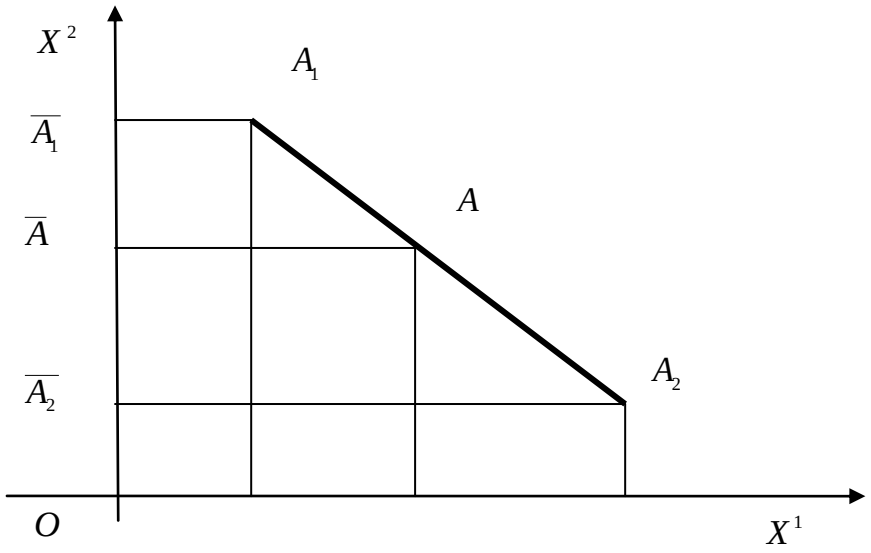
$$\frac{A_1A}{AA_2} = \frac{\overline{A_1A}}{\overline{AA_2}} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \lambda.$$

Далее получаем, что

$$\overline{A_1A} = \left|x_1^2 - x^2\right|,\ \overline{AA_2} = \left|x^2 - x_2^2\right|.$$

Откуда

$$\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\left|x_1^2 - x^2\right|}{\left|x^2 - x_2^2\right|}.$$



Точка $\overline{A}$ лежит между точками A_1 и A_2, поэтому

$$\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\left|x_1^2 - x^2\right|}{\left|x^2 - x_2^2\right|} = \frac{x_1^2 - x^2}{x^2 - x_2^2}.$$

Из последнего равенства находим

$$x^2 = \frac{\lambda_2 x_1^2 + \lambda_1 x_2^2}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{\lambda_2\left(x_1^2 + \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} x_2^2\right)}{\lambda_2\left(\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} + 1\right)} = \frac{x_1^2 + \lambda x_2^2}{\lambda + 1}.$$

Аналогично находим первую координату точки A:

$$x^1 = \frac{\lambda_2 x_1^1 + \lambda_1 x_2^1}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{\lambda_2\left(x_1^1 + \dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} x_2^1\right)}{\lambda_2\left(\dfrac{\lambda_1}{\lambda_2} + 1\right)} = \frac{x_1^1 + \lambda x_2^1}{\lambda + 1}. \otimes$$

Практическое занятие 2

Векторное и смешанное произведения

Пример 2.2.1. Вычислить площадь треугольника, построенного на приведённых к общему началу векторах

$$\vec{x} = 3\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 - \vec{e}_3,\ \vec{y} = -2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 6\vec{e}_3.$$

Р е ш е н и е. Если в некоторой декартовой системе координат векторы $\vec{x}$ и $\vec{y}$ заданы своими разложениями

$$\vec{x} = x^1\vec{e}_1 + x^2\vec{e}_2 + x^3\vec{e}_3,\ \vec{y} = y^1\vec{e}_1 + y^2\vec{e}_2 + y^3\vec{e}_3,$$

то справедлива формула

$$\left[\vec{x}, \vec{y}\right] = \left(x^2y^3 - x^3y^2\right)\vec{e}_1 + \left(x^3y^1 - x^1y^3\right)\vec{e}_2 + \left(x^1y^2 - x^2y^1\right)\vec{e}_3.$$

Применим эту формулу для решения задачи.

1) Вычисляем векторное произведение:

$$\left[\vec{x}, \vec{y}\right] = \left(2\cdot(-6) - (-1)\cdot 1\right)\vec{e}_1 + \left((-1)\cdot(-2) - 3\cdot(-6)\right)\vec{e}_2 +$$

$$+ \left(3\cdot 1 - (-2)\cdot(-2)\right)\vec{e}_3 = 13\vec{e}_1 + 20\vec{e}_2 - \vec{e}_3.$$

2) Площадь треугольника

$$S = \frac{1}{2}\left\|\left[\vec{x}, \vec{y}\right]\right\|.$$

Вычисляем площадь треугольника:

$$S = \frac{1}{2}\left\|\left[\vec{x}, \vec{y}\right]\right\| = \frac{1}{2}\sqrt{13^2 + 20^2 + (-1)^2} = \frac{1}{2}\sqrt{169 + 400 + 1} = \frac{1}{2}\sqrt{570}. \otimes$$

Пример 2.2.2. Вычислить площадь параллелограмма, построенного на векторах

$$\vec{x} = \vec{a} + 3\vec{b},\ \vec{y} = 3\vec{a} + \vec{b},$$

если

$$\left\|\vec{a}\right\| = \left\|\vec{b}\right\| = 1 \text{ и } \left\{\vec{a}, \vec{b}\right\} = \frac{\pi}{6}.$$

Р е ш е н и е. Вычисляем векторное произведение, используя его свойства:

$$\left[\vec{x}, \vec{y}\right] = \left[\vec{a} + 3\vec{b}, 3\vec{a} + \vec{b}\right] = 3\left[\vec{a}, \vec{a}\right] + \left[\vec{a}, \vec{b}\right] +$$

$$+9\left[\vec{b},\vec{a}\right]+3\left[\vec{b},\vec{b}\right]=-8\left[\vec{a},\vec{b}\right].$$

По определению площадь параллелограмма равна:

$$S=\left\|\left[\vec{x},\vec{y}\right]\right\|=8\left\|\left[\vec{a},\vec{b}\right]\right\|=8\left\|\vec{a}\right\|\cdot\left\|\vec{b}\right\|\cdot\sin\left\{\vec{a},\vec{b}\right\}=8\cdot1\cdot1\cdot\frac{1}{2}=4.\otimes$$

Пример 2.2.3. Найти орт вектора, перпендикулярного векторам

$$\vec{x}=\vec{e}_1+\vec{e}_2+3\vec{e}_3,\ \vec{y}=4\vec{e}_1+\vec{e}_2+\vec{e}_3.$$

Р е ш е н и е. Предлагается решить задачу самостоятельно. $\otimes$

Прямая линия и плоскость, взаимное расположение прямой линии и плоскости

Пример 2.2.4. Получить уравнение плоскости $H^2\subset R^3$, проходящей через начало координат O и через две точки $M_1(4;-2;1)$, $M_2(2;4;-3)$.

Р е ш е н и е. Радиус-векторы точек M_1 и M_2

$$\vec{x}\equiv\vec{OM}_1=4\vec{e}_1-2\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{y}\equiv\vec{OM}_2=2\vec{e}_1+4\vec{e}_2-3\vec{e}_3.$$

Нормальный вектор плоскости находим как векторное произведение, используя формулу

$$\vec{N}=\left[\vec{OM}_1,\vec{OM}_2\right]\equiv\left[\vec{x},\vec{y}\right]=$$

$$=(x^2y^3-x^3y^2)\vec{e}_1+(x^3y^1-x^1y^3)\vec{e}_2+(x^1y^2-x^2y^1)\vec{e}_3=:$$

$$=(-2)\cdot(-3)-1\cdot4\,\vec{e}_1+\left[1\cdot2-4\cdot(-3)\right]\vec{e}_2+\left[1\cdot4-(-2)\cdot2\right]\vec{e}_3=$$

$$=2\vec{e}_1+14\vec{e}_2+20\vec{e}_3.$$

Из условия ортогональности радиус-вектора

$$\vec{OM}=x^1\vec{e}_1+x^2\vec{e}_2+x^3\vec{e}_3$$

текущей точки M плоскости её нормальному вектору

$$\left(\vec{N}, \vec{OM}\right) = 0,$$

получаем уравнение плоскости в неявном виде:

$$x^1 + 7x^2 + 10x^3 = 0. \otimes$$

Пример 2.2.5. Найти угол между плоскостями, определяемыми уравнениями:

$$3x^1 - x^2 + 3 = 0,\ x^1 - 2x^2 + 5x^3 - 10 = 0.$$

Р е ш е н и е. Угол между плоскостями равен углу между их нормальными векторами

$$\vec{N}_1 = 3\vec{e}_1 - \vec{e}_2,\ \vec{N}_2 = \vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3.$$

Поэтому имеем:

$$\cos\left\{\vec{N}_1, \vec{N}_2\right\} = \frac{\left(\vec{N}_1, \vec{N}_2\right)}{\left\|\vec{N}_1\right\| \cdot \left\|\vec{N}_2\right\|} = \frac{3 \cdot 1 + (-1) \cdot (-2) + 0 \cdot 5}{\sqrt{3^2 + (-1)^2 + 0^2} \cdot \sqrt{1^2 + (-2)^2 + 5^2}} =$$

$$= \frac{5}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{30}} = \frac{\sqrt{3}}{6}.$$

Следовательно, $\varphi = \arccos\frac{\sqrt{3}}{6}. \otimes$

Пример 2.2.6. Написать канонические уравнения прямой линии, заданной пересечением двух плоскостей с уравнениями

$$x^1 + x^2 + x^3 - 2 = 0,\ x^1 - x^2 - 3x^3 + 6 = 0.$$

Р е ш е н и е. Проверяем, что плоскости не параллельны (то есть их нормальные векторы не коллинеарны), для чего проверяем пропорциональны или нет координаты нормальных векторов:

$$\frac{1}{1} \neq \frac{1}{-1} \neq \frac{1}{-3}.$$

Координаты не пропорциональны, следовательно, нормальные векторы неколлинеарны, то есть плоскости не параллельны.

Так как прямая линия принадлежит обеим плоскостям, её направляющий вектор ортогонален нормальным векторам плоскостей, поэтому находим его как векторное произведение нормальных векторов плоскостей:

$$\vec{a} = \left[\vec{N}_1, \vec{N}_2\right] = \left(x^2y^3 - x^3y^2\right)\vec{e}_1 + \left(x^3y^1 - x^1y^3\right)\vec{e}_2 + \left(x^1y^2 - x^2y^1\right)\vec{e}_3 =$$

$$= \left[1\cdot(-3) - 1\cdot(-1)\right]\vec{e}_1 + \left[1\cdot 1 - 1\cdot(-3)\right]\vec{e}_2 + \left[1\cdot(-1) - 1\cdot 1\right]\vec{e}_3 =$$

$$= -2\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Направляющий вектор прямой не параллелен ни одной из координатных плоскостей, поэтому прямая линия пересекает все три координатные плоскости. Найдём, например, точку пересечения прямой и плоскости X^1OX^3, для чего решаем систему трёх уравнений

$$\begin{cases} x^1 + \quad x^3 = \quad 2, \\ x^1 - 3x^3 = -6 \\ \quad x^2 = 0. \end{cases}$$

Получаем решение $x_0^1 = 0,\ x_0^2 = 0,\ x_0^3 = 2$.

Подставляя найденные координаты направляющего вектора и точки в канонические уравнения прямой линии, получаем канонические уравнения

$$\frac{x^1}{-2} = \frac{x^2}{4} = \frac{x^3 - 2}{-2}. \otimes$$

Пример 2.2.7. Найти точку пересечения прямой линии с уравнениями

$$\frac{x^1 - 2}{1} = \frac{x^2 - 3}{1} = \frac{x^3 + 1}{-4},$$

и плоскости с уравнением $x^1 + x^2 + 2x^3 - 9 = 0$.

Р е ш е н и е. Проверяем, пересекается ли прямая линия с плоскостью, для чего находим скалярное произведение нормального вектора плоскости и направляющего вектора прямой линии:

$$\left(\vec{N}, \vec{l}\right) = \left(\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + 2\vec{e}_3,\ \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 4\vec{e}_3\right) = -6 \neq 0.$$

Векторы не ортогональны, а следовательно, прямая линия и плоскость не параллельны. Параметрические уравнения прямой линии имеют вид:

$$\begin{cases} x^1 = 2 + t, \\ x^2 = 3 + t, \\ x^3 = -1 - 4t. \end{cases}$$

Найдём значение параметра t_0, соответствующее точке пересечения прямой линии и плоскости, для чего подставим x^1, x^2, x^3 из параметрических уравнений прямой линии в уравнение плоскости. Решая получившееся уравнение, найдём $t_0 = -1$. Подставляя найденное значение параметра в параметрические уравнения прямой линии, находим координаты точки пересечения:

$$x_0^1 = 1,\ x_0^2 = 2,\ x_0^3 = 3. \otimes$$

Пример 2.2.8. Найти расстояние от точки $M(0;0;1)$ до плоскости H^2 с уравнением $4x^1 + 6x^2 + 4x^3 - 25 = 0.$

Р е ш е н и е. Расстояние от точки M до плоскости – это длина вектора $\overrightarrow{M_0M}$ с начальной точкой M и конечной точкой M_0 – проекцией точки M на плоскость H^2.

Проекция точки на плоскость – это основание перпендикуляра, опущенного из данной точки на плоскость. Поэтому следует составить уравнение прямой линии, проходящей через точку $M(0;0;1)$ перпендикулярно плоскости с уравнением

$$4x^1 + 6x^2 + 4x^3 - 25 = 0,$$

и найти точку её пересечения с плоскостью.

Если в качестве направляющего вектора прямой линии выбрать нормальный вектор плоскости $\vec{l} = \vec{N} = 4\vec{e}_1 + 6\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3$, то канонические уравнения прямой линии примут вид

$$\frac{x^1 - 1}{4} = \frac{x^2}{6} = \frac{x^3 - 1}{4},$$

откуда получаем параметрические уравнения

$$\begin{cases} x^1 = 1 + 4t, \\ x^2 = \quad 6t, \\ x^3 = 1 + 4t. \end{cases}$$

Подставляя общее выражение для координат текущей точки прямой линии из параметрических уравнений в уравнение плоскости, получаем уравнение для параметра, решение которого даёт для параметра значение

$$t_0 = \frac{1}{4},$$

соответствующее искомой точке пересечения прямой линии и плоскости.

Подставляя это значение параметра в параметрические уравнения прямой линии, получаем находим искомые координаты проекции M_0 точки $M(-1; 0; 1)$ на плоскость H^2:

$$x^1 = 2,\ x^2 = \frac{3}{2},\ x^3 = 2.$$

Вектор

$$\vec{M_0M} = (-1)\vec{e}_1 + \left(\frac{3}{2} - 0\right)\vec{e}_2 + (-1)\vec{e}_3 = \vec{e}_1 + \frac{3}{2}\vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

Расстояние

$$\rho(M, H^2) = \sqrt{1 + \frac{9}{4} + 1} = \frac{\sqrt{17}}{2}. \otimes$$

Практическое занятие 3

Абстрактные векторные пространства

Пример 2.3.1. Пусть P – числовое поле. На множестве объектов

$$P^n = \left\{ |a\rangle = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix},\ a_k \in P \right\},$$

которые назовём вектор-столбцами, определим операции сложения вектор-столбцов и умножения вектора-столбца на числа из поля P:

1) $\forall |a\rangle, |b\rangle \in P^n \Rightarrow |a\rangle + |b\rangle = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \\ \dots \\ a_n + b_n \end{pmatrix} \in$

2) $\forall |a\rangle \in P^n$ и $\forall \alpha \in P \Rightarrow \alpha \cdot |a\rangle = \alpha \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \cdot a_1 \\ \alpha \cdot a_2 \\ \dots \\ \alpha \cdot a_n \end{pmatrix}$.

Показать, что множество P^n является n-мерным векторным пространством.

Р е ш е н и е. Для доказательства требуется проверить выполнение всех аксиом векторного пространства и построить хотя бы один базис из вектор-столбцов.

Аксиомы сложения.

1) Аксиома ассоциативности выполняется в силу ассоциативности операции сложения в поле P, действительно

$$|a\rangle + |b\rangle + |c\rangle = \left[\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}\right] + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 + b_1 \\ a_2 + b_2 \\ \dots \\ a_n + b_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (a_1 + b_1) + c_1 \\ (a_2 + b_2) + c_2 \\ \dots \\ (a_n + b_n) + c_n \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} a_1 + (b_1 + c_1) \\ a_2 + (b_2 + c_2) \\ \dots \\ a_n + (b_n + c_n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 + c_1 \\ b_2 + c_2 \\ \dots \\ b_n + c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \left[\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_n \end{pmatrix}\right] = |a\rangle + |b\rangle + |c\rangle$$

.

2) Аксиома коммутативности выполняется в силу коммутативности операции сложения в поле P, действительно

$$|a\rangle+|b\rangle=\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\cdots\\a_n\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}b_1\\b_2\\\cdots\\b_n\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_1+b_1\\a_2+b_2\\\cdots\\a_n+b_n\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}b_1+a_1\\b_2+a_2\\\cdots\\b_n+a_n\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}b_1\\b_2\\\cdots\\b_n\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\cdots\\a_n\end{pmatrix}=|b\rangle+|a\rangle.$$

3) Вектор-нуль определим так

$$|0\rangle=\begin{pmatrix}0\\0\\\cdots\\0\end{pmatrix}.$$

Очевидно, что аксиома о нейтральном элементе выполняется, действительно имеем:

$$\forall|a\rangle\in P^n\;|a\rangle+|0\rangle=\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\cdots\\a_n\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}0\\0\\\cdots\\0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_1+0\\a_2+0\\\cdots\\a_n+0\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\cdots\\a_n\end{pmatrix}.$$

4) Противоположный вектор-столбец определим так

$$\forall|a\rangle\in P^n\;-|a\rangle=\begin{pmatrix}-a_1\\-a_2\\\cdots\\-a_n\end{pmatrix}.$$

Очевидно, что аксиома об обратном (противоположном элементе) выполняется, действительно имеем:

$$|a\rangle+(-|a\rangle)=\begin{pmatrix}a_1\\a_2\\\cdots\\a_n\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-a_1\\-a_2\\\cdots\\-a_n\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a_1-a_1\\a_2-a_2\\\cdots\\a_n-a_n\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\\\cdots\\0\end{pmatrix}.$$

Аксиомы умножения вектор-столбца на числа. Аналогично показывается, что выполняются аксиомы умножения вектор-столбца на числа:

1) $\forall|a\rangle\in P^n$ и $\forall\alpha\in P$

$$\alpha(|a\rangle + |b\rangle) = \alpha\left[\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix}\right] = \begin{pmatrix} \alpha(a_1 + b_1) \\ \alpha(a_2 + b_2) \\ \dots \\ \alpha(a_n + b_n) \end{pmatrix} = \alpha\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \alpha\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{pmatrix};$$

2) $\forall \alpha, \beta \in P$

$$(\alpha + \beta)|a\rangle = (\alpha + \beta)\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\alpha + \beta)a_1 \\ (\alpha + \beta)a_2 \\ \dots \\ (\alpha + \beta)a_n \end{pmatrix} = \alpha\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} + \beta\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \alpha|a\rangle + \beta|b\rangle;$$

3) $1 \cdot \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix};$

4) $(\alpha\beta)|a\rangle = (\alpha\beta)\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (\alpha\beta)a_1 \\ (\alpha\beta)a_2 \\ \dots \\ (\alpha\beta)a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha(\beta a_1) \\ \alpha(\beta a_2) \\ \dots \\ \alpha(\beta a_n) \end{pmatrix} = \dots = \alpha(\beta|a\rangle),$

Таким образом, все аксиомы векторного пространства выполняются и, следовательно, множество P^n является векторным пространством.

Рассмотрим следующее тождественное преобразование:

$$|a\rangle = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ a_2 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} + \dots + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} = a_1\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} + a_2\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix} + \dots + a_n\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Из этого разложения видно, что в силу произвольности вектор-столбца $|a\rangle$, он представлен разложением по вектор-столбцам специального вида

$$|e_1\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, |e_2\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, \dots, |e_n\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Система этих вектор-столбцов образует простейший, или ***канонический*** базис в векторном пространстве P^n.

Теперь очевидно, что множество P^n является n-мерным векторным пространством. $\otimes$

Пример 2.3.2. Показать, что если система векторов $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_n \right\}$ линейно независима, то и любая её подсистема также линейно независима.

Р е ш е н и е. Пусть $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_m \right\}$ – подсистема данной системы, то есть $m < n$. Предположим, что условие задачи неверно, то есть подсистема $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \dots, \vec{x}_m \right\}$ линейно зависима. Тогда можно подобрать такие числа $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_m$, не все равные нулю одновременно, что справедливо тождество

$$\alpha_1 \vec{x}_1 + \alpha_2 \vec{x}_2 + \dots + \alpha_m \vec{x}_m = \vec{0}.$$

Учитывая свойство нуль вектора

$$\left(\forall \vec{x} \in X \right) \vec{x} + \vec{0} = \vec{0} + \vec{x} = \vec{x},$$

добавим его в обе части последнего тождества, представив его в виде линейной комбинации оставшихся векторов исходной системы с нулевыми коэффициентами

$$\vec{0} = 0\,\vec{x}_{m+1} + \dots + 0\,\vec{x}_n.$$

Получаем

$$\alpha_1 \vec{x}_1 + \alpha_2 \vec{x}_2 + \dots + \alpha_m \vec{x}_m + 0\,\vec{x}_{m+1} + \dots + 0\,\vec{x}_n = \vec{0},$$

то есть линейная комбинация векторов исходной системы с коэффициентами, не все из которых равны нулю одновременно, даёт нулевой вектор. По определению это означает линейную зависимость векторов системы $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \ldots, \vec{x}_n \right\}$, что противоречит условию задачи.

Следовательно, предположение о линейной зависимости ***произвольной*** подсистемы $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \ldots, \vec{x}_m \right\}$ линейно независимой системы $\left\{ \vec{x}_1, \vec{x}_2, \ldots, \vec{x}_n \right\}$ не верно. $\otimes$

Пример 2.3.3. Показать, что система из двух векторов линейно зависима в том и только в том случае, если векторы коллинеарны.

Р е ш е н и е. *Необходимость.* Если из двух векторов $\left\{ \vec{x}, \vec{y} \right\}$ хотя бы один равен нуль вектору, то векторы коллинеарны. Поэтому предположим, что векторы $\vec{x} \neq \vec{0}$, $\vec{y} \neq \vec{0}$. Пусть система $\left\{ \vec{x}, \vec{y} \right\}$ линейно зависима. Покажем, что векторы коллинеарны. По определению найдутся такие числа $\alpha, \beta \in R$, что

$$\alpha \vec{x} + \beta \vec{y} = \vec{0},$$

причём эти числа неравны нулю одновременно.

Пусть $\beta \neq 0$. Тогда получаем:

$$\vec{y} = \left(-\frac{\alpha}{\beta} \right) \vec{x}.$$

Обозначая $\lambda = -\frac{\alpha}{\beta}$, получим

$$\vec{y} = \lambda \vec{x},$$

то есть по определению векторы $\vec{x}$ и $\vec{y}$ коллинеарны.

Достаточность. Пусть теперь векторы $\vec{x}$ и $\vec{y}$ коллинеарны, покажем, что система $\left\{\vec{x},\ \vec{y}\right\}$ линейно зависима. По определению коллинеарности имеем, например:

$$\vec{y} = \lambda \vec{x}.$$

Пусть $\nu \neq 0$, тогда можем записать

$$\vec{y} = \frac{\lambda}{\nu} \nu \vec{x},$$

откуда получаем

$$\nu \vec{y} = \lambda \nu \vec{x},$$

или

$$\mu \vec{x} + \nu \vec{y} = \vec{0},$$

где $\mu = -\lambda\nu$. Так как $\lambda \neq 0$ и $\nu \neq 0$, то система векторов $\left\{\vec{x},\ \vec{y}\right\}$ линейно зависима. $\otimes$

Пример 2.3.4. Показать, что система трёх векторов пространства R^3 линейно зависима в том и только в том случае, если векторы компланарны.

Р е ш е н и е. Предположим, что никакие два вектора из тройки векторов $\vec{x},\ \vec{y},\ \vec{z}$ не коллинеарны (в противном случае система векторов заведомо будет линейно зависимой).

Необходимость. Пусть система $\left\{\vec{x},\ \vec{y},\ \vec{z}\right\}$ линейно зависима, покажем, что векторы системы компланарны. В силу линейной зависимости системы, можно подобрать три неравных одновременно нулю числа $\alpha,\ \beta,\ \gamma \in R$ так, чтобы выполнялось равенство

$$\alpha \vec{x} + \beta \vec{y} + \gamma \vec{z} = \vec{0}.$$

Пусть, например, $\gamma \neq 0$. Тогда имеем:

$$\vec{z} = \left(-\frac{\alpha}{\gamma}\right)\vec{x} + \left(-\frac{\beta}{\gamma}\right)\vec{y}.$$

Приложив векторы $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ к общей точке O, легко видеть, что вектор $\vec{z}$ равен диагонали параллелограмма, построенного на векторах

$$\vec{a} = \left(-\frac{\alpha}{\gamma}\right)\vec{x},\ \vec{b} = \left(-\frac{\beta}{\gamma}\right)\vec{y},$$

а это и означает, что они лежат в одной плоскости, то есть компланарны.

Достаточность. Пусть векторы $\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}$ компланарны, покажем, что система $\left\{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}\right\}$ линейно зависима. Доказательство почти очевидно. Действительно, компланарность векторов означает, что справедливо, например, равенство

$$\vec{x} = \mu\vec{y} + \lambda\vec{z}.$$

Следовательно, один из векторов системы линейно выражается через два других. Тогда из свойств линейно зависимых систем векторов следует линейная зависимость системы векторов $\left\{\vec{x}, \vec{y}, \vec{z}\right\}$.⊗

Пример 2.3.5. Выяснить вопрос о линейной зависимости или линейной независимости следующей системы вектор-столбцов:

$$|a_1\rangle = \begin{pmatrix}1\\1\\1\\1\end{pmatrix}, |a_2\rangle = \begin{pmatrix}0\\1\\1\\1\end{pmatrix}, |a_3\rangle = \begin{pmatrix}0\\0\\1\\1\end{pmatrix}, |a_4\rangle = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. Составим линейную комбинацию векторов системы с произвольными коэффициентами и потребуем, чтобы её значением был нуль вектор-столбец:

$$\alpha_1|a_1\rangle + \alpha_2|a_2\rangle + \alpha_3|a_3\rangle + \alpha_4|a_4\rangle = |0\rangle \Rightarrow$$

$$\alpha_1\begin{pmatrix}1\\1\\1\\1\end{pmatrix} + \alpha_2\begin{pmatrix}0\\1\\1\\1\end{pmatrix} + \alpha_3\begin{pmatrix}0\\0\\1\\1\end{pmatrix} + \alpha_4\begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\end{pmatrix}.$$

Используя правила выполнения операций с вектор-столбцами, получаем

$$\begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_1+\alpha_2 \\ \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3 \\ \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} \alpha_1 = 0, \\ \alpha_1+\alpha_2 = 0, \\ \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3 = 0, \\ \alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4 = 0. \end{cases}$$

Совершая последовательные подстановки из первого уравнения во второе, из второго в третье и так далее, получаем, что

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0,$$

что и доказывает линейную независимость данной системы вектор-столбцов. $\otimes$

Пример 2.3.6. Пусть

$$\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m, \vec{a}_{m+1}, \ldots, \vec{a}_{n-1}, \vec{a}_n \right\}$$

– некоторая система векторов векторного пространства и пусть

$$\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m \right\},$$

– её максимальная по числу векторов линейно независимая подсистема.

Показать, что любой из векторов $\vec{a}_{m+1}, \ldots, \vec{a}_{n-1}, \vec{a}_n$ можно выразить в виде разложения по векторам подсистемы $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m \right\}$.

Р е ш е н и е. Так как подсистема $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m \right\}$ – максимальная по числу векторов линейно независимая система, то добавляя к ней любой из оставшихся векторов, например, вектор $\vec{a}_{m+1}$, получим уже линейно зависимую систему

$$\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m, \vec{a}_{m+1} \right\}.$$

Следовательно, можно подобрать такие неравные одновременно нулю числа $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m, \alpha_{m+1}$, что выполняется равенство

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \ldots + \alpha_m \vec{a}_m + \alpha_{m+1} \vec{a}_{m+1} = \vec{0}.$$

В этом равенстве $\alpha_{m+1} \neq 0$ так как в противном случае имели бы равенство

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \ldots + \alpha_m \vec{a}_m = \vec{0},$$

в котором не все коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ одновременно равны нулю. Но тогда система векторов $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m \right\}$ будет линейно зависимой, что противоречит условию задачи.

Из равенства

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \ldots + \alpha_m \vec{a}_m + \alpha_{m+1} \vec{a}_{m+1} = \vec{0}$$

следует, что

$$\vec{a}_{m+1} = -\frac{\alpha_1}{\alpha_{m+1}} \vec{a}_1 - \frac{\alpha_2}{\alpha_{m+1}} \vec{a}_2 - \ldots - \frac{\alpha_m}{\alpha_{m+1}} \vec{a}_m.$$

Вводя обозначения

$$\beta_1 = -\frac{\alpha_1}{\alpha_{m+1}}, \ \beta_2 = -\frac{\alpha_2}{\alpha_{m+1}}, \ \ldots, \ \beta_m = -\frac{\alpha_m}{\alpha_{m+1}},$$

получаем

$$\vec{a}_{m+1} = \beta_1 \vec{a}_1 + \beta_2 \vec{a}_2 + \ldots + \beta_m \vec{a}_m,$$

что и доказывает сформулированное утверждение. $\otimes$

Пример 2.3.7. Дана система функций

$$\left\{ e^t, e^{2t}, e^{3t} \right\}.$$

Показать, что эта система функций является линейно независимой в пространстве функций, непрерывных на промежутке $(-\infty, +\infty)$.

Р е ш е н и е. По определению линейной независимости условие

$$\alpha_1 e^t + \alpha_2 e^{2t} + \alpha_3 e^{3t} = 0 \ \ (\forall t \in (-\infty, +\infty))$$

влечёт за собой выполнение условия $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0.$

Составим СЛАУ для коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$. Для этого положим в тождестве $t = 0$, получим

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0.$$

Дифференцируя тождество по t и полагая $t = 0$, получим

$$\alpha_1 + 2\alpha_2 + 3\alpha_3 = 0.$$

Дифференцируя тождество ещё раз и, снова полагая $t = 0$, получим

$$\alpha_1 + 4\alpha_2 + 9\alpha_3 = 0.$$

Объединяя полученные равенства в систему уравнений для неизвестных коэффициентов, получим

$$\begin{cases} \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 0, \\ \alpha_1 + 2\alpha_2 + 3\alpha_3 = 0, \\ \alpha_1 + 4\alpha_2 + 9\alpha_3 = 0. \end{cases}$$

Это однородная СЛАУ, применяя метод Гаусса, получаем единственное решение

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0.$$

Таким образом, система функций $\{e^t, e^{2t}, e^{3t}\}$ является базисом подмножества функций, непрерывных на промежутке $(-\infty, +\infty)$. Поэтому множество функций вида

$$f(t) = \alpha e^t + \beta e^{2t} + \lambda e^{3t}$$

образует подпространство в пространстве таких функций. $\otimes$

Пример 2.3.8. Используя процедуру ортогонализации Шмидта, ортонормировать систему векторов $\left\{\vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3\right\} \subset E^4$, заданных в некотором ортонормированном базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\} \subset E^4$ своими разложениями:

$$\vec{g}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4,$$

$$\vec{g}_2 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3 - 3\vec{e}_4,$$

$$\vec{g}_3 = 4\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + 0\vec{e}_3 - \vec{e}_4.$$

Р е ш е н и е. Для ортогонализации системы векторов

$$\left\{\vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3\right\} \subset E^4$$

воспользуемся формулами процедуры ортогонализации Шмидта.

Для этого положим

$$\vec{a}_1 = \vec{g}_1,$$

то есть

$$\vec{a}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4.$$

Далее имеем:

$$\vec{a}_2 = \vec{g}_2 - \frac{\left(\vec{a}_1, \vec{g}_2\right)}{\left\|\vec{a}_1\right\|^2}\vec{a}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 3\vec{e}_3 - 3\vec{e}_4 -$$

$$-\frac{1}{4}\cdot 4\left(\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4\right) = 2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3 - 2\vec{e}_4;$$

$$\vec{a}_3 = \vec{g}_3 - \frac{\left(\vec{a}_1, \vec{g}_3\right)}{\left\|\vec{a}_1\right\|^2}\vec{a}_1 - \frac{\left(\vec{a}_2, \vec{g}_3\right)}{\left\|\vec{a}_2\right\|^2}\vec{a}_2 =$$

$$= 4\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 - \vec{e}_4 - \frac{3}{2}\left(\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4\right) -$$

$$-\left(2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3 - 2\vec{e}_4\right) = \frac{1}{2}\vec{e}_1 - \frac{1}{2}\vec{e}_2 + \frac{1}{2}\vec{e}_3 - \frac{1}{2}\vec{e}_4.$$

Для получения ортонормированной системы, векторы системы нормируем:

$$\vec{e}_{a1} = \frac{1}{2}\left(\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4\right);$$

$$\vec{e}_{a2} = \frac{1}{4}\left(2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3 - 2\vec{e}_4\right);$$

$$\vec{e}_{a3} = \frac{1}{2}\vec{e}_1 - \frac{1}{2}\vec{e}_2 + \frac{1}{2}\vec{e}_3 - \frac{1}{2}\vec{e}_4.$$

Прямой проверкой убеждаемся, что система векторов $\left\{\vec{e}_{a1},\ \vec{e}_{a2},\ \vec{e}_{a3}\right\}$ ортонормированная. $\otimes$

Пример 2.3.9. Показать, что линейная оболочка $L\left\{\vec{g}_1,\ \vec{g}_2\right\}$, где элементы L вычисляются по формулам

$$\vec{g}_1 = \alpha_1 \cdot \sin x + \beta_1 \cdot \cos x,\ \vec{g}_2 = \alpha_2 \cdot \sin x + \beta_2 \cdot \cos x,$$

а скалярное произведение определено формулой

$$\left(\vec{g}_1, \vec{g}_2\right) = \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \beta_1 \cdot \beta_2 + \frac{1}{2} \cdot \left(\alpha_1 \cdot \beta_2 + \alpha_2 \cdot \beta_1\right),$$

является двумерным линейным многообразием с ортонормированным базисом

$$\vec{e}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sin x + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \cos x,\ \vec{e}_2 = \sin x - \cos x.$$

Р е ш е н и е. Находим скалярное произведение и скалярные квадраты векторов предполагаемого базиса:

$$\left(\vec{e}_1, \vec{e}_1\right) = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = 1;$$

$$\left(\vec{e}_1, \vec{e}_2\right) = \frac{1}{\sqrt{3}} - \frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{1}{2} \cdot \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 0;$$

$$\left(\vec{e}_2, \vec{e}_2\right) = 1 + 1 + \frac{1}{2} \cdot \left(-1 - 1\right) = 2 - 1 = 1.$$

Видим, что система векторов $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$ является ортонормированной и, следовательно, её можно принять за один из базисов линейного многообразия L. $\otimes$

Пример 2.3.10. Пусть X – множество ведущих радиус-векторов точек прямой линии. Операции в этом множестве введены обычным образом. Выяснить, является ли это множество векторным подпространством евклидова пространства R^2.

Р е ш е н и е. 1) Пусть прямая не проходит через начало системы координат (рисунок 3.1).

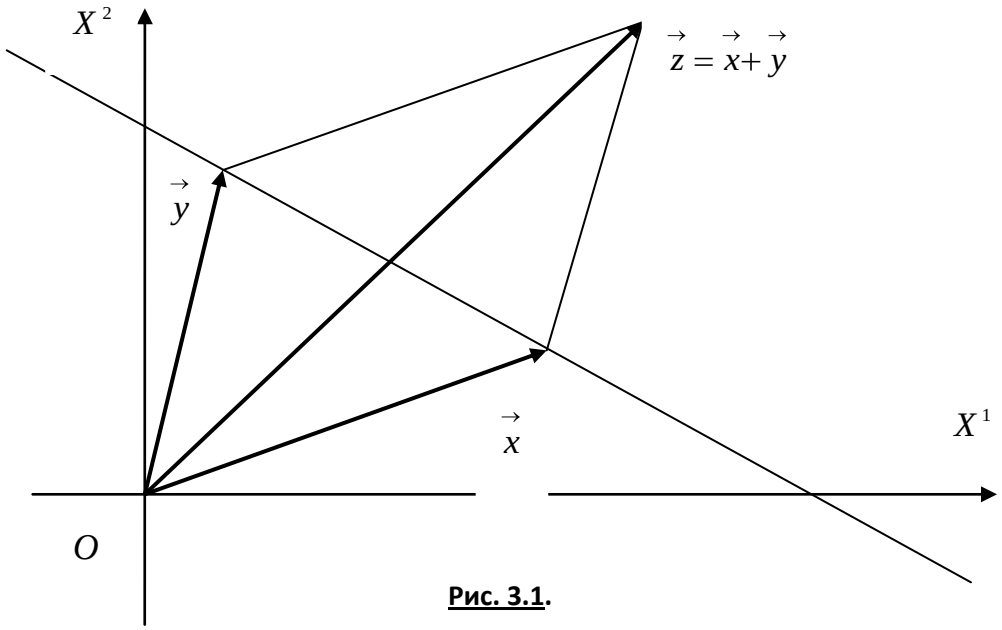


Рис. 3.1.

Очевидно, что сумма двух произвольных ведущих векторов точек прямой линии не принадлежит множеству X, так как конечная точка радиус-вектора их суммы не лежит на данной прямой линии. Следовательно, операция сложения векторов в данном случае не является алгебраической. Множество X не является векторным подпространством пространства R^2.

2) Если прямая линия проходит через начало системы координат, то очевидно, что сумма двух произвольных ведущих векторов точек прямой линии принадлежит множеству X и, следовательно, операция сложения векторов в данном случае является алгебраической. Множество X является векторным подпространством пространства R^2. $\otimes$

Пример 2.3.11. Дана система функций

$$\{\cos t, \sin t, \sin 2t\}.$$

Показать, что множество функций вида

$$f(t) = \alpha \cos t + \beta \sin t + \lambda \sin 2t,$$

где $\alpha, \beta, \lambda \in R^1$, является подпространством векторного пространства функций, непрерывных на промежутке $[-\pi, \pi]$.

Р е ш е н и е. Покажем сначала, что система функций

$$\{\cos t, \sin t, \sin 2t\}$$

является линейно независимой на промежутке $[-\pi, \pi]$.

В соответствие с определением линейной независимости потребуем выполнения условия

$$\alpha_1 \cos t + \alpha_2 \sin t + \alpha_3 \sin 2t = 0.$$

При различных значениях $t \in (-\pi, \pi)$ получаем бесконечное множество систем линейных алгебраических уравнений. Положим, например,

$$t = 0,\ t = \frac{\pi}{6},\ t = \frac{\pi}{4}.$$

Тогда имеем систему уравнений

$$\begin{cases} \alpha_1 = 0, \\ \frac{\sqrt{3}}{2}\alpha_1 + \frac{1}{2}\alpha_2 + \frac{\sqrt{3}}{2}\alpha_3 = 0, \\ \frac{\sqrt{2}}{2}\alpha_1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\alpha_2 + \alpha_3 = 0. \end{cases}$$

Это однородная система уравнений. Решая СЛАУ методом Гаусса, получаем

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0.$$

Поэтому система функций $\{\cos t, \sin t, \sin 2t\}$ линейно независима на промежутке $(-\pi, \pi)$.

Легко видеть, что любая функция вида

$$f(t) = \alpha \cos t + \beta \sin t + \lambda \sin 2t$$

является линейной комбинацией функций системы $\{\cos t, \sin t, \sin 2t\}$, что и доказывает требуемой. $\otimes$

Пример 2.3.12. Показать, что система векторов

$$\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\} \subset E^4,$$

заданных в некотором ортонормированном базисе евклидова пространства E^4

$$\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\} \subset E^4$$

разложениями

$$\begin{aligned}\vec{a}_1 &= a_1^1\vec{e}_1 + a_1^2\vec{e}_2 + a_1^3\vec{e}_3 + a_1^4\vec{e}_4 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4,\\ \vec{a}_2 &= a_2^1\vec{e}_1 + a_2^2\vec{e}_2 + a_2^3\vec{e}_3 + a_2^4\vec{e}_4 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4,\end{aligned} \qquad (1)$$

линейно независима. Дополнить систему до ортонормированного базиса всего пространства E^4.

Р е ш е н и е. Находим значение скалярного произведения:

$$\left(\vec{a}_1, \vec{a}_2\right) = \left(\vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4, \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4\right) = 0.$$

Следовательно, система векторов $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\}$ ортогональна.

Для того чтобы дополнить эту систему до ортогонального базиса пространства евклидова E^4, найдём векторы

$$\vec{x} = x^1\vec{e}_1 + x^2\vec{e}_2 + x^3\vec{e}_3 + x^4\vec{e}_4$$

такие, чтобы выполнялись условия

$$\begin{cases}\left(\vec{x}, \vec{a}_1\right) = 0,\\ \left(\vec{x}, \vec{a}_2\right) = 0.\end{cases} \qquad (2)$$

Из условий (2) получаем СЛАУ:

$$\begin{cases}x^1 - x^2 + x^3 - x^4 = 0,\\ x^1 + x^2 + x^3 + x^4 = 0.\end{cases} \qquad (3)$$

Решаем СЛАУ (3) методом Гаусса, принимая x^3 и x^4 за свободные неизвестные, то есть, например, полагая $x^3 = a$ и $x^4 = b$. Полученное решение СЛАУ (3) записывается в виде

$$|x\rangle = \begin{pmatrix}x^1\\ x^2\\ x^3\\ x^4\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-a\\ -b\\ a\\ b\end{pmatrix} = a\begin{pmatrix}-1\\ 0\\ 1\\ 0\end{pmatrix} + b\begin{pmatrix}0\\ -1\\ 0\\ 1\end{pmatrix}, \qquad (4)$$

или

$$\vec{x} = a\vec{a}_3 + b\vec{a}_4,$$

где векторы фундаментальной системы решений

$$\vec{a}_3 = -\vec{e}_1 + 0\vec{e}_2 + \vec{e}_3 + 0\vec{e}_4,$$

$$\vec{a}_4 = 0\vec{e}_1 - \vec{e}_2 + 0\vec{e}_3 + \vec{e}_4.$$

Легко проверяется, что фундаментальная система $\left\{\vec{a}_3, \vec{a}_4\right\}$ ортогональна и в совокупности с векторами $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\}$ также образует ортогональную систему $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4\right\}$. Для получения ортонормированного базиса пространства E^4 нормируем векторы этой системы:

$$\vec{h}_1 = \frac{\vec{a}_1}{\left\|\vec{a}_1\right\|} = \frac{1}{2}\left(\vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4\right);$$

$$\vec{h}_2 = \frac{\vec{a}_2}{\left\|\vec{a}_2\right\|} = \frac{1}{2}\left(\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4\right);$$

$$\vec{h}_3 = \frac{\vec{a}_3}{\left\|\vec{a}_3\right\|} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(-\vec{e}_1 + \vec{e}_3\right);$$

$$\vec{h}_4 = \frac{\vec{a}_4}{\left\|\vec{a}_4\right\|} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(-\vec{e}_2 + \vec{e}_4\right).$$

Прямой проверкой убеждаемся, что система векторов $\left\{\vec{h}_1, \vec{h}_2, \vec{h}_3, \vec{h}_4\right\}$ ортонормирована. $\otimes$

Пример 2.3.13. В евклидовом пространстве E^4 в некотором ортонормированном базисе

$$\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\} \subset E^4$$

задана система векторов:

$$\vec{a}_1 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 3\vec{e}_3 + \vec{e}_4,\ \vec{a}_2 = -3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3 - 5\vec{e}_4.$$

1) Выяснить, можно ли на векторах этой системы как на направляющих векторах построить подпространство H^2 пространства E^4. Если это возможно, то написать параметрические уравнения подпространства H^2.

2) Найти базис $\left\{\vec{a}_3, \vec{a}_4\right\}$ и построить ортогональное дополнение $H^{2\perp}$ к подпространству H^2, записать параметрические уравнения ортогонального дополнения $H^{2\perp}$.

Р е ш е н и е. 1) Координаты векторов системы $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\}$ непропорциональны – векторы неколлинеарны. Следовательно, система векторов $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\}$ линейно независимая. Векторы системы могут служить одним из базисов (быть направляющими векторами) линейного двумерного многообразия. Векторное параметрическое уравнение такого многообразия в общем случае имеет вид

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + t_1\vec{a}_1 + t_2\vec{a}_2,$$

где $\vec{x}_0$ – вектор сдвига многообразия. Если $\vec{x}_0 = \vec{0}$, то многообразие превращается в подпространство. В последнем случае ведущий вектор точек этого многообразия превращается в текущий вектор подпространства и представляется в виде:

$$\vec{x} = t_1\vec{a}_1 + t_2\vec{a}_2.$$

Откуда имеем параметрические уравнения подпространства:

$$\begin{cases} x^1 = t_1 - 3t_2, \\ x^2 = 2t_1 + 4t_2, \\ x^3 = -3t_1 + 3t_2, \\ x^4 = t_1 - 5t_2. \end{cases}$$

Таким образом, подпространство является, очевидно, двумерной плоскостью, проходящей через начало системы координат.

2) Пусть

$$\vec{x} = x^1 \vec{e}_1 + x^2 \vec{e}_2 + x^3 \vec{e}_3 + x^4 \vec{e}_4$$

– произвольный вектор из ортогонального дополнения $H^{\perp}$. Так как система $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2 \right\}$ – базис подпространства H, то должны выполняться условия

$$\begin{cases} \left(\vec{a}_1, \vec{x} \right) = 0, \\ \left(\vec{a}_2, \vec{x} \right) = 0. \end{cases}$$

Эти условия приводят к СЛАУ

$$\begin{cases} x^1 + 2x^2 - 3x^3 + x^4 = 0, \\ -3x^1 + 4x^2 + 3x^3 - 5x^4 = 0. \end{cases}$$

Применение метода Гаусса приводит к следующему результату: СЛАУ совместна и неопределённа, а множество её решений выражается следующей формулой

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{9}{5}a - \frac{7}{5}b \\ \frac{3}{5}a + \frac{1}{5}b \\ a \\ b \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} \frac{9}{5} \\ \frac{3}{5} \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + b \begin{pmatrix} -\frac{7}{5} \\ \frac{1}{5} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

где a и b – свободные неизвестные. Следовательно, имеем векторное подпространство с направляющими векторами

$$\vec{a}_3 = \frac{9}{5}\vec{e}_1 + \frac{3}{5}\vec{e}_2 + \vec{e}_3, \; \vec{a}_4 = -\frac{7}{5}\vec{e}_1 + \frac{1}{5}\vec{e}_2 + \vec{e}_4.$$

Нетрудно проверить, что полученные векторы $\left\{\vec{a}_3, \vec{a}_4\right\}$ образуют линейно независимую систему, а любая их линейная комбинация ортогональна любой линейной комбинации векторов $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\}$.

Следовательно, на этих векторах можно построить ортогональное дополнение $H^{2\perp}$, параметрические уравнения которого имеют вид, аналогичный параметрическим уравнениям подпространства H^2:

$$\begin{cases} x^1 = \frac{9}{5}\tau_1 - \frac{7}{5}\tau_2, \\ x^2 = \frac{3}{5}\tau_1 + \frac{1}{5}\tau_2, \otimes \\ x^3 = \tau_1, \\ x^4 = \tau_2. \end{cases}$$

Пример 2.3.14. В аффинном пространстве A^4 координатами относительно репера $\left\{O, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\}$ заданы четыре точки:

$$A_1(4; 2; 0), A_2(7; 3; 2), A_3(6; 3; -1), A_4(4; 5; 2).$$

Получить уравнения гиперплоскости, проходящей через заданные точки.

Р е ш е н и е. Обозначим точку A_1 через $O^* \equiv A_1$ и примем её за начало репера на гиперплоскости $H^3 \subset A^4$.

Рассмотрим векторы:

$$\begin{aligned} \vec{a}_1 &= \vec{O^*A_2} = 2\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + \vec{e}_3 + 2\vec{e}_4, \\ \vec{a}_2 &= \vec{O^*A_3} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4, \\ \vec{a}_3 &= \vec{O^*A_4} = 3\vec{e}_3 + 2\vec{e}_4. \end{aligned} \qquad (1)$$

Требуя, чтобы для линейной комбинации этих векторов выполнялось условие

$$\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \alpha_3 \vec{a}_3 = \vec{0},$$

решая вытекающую из этого условия СЛАУ для неопределённых коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ методом Гаусса, выясняем, что данное условие выполняется только при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 0$. Из этого результата заключаем, что система векторов $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3 \right\}$ линейно независима и её можно выбрать в качестве базиса репера

$$\left\{ O^*, \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3 \right\}$$

на гиперплоскости $H^3 \subset A^4$.

Пусть $M(x^1; x^2; x^3; x^4)$ – текущая точка гиперплоскости, координаты которой определены относительно репера $\left\{ O, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4 \right\}$ вмещающего пространства A^4. Тогда её радиус-векторы $\vec{OM}$ относительно репера $\left\{ O, \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4 \right\}$ пространства A^4 и $\vec{O^*M}$ относительно репера $\left\{ O^*, \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3 \right\}$ гиперплоскости $H^3 \subset A^4$ могут быть, соответственно, представлены в виде разложений:

$$\begin{aligned} &\vec{x} \equiv \vec{OM} = x^1 \vec{e}_1 + x^2 \vec{e}_2 + x^3 \vec{e}_3 + x^4 \vec{e}_4, \\ &\vec{O^*M} = t_1 \vec{a}_1 + t_1 \vec{a}_2 + t_1 \vec{a}_3. \end{aligned} \qquad (2)$$

Векторное уравнение гиперплоскости имеет вид:

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{O^*M}, \qquad (3)$$

где

$$\vec{x}_0 \equiv \vec{OO^*} = \vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3. \qquad (4)$$

Подставляя (1), (2) и (4) в (3), получаем ***параметрические уравнения***

$$\begin{cases} x^1 = 1 + 2t_1 + t_2, \\ x^2 = 4 + 3t_1 + 2_2, \\ x^3 = 2 + t_1 + t_2 + 3t_3, \\ x^4 = 2t_1 - t_2 + 2t_3, \end{cases} \tag{5}$$

гиперплоскости $H^3 \subset A^4$. Для получения неявного уравнения гиперплоскости выразим три параметра t_1, t_2, t_3 из первых трёх уравнений (5), решая СЛАУ

$$\begin{cases} 2t_1 + t_2 = x^1 - 1, \\ 3t_1 + 2t_2 = x^2 - 4, \\ t_1 + t_2 + 3t_3 = x^3 - 2 \end{cases} \tag{6}$$

методом Гаусса, и подставим их в четвёртое уравнение. В процессе решения устанавливаем, что СЛАУ совместна и имеет единственное решение:

$$t_1 = 2x^1 - x^2 + 2;$$

$$t_2 = -3x^1 + 2x^2 - 5;$$

$$t_3 = \frac{1}{3}x^1 - \frac{1}{3}x^2 + \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{3}.$$

Подстановка в четвёртое из уравнений (5) приводит к неявному уравнению гиперплоскости $H^3 \subset A^4$, проходящей через заданные четыре точки:

$$23x^1 - 14x^2 + 2x^3 - 3x^4 + 29 = 0. \otimes$$

Практическое занятие 4

Операторы, матрицы, определители и СЛАУ

Пример 2.4.1. В пространстве R^3 оператор $\hat{P}$ действует по правилу

$$\left(\forall \vec{x} \in R^3 \right) \hat{P}\vec{x} = x^1 \vec{e}_1,$$

то есть ставит в соответствие произвольному вектору $\vec{x}$ его координатную проекцию на ось OX^1. Показать, что оператор линейный и найти его матрицу.

Р е ш е н и е. покажем, что оператор линейный. По определению для линейного оператора справедливо равенство:

$$\hat{P}\left(\alpha_1 \vec{x}_1+\alpha_2 \vec{x}_2\right)=\alpha_1 \hat{P}\vec{x}_1+\alpha_2 \hat{P}\vec{x}_2.$$

Проверим его выполнение для заданного оператора:

$$\hat{P}\left(\alpha_1 \vec{x}_1+\alpha_2 \vec{x}_2\right)=$$

$$=\hat{P}\left[\alpha_1\left(x_1^1 \vec{e}_1+x_1^2 \vec{e}_2+x_1^3 \vec{e}_3\right)+\alpha_2\left(x_2^1 \vec{e}_1+x_2^2 \vec{e}_2+x_2^3 \vec{e}_3\right)\right]=$$

$$=\hat{P}\left[\left(\alpha_1 x_1^1+\alpha_2 x_2^1\right)\vec{e}_1+\left(\alpha_1 x_1^2+\alpha_2 x_2^2\right)\vec{e}_2+\left(\alpha_1 x_1^3+\alpha_2 x_2^3\right)\vec{e}_3\right]=$$

$$=\left(\alpha_1 x_1^1+\alpha_2 x_2^1\right)\vec{e}_1=\alpha_1 x_1^1 \vec{e}_1+\alpha_2 x_2^1 \vec{e}_1=\alpha_1 \hat{P}\vec{x}_1+\alpha_2 \hat{P}\vec{x}_2.$$

Определение выполняется и оператор $\hat{P}$ линейный.

Действуя оператором $\hat{P}$ последовательно на базисные векторы, получаем:

$$\hat{P}\vec{e}_1=1\cdot\vec{e}_1=\vec{e}_1+0\cdot\vec{e}_2+0\cdot\vec{e}_3,$$

$$\hat{P}\vec{e}_2=0\cdot\vec{e}_1=0\cdot\vec{e}_1+0\cdot\vec{e}_2+0\cdot\vec{e}_3,$$

$$\hat{P}\vec{e}_3=0\cdot\vec{e}_1=0\cdot\vec{e}_1+0\cdot\vec{e}_2+0\cdot\vec{e}_3.$$

Теперь матрица оператора принимает следующий вид:

$$P=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0\end{pmatrix}.$$

Оператор $\hat{P}$ называется ***оператором ортогонального проектирования на ось*** OX^1.

$\otimes$

Пример 2.4.2. Показать, что оператор $\hat{A}: R^3 \to R^3$, действующий по правилу

$$\left(\forall \vec{x} \in R^3\right) \hat{A}\vec{x} = \left[\vec{a}, \left[\vec{x}, \vec{b}\right]\right],$$

где фиксированные векторы $\vec{a}$ и $\vec{b}$ заданы своими разложениями

$$\vec{a} = 2\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - \vec{e}_3,\ \vec{b} = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3$$

по каноническому базису, является линейным, и найти его матрицу.

Р е ш е н и е. Из свойств векторного произведения следует, что:

$$\hat{A}\left(\alpha\vec{x} + \beta\vec{y}\right) = \left[\vec{a}, \left[\alpha\vec{x} + \beta\vec{y}, \vec{b}\right]\right] = \left[\vec{a}, \alpha\left[\vec{x}, \vec{b}\right] + \beta\left[\vec{y}, \vec{b}\right]\right] =$$

$$= \alpha\left[\vec{a}, \left[\vec{x}, \vec{b}\right]\right] + \beta\left[\vec{a}, \left[\vec{y}, \vec{b}\right]\right] = \alpha\hat{A}\vec{x} + \beta\hat{A}\vec{y}.$$

Матрицу оператора определяем, находя образы базисных векторов. При этом возможны три варианта решения:

1) использовать свойства векторного произведения;

2) использовать формулу для вычисления векторного произведения;

3) использовать для двойного векторного произведения формулу

$$\left[\vec{A}, \left[\vec{B}, \vec{C}\right]\right] = \vec{B}\left(\vec{A}, \vec{C}\right) - \vec{C}\left(\vec{A}, \vec{B}\right).$$

Используем второй вариант решения, находя векторное произведение

$$\hat{A}\vec{e}_k = \left[\vec{a}, \left[\vec{e}_k, \vec{b}\right]\right]$$

по формуле

$$\left[\vec{x}, \vec{y}\right] = \left(x^2y^3 - x^3y^2\right)\vec{e}_1 + \left(x^3y^1 - x^1y^3\right)\vec{e}_2 + \left(x^1y^2 - x^2y^1\right)\vec{e}_3.$$

Пусть $k = 1$, тогда получаем:

$$\left[\vec{e}_1, \vec{b}\right] = \left(0\cdot 1 - 0\cdot(-1)\right)\vec{e}_1 + \left(0\cdot 1 - 1\cdot 1\right)\vec{e}_2 + \left(0\cdot(-1) - 0\cdot 1\right)\vec{e}_3 = -\vec{e}_2 - \vec{e}_3.$$

Далее имеем:

$$\hat{A}\vec{e}_1 = \left[\vec{a}, \left[\vec{e}_1, \vec{b}\right]\right] = -5\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Аналогично находим:

$$\hat{A}\vec{e}_2 = \left[\vec{a}, \left[\vec{e}_2, \vec{b}\right]\right] = -4\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 4\vec{e}_3,$$

$$\hat{A}\vec{e}_3 = \left[\vec{a}, \left[\vec{e}_3, \vec{b}\right]\right] = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Матрица оператора имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} -5 & -4 & 1 \\ 2 & 1 & -1 \\ -2 & -4 & -2 \end{pmatrix}. \otimes$$

Пример 2.4.3. Показать, что если $\left\{\vec{x}_1, \vec{x}_2 \ldots, \vec{x}_m\right\} \subset X^n$ – линейно зависимая система векторов, то и система образов $\left\{\hat{A}\vec{x}_1, \hat{A}\vec{x}_2 \ldots, \hat{A}\vec{x}_m\right\} \subset X^n$ при действии линейного оператора $\hat{A}: X^n \to X^n$ также линейно зависимая.

Р е ш е н и е. Составим справедливое в силу линейной зависимости системы векторов равенство

$$\alpha_1\vec{x}_1 + \alpha_2\vec{x}_2 + \ldots + \alpha_m\vec{x}_m = \vec{0},$$

где не все коэффициенты $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ равны нулю одновременно. Действуя на обе части последнего равенства оператором $\hat{A}$, в силу его линейности получаем:

$$\alpha_1\hat{A}\vec{x}_1 + \alpha_2\hat{A}\vec{x}_2 + \ldots + \alpha_m\hat{A}\vec{x}_m = \vec{0},$$

Так как среди коэффициентов $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_m$ есть ненулевые, то система образов

$$\left\{\hat{A}\vec{x}_1, \hat{A}\vec{x}_2 \ldots, \hat{A}\vec{x}_m\right\}$$

линейно зависима. $\otimes$

Пример 2.4.4. Показать, что если система

$$\left\{ \hat{A}\vec{x}_1,\ \hat{A}\vec{x}_2 \ldots,\ \hat{A}\vec{x}_m \right\} \subset X^n$$

образов векторов системы

$$\left\{ \vec{x}_1,\ \vec{x}_2 \ldots,\ \vec{x}_m \right\} \subset X^n$$

при действии оператора $\hat{A}: X^n \to X^n$ линейно независимая, то и сама система $\left\{ \vec{x}_1,\ \vec{x}_2 \ldots,\ \vec{x}_m \right\} \subset X^n$ также линейно независимая.

Р е ш е н и е. Для системы векторов $\left\{ \vec{x}_1,\ \vec{x}_2 \ldots,\ \vec{x}_m \right\}$ потребуем выполнения равенства нуль вектору линейной комбинации, предполагая, что не все коэффициенты её равны нулю одновременно

$$\alpha_1 \vec{x}_1 + \alpha_2 \vec{x}_2 + \ldots + \alpha_m \vec{x}_m = \vec{0},$$

то есть предположим, что система $\left\{ \vec{x}_1,\ \vec{x}_2 \ldots,\ \vec{x}_m \right\}$ линейно зависимая.

Действуя на обе части равенства оператором $\hat{A}$, получим

$$\alpha_1 \hat{A}\vec{x}_1 + \alpha_2 \hat{A}\vec{x}_2 + \ldots + \alpha_m \hat{A}\vec{x}_m = \vec{0},$$

где в силу линейной независимости системы образов векторов

$$\left\{ \hat{A}\vec{x}_1,\ \hat{A}\vec{x}_2 \ldots,\ \hat{A}\vec{x}_m \right\}$$

выполняется условие

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \ldots = \alpha_m = 0.$$

Следовательно, предположение о линейной зависимости системы векторов

$$\left\{ \vec{x}_1,\ \vec{x}_2 \ldots,\ \vec{x}_m \right\}$$

неверное. Система линейно независимая. $\otimes$

Пример 2.4.5. Пусть $\vec{x} \in R^3$ – произвольный вектор. Вычислить коммутатор

$$\left[\hat{A}, \hat{B}\right]\vec{x} \equiv \left(\hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}\right)\vec{x}$$

операторов $\hat{A}: R^3 \to R^3$ и $\hat{B}: R^3 \to R^3$, представленных в каноническом базисе пространства R^3 своими матрицами

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 5 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}, \; B = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ 2 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. Коммутатор операторов – коммутатор их матриц, равен:

$$AB - BA = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 5 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ 2 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 & 2 & 4 \\ 2 & 2 & 3 \\ 4 & 2 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 4 & 6 \\ 5 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 3 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 32 & 22 & 16 \\ 8 & 16 & 26 \\ 12 & 8 & 4 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 14 & 4 & 14 \\ 15 & 12 & 23 \\ 14 & 20 & 26 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18 & 18 & 2 \\ -7 & 4 & 3 \\ -2 & -12 & -22 \end{pmatrix}$$

Находим коммутатор операторов – результат воздействия оператора $\hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}$ на произвольный вектор $\vec{x} \in R^3$, для чего находим координаты образа вектора:

$$\left(AB - BA\right)\vec{x}\rangle = \begin{pmatrix} 18 & 18 & 2 \\ -7 & 4 & 3 \\ -2 & -12 & -22 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 18x^1 + 18x^2 + 2x^3 \\ -7x^1 + 4x^2 + 3x^3 \\ -2x^1 - 12x^2 - 22x^3 \end{pmatrix}.$$

Теперь образ вектора равен:

$$\left[\hat{A}, \hat{B}\right]\vec{x} = \left(\hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}\right)\vec{x} = \left(18x^1 + 18x^2 + 2x^3\right)\vec{e}_1 +$$

$$+ \left(-7x^1 + 4x^2 + 3x^3\right)\vec{e}_1 + \left(-2x^1 - 12x^2 - 22x^3\right)\vec{e}_1. \otimes$$

Пример 2.4.6. В каноническом базисе трёхмерного пространства R^3 действия операторов $\hat{A}: R^3 \to R^3$ и $\hat{B}: R^3 \to R^3$ на произвольный вектор $\vec{x} \in R^3$ заданы соотношениями:

$$A\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2x_1 - 5x_2 - 3x_3 \\ x_2 + 3x_3 \\ 2x_1 - 5x_2 - 3x_3 \end{pmatrix}; \; B\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 + x_2 - x_3 \\ x_2 + x_3 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

Найти координаты вектора $\left(2\hat{A} + \hat{A}\hat{B}\right)\vec{x}$.

Р е ш е н и е. Находим матрицы операторов, исходя из координатной формы записи действия оператора в фиксированном базисе:

$$A|x\rangle = \begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 & a_3^1 \\ a_1^2 & a_2^2 & a_3^2 \\ a_1^3 & a_2^3 & a_3^3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1^1 x^1 + a_2^1 x^2 + a_3^1 x^3 \\ a_1^2 x^1 + a_2^2 x^2 + a_3^2 x^3 \\ a_1^3 x^1 + a_2^3 x^2 + a_3^3 x^3 \end{pmatrix}.$$

Сравнивая данные условия задачи с координатной формулой действия оператора, находим их матрицы:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & -5 & -3 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & -5 & -3 \end{pmatrix}; \; B = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Производим указанные в условии задачи действия с матрицами:

$$2A + AB = 2\begin{pmatrix} 2 & -5 & -3 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & -5 & -3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 & -5 & -3 \\ 0 & 1 & 3 \\ 2 & -5 & -3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 4 & -10 & -6 \\ 0 & 2 & 6 \\ 4 & -10 & -6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 & -3 & -10 \\ 0 & 1 & 4 \\ 2 & -3 & -10 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & -13 & -16 \\ 0 & 3 & 10 \\ 6 & -13 & -16 \end{pmatrix}.$$

Находим координаты образа вектора $\vec{x}$, используя координатную форму записи:

$$\left(A+AB\right)\begin{pmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}6&-13&-16\\0&3&10\\6&-13&-16\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_1\\x_2\\x_3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}6x_1-13x_2-16x_3\\3x_2+10x_3\\6x_1-13x_2-16x_3\end{pmatrix}.$$

Окончательно получаем:

$$\vec{x}=\left(6x_1-13x_2-16x_3\right)\vec{e}_1+\left(3x_2+10x_3\right)\vec{e}_2+\left(6x_1-13x_2-16x_3\right)\vec{e}_3.\otimes$$

Пример 2.4.7. Найти $\left(\hat{A}\vec{x}+\vec{y},\ \vec{x}+\hat{B}\vec{y}\right)$, если

$$\vec{x}=\vec{e}_1+3\vec{e}_2+6\vec{e}_3;\ \vec{y}=-3\vec{e}_1-\vec{e}_2-5\vec{e}_3;$$

$$A=\begin{pmatrix}1&2&3\\2&3&1\\3&1&2\end{pmatrix};B=\begin{pmatrix}3&1&2\\1&2&3\\2&3&1\end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим вектор $\hat{A}\vec{x}+\vec{y}$ в координтаном представлении:

$$A\left|x\right\rangle+\left|y\right\rangle=\begin{pmatrix}1&2&3\\2&3&1\\3&1&2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\3\\6\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-3\\-1\\-5\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}25\\17\\18\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-3\\-1\\-5\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}22\\16\\13\end{pmatrix};$$

$$\hat{A}\vec{x}+\vec{y}=22\vec{e}_1+16\vec{e}_2+13\vec{e}_3.$$

2) Находим вектор $\vec{x}+\hat{B}\vec{y}$ в координтаном представлении:

$$\left|x\right\rangle+B\left|y\right\rangle=\begin{pmatrix}1\\3\\6\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}3&1&2\\1&2&3\\2&3&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}-3\\-1\\-5\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1\\3\\6\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}-20\\-20\\-14\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-19\\-17\\-8\end{pmatrix};$$

$$\vec{x}+\hat{B}\vec{y}=-19\vec{e}_1-17\vec{e}_2-8\vec{e}_3.$$

3) Находим указанное в условии скалярное произведение:

$$\left(\hat{A}\vec{x}+\vec{y},\ \vec{x}+\hat{B}\vec{y}\right)=22\cdot\left(-19\right)+16\cdot\left(-17\right)+13\cdot\left(-8\right)=-794.\otimes$$

Пример 2.4.8. Решить методом Гаусса СЛАУ

$$\begin{cases} 2x^1 - x^2 + x^3 - x^4 = 5, \\ x^1 + 2x^2 - 2x^3 + 3x^4 = -6, \\ 3x^1 + x^2 - x^3 + 2x^4 = -1. \end{cases} \quad (1)$$

Р е ш е н и е. 1) Удобно поменять местами первое и второе уравнения системы (1), так как у второго уравнения коэффициент при первом неизвестном равен 1:

$$\begin{cases} x^1 + 2x^2 - 2x^3 + 3x^4 = -6, \\ 2x^1 - x^2 + x^3 - x^4 = 5, \\ 3x^1 + x^2 - x^3 + 2x^4 = -1. \end{cases} \quad (2)$$

Выражаем из первого уравнения СЛАУ (2) неизвестное x^1 и подставляем результат в оставшиеся уравнения:

$$\begin{cases} x^1 + 2x^2 - 2x^3 + 3x^4 = -6, \\ -5x^2 + 5x^3 - 7x^4 = 17, \\ -5x^2 + 5x^3 - 7x^4 = 17. \end{cases} \quad (3)$$

Два последних уравнения в (3) одинаковы, поэтому одно уравнение можно отбросить:

$$\begin{cases} x^1 + 2x^2 - 2x^3 + 3x^4 = -6, \\ -5x^2 + 5x^3 - 7x^4 = 17. \end{cases} \quad (4)$$

Принимаем в (4) неизвестные x^3, x^4 за свободные неизвестные и, полагая $x^3 = a$ и $x^4 = b$, выражаем через них x^2, x^1, имеем общее решение СЛАУ:

$$x^2 = -\frac{17}{5} + a - \frac{7}{5}x^4,\ x^1 = \frac{4}{5} - \frac{1}{5}b,\ x^3 = a,\ x^4 = b.$$

2) Приведём матричную реализацию метода Гаусса. Перепишем систему уравнений в виде расширенной матрицы и поменяем местами первую и вторую строки матрицы:

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 1 & -1 & 5 \\ 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 3 & 1 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 2 & -1 & 1 & -1 & 5 \\ 3 & 1 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix}.$$

Умножая мысленно первую строку матрицы первый раз на 2, а второй раз на 3 и вычитая в реальности последовательно из второй и третьей строки (как вектор-строку), получаем:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 2 & -1 & 1 & -1 & 5 \\ 3 & 1 & -1 & 2 & -1 \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 0 & -5 & 5 & -7 & 17 \\ 0 & -5 & 5 & -7 & 17 \end{pmatrix}.$$

Вторая и третья строки матрицы идентичны, то есть второе и третье уравнения системы одинаковы. Отбрасывая третью строку, получаем:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 0 & -5 & 5 & -7 & 17 \\ 0 & -5 & 5 & -7 & 17 \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 1 & 2 & -2 & 3 & -6 \\ 0 & -5 & 5 & -7 & 17 \end{pmatrix}.$$

Эквивалентная система уравнений имеет вид (4):

$$\begin{cases} x^1 + 2x^2 - 2x^3 + 3x^4 = -6, \\ -5x^2 + 5x^3 - 7x^4 = 17. \end{cases}$$

Дальше решение повторяет выполненные в первом пункте операции.

Дадим интерпретацию полученного общего решения СЛАУ, для чего запишем вектор-столбец решения так

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{4}{5} - \frac{1}{5}b \\ -\frac{17}{5} + a - \frac{7}{5}b \\ a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4/5 \\ -17/5 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + a\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + b\begin{pmatrix} -1/5 \\ -7/5 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Если теперь переписать полученный результат в символическом виде

$$|x\rangle = |x_0\rangle + a|a\rangle + b|b\rangle,$$

где

$$|x\rangle = \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix}, |x_0\rangle = \begin{pmatrix} 4/5 \\ -17/5 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, |a\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, |b\rangle = \begin{pmatrix} -1/5 \\ -7/5 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

То становится очевидным, что общее решение системы уравнений с геометрической точки зрения представляет собой двумерное линейное многообразие проходящее через “точку” $\left|x_0\right\rangle$ и имеющее направляющие векторы $\left|a\right\rangle$ и $\left|b\right\rangle$. $\otimes$

Пример 2.4.9. Вычислить определитель

$$D=\begin{vmatrix}1 & 1 & 1\\ 2 & -3 & 1\\ 4 & -1 & -5\end{vmatrix}.$$

Р е ш е н и е. 1) Вычтем элементы первого столбца из соответствующих элементов второго и третьего столбцов, получим:

$$D=\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\ 2 & -5 & -1\\ 4 & -5 & -9\end{vmatrix}.$$

2) В полученном определителе в первой строке отличен от нуля только один первый элемент. Применяя формулу разложения определителя по элементам первой строки, получаем:

$$D=\begin{vmatrix}1 & 0 & 0\\ 2 & -5 & -1\\ 4 & -5 & -9\end{vmatrix}=1\cdot(-1)^{1+1}\begin{vmatrix}-5 & -1\\ -5 & -9\end{vmatrix}+0\cdot(-1)^{1+2}\begin{vmatrix}2 & -1\\ 4 & -9\end{vmatrix}+$$

$$+0\cdot(-1)^{1+3}\begin{vmatrix}2 & -5\\ 4 & -5\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}-5 & -1\\ -5 & -9\end{vmatrix}=45-5=40.\ \otimes$$

Пример 2.4.10. Найти матрицу, обратную матрице

$$A=\begin{pmatrix}1 & -1 & 1\\ 2 & 1 & 1\\ 1 & 1 & 2\end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. Определитель матрицы $\det A=5\neq 0$. Матрица A невырожденная, следовательно, обратная матрица A^{-1} существует.

Находим алгебраические дополнения элементов матрицы A:

$$A_1^1=1;\ A_2^1=-3;\ A_3^1=1$$

$$A_1^2=3;\ A_2^2=1;\ A_3^2=-2;$$

$$A_1^3 = -2;\ A_2^3 = 1;\ A_3^3 = 3.$$

Находим присоединённую матрицу:

$$adjA = \begin{pmatrix} 1 & -3 & 1 \\ 3 & 1 & -2 \\ -2 & 1 & 3 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & 3 & -2 \\ -3 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 3 \end{pmatrix}.$$

Находим обратную матрицу:

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \cdot adjA = \frac{1}{5}\begin{pmatrix} 1 & 3 & -2 \\ -3 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 3 \end{pmatrix}.$$

Проверка по формулам $A \cdot A^{-1} = A^{-1} \cdot A = I$ подтверждает правильность расчёта. $\otimes$

Пример 2.4.11. Матричным методом решить СЛАУ

$$\begin{cases} x^1 + 3x^2 = 0, \\ 2x^1 + 4x^2 = 6. \end{cases}$$

Р е ш е н и е. 1) Проверяем условие невырожденности основной матрицы системы уравнений, для чего вычисляем определитель основной матрицы системы:

$$\det A = -2 \neq 0.$$

Обратная матрица существует.

2) Перепишем СЛАУ в матричном виде:

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 6 \end{pmatrix}.$$

3) Находим алгебраические дополнения элементов основной матрицы системы:

$$A_1^1 = 4,\ A_2^1 = -2,\ A_1^2 = -3,\ A_2^2 = 1.$$

4) Составляем матрицу алгебраических дополнений и, транспонируя её, находим присоединённую матрицу:

$$\begin{pmatrix} 4 & -2 \\ -3 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow adjA = \begin{pmatrix} 4 & -3 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}.$$

5) Находим обратную матрицу:

$$A^{-1}=\frac{adjA}{\det A}=-\frac{1}{2}\cdot\begin{pmatrix}4 & -3\\ -2 & 1\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-2 & \frac{3}{2}\\ 1 & -\frac{1}{2}\end{pmatrix}.$$

6) Находим значения неизвестных:

$$\begin{pmatrix}x^1\\ x^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-2 & \frac{3}{2}\\ 1 & -\frac{1}{2}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}0\\ 6\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}9\\ -3\end{pmatrix}\Rightarrow x^1=9,\ x^2=-3.\otimes$$

Пример 2.4.12. Найти неизвестную матрицу X из уравнения

$$\begin{pmatrix}2 & 5\\ 1 & 3\end{pmatrix}X=\begin{pmatrix}4 & -6\\ 2 & 1\end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. Имеем матричное уравнение вида $AX=B$, где

$$A=\begin{pmatrix}2 & 5\\ 1 & 3\end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix}4 & -6\\ 2 & 1\end{pmatrix}.$$

Чтобы его решить, нужно найти матрицу A^{-1} и умножить уравнение на неё слева. Тогда решение запишется в виде $X=A^{-1}B$.

1) Проверяем условие невырожденности. Определитель матрицы A равен:

$$\det A=\begin{vmatrix}2 & 5\\ 1 & 3\end{vmatrix}=6-5=1\neq 0.$$

Матрица невырождена, следовательно, обратная матрица существует.

2) Вычисляем алгебраические дополнения элементов матрицы A:

$$A_1^1=3,\ A_2^1=-1,\ A_1^2=-5,\ A_2^2=2.$$

Составляем союзную матрицу и находим обратную матрицу:

$$A^{-1}=\frac{1}{\det A}\begin{pmatrix}A_1^1 & A_2^1\\ A_1^2 & A_2^2\end{pmatrix}^T=\frac{1}{\det A}\begin{pmatrix}A_1^1 & A_1^2\\ A_2^1 & A_2^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}3 & -5\\ -1 & 2\end{pmatrix}.$$

3) Умножаем данное матричное уравнение на матрицу A^{-1} слева:

$$\begin{pmatrix}3 & -5\\ -1 & 2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}2 & 5\\ 1 & 3\end{pmatrix}X=\begin{pmatrix}3 & -5\\ -1 & 2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}4 & -6\\ 2 & 1\end{pmatrix}\Rightarrow X=\begin{pmatrix}2 & -23\\ 0 & 8\end{pmatrix}.$$

Проверка правильности вычислений осуществляется путём подстановки в исходное уравнение. ⊗

Пример 2.4.13. Решить СЛАУ, используя формулы Крамера:

$$\begin{cases} 3x^1 + 2x^2 + x^3 = 5, \\ 2x^1 + 3x^2 + x^3 = 1, \\ 2x^1 + x^2 + 3x^3 = 11. \end{cases}$$

Р е ш е н и е. 1) Вычисляем определитель матрицы СЛАУ:

$$\det A = \begin{vmatrix} 3 & 2 & 1 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \end{vmatrix} = 3\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} - 2\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} + 2\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{vmatrix} = 12.$$

Так как $\det A \neq 0$, то система уравнений совместна и определённа.

2) Для нахождения её решения используем формулы Крамера:

$$x^1 = \frac{1}{12}\begin{vmatrix} 5 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 \\ 11 & 1 & 3 \end{vmatrix} = \frac{5}{12}\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} - \frac{1}{12}\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} + \frac{11}{12}\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 1 \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{40}{12} - \frac{5}{12} - \frac{11}{12} = \frac{24}{12} = 2.$$

Аналогично находим x^2 и x^3:

$$x^2 = \frac{1}{12}\begin{vmatrix} 3 & 5 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 11 & 3 \end{vmatrix} = -2;\ x^3 = \frac{1}{12}\begin{vmatrix} 3 & 2 & 5 \\ 2 & 3 & 1 \\ 2 & 1 & 11 \end{vmatrix} = 3. \otimes$$

Пример 2.4.14. Пусть $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4 \right\} \subset X^4$ – некоторый (старый) базис пространства X^4 и

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -1 & 2 \\ 2 & 5 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

– матрица линейного оператора $\hat{T}: X^4 \to X^4$ в этом базисе. Найти матрицу линейного оператора $\hat{T}$ в новом базисе

$$\left\{\vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3, \vec{g}_4\right\} \subset X^4,$$

если известно, что векторы нового базиса выражаются через векторы старого базиса разложениями:

$$\vec{g}_1 = \vec{a}_1, \vec{g}_2 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2, \vec{g}_3 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3, \vec{g}_4 = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4.$$

Р е ш е н и е. Матрица перехода от старого базиса к новому имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Матрица невырождена, так как $\det A = 1$. Следовательно, существует обратная матрица. Для нахождения обратной матрицы найдём сначала алгебраические дополнения элементов матрицы A:

$$\begin{array}{llll} A_1^1 = 1; & A_2^1 = -1; & A_3^1 = 0; & A_4^1 = 0; \\ A_1^2 = 0; & A_2^2 = 1; & A_3^2 = -1; & A_4^2 = 0; \\ A_1^3 = 0; & A_2^3 = 0; & A_3^3 = 1; & A_4^3 = -1; \\ A_1^4 = 0; & A_2^4 = 0; & A_3^4 = 0; & A_4^4 = 1. \end{array}$$

Теперь обратная матрица находится по формуле $\hat{A} = \dfrac{1}{\det A} adjA$ и имеет вид:

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

При переходе от старого базиса к новому базису матрица оператора T преобразуется по формуле $T' = A^{-1} T A^T$. Проводя вычисления, получаем матрицу T':

$$T'=\begin{pmatrix}1 & -1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & -1 & 0\\ 0 & 0 & 1 & -1\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & 2 & 0 & 1\\ 3 & 0 & -1 & 2\\ 2 & 5 & 3 & 1\\ 1 & 2 & 1 & 3\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & 1 & 1 & 1\\ 0 & 1 & 1 & 1\\ 0 & 0 & 1 & 1\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}-2 & 0 & 1 & 0\\ 1 & -4 & -8 & -7\\ 1 & 4 & 6 & 4\\ 1 & 3 & 4 & 7\end{pmatrix}.\otimes$$

Практическое занятие 5

Ядро и ранг линейного оператора. Критерии совместности СЛАУ

Пример 2.5.1. Найти ядро $K\left(\hat{A}\right)$ линейного оператора $\hat{A}: X^4 \to X^3$, заданного в некоторых базисах

$$\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\} \subset X^4, \left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\} \subset X^3$$

этих пространств матрицей

$$A=\begin{pmatrix}1 & 0 & 2 & 4\\ 0 & 3 & 1 & 2\\ 0 & -1 & -2 & 0\end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. По определению ядро

$$K\left(\hat{A}\right)=\left\{\vec{x} \in X^4 : \hat{A}\vec{x}=\vec{0}\right\},$$

поэтому

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & 4 \\ 0 & 3 & 1 & 2 \\ 0 & -1 & -2 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

откуда имеем СЛАУ вида

$$\begin{cases} x^1 + 2 \cdot x^3 + 4 \cdot x^4 = 0, \\ 3 \cdot x^2 + x^3 + 2 \cdot x^4 = 0, \\ -x^2 - 2 \cdot x^3 = 0. \end{cases}$$

Решая эту СЛАУ, например, метом Гаусса, получаем:

$$\left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & 3 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & 0 & 0 \end{array}\right) \to \left(\begin{array}{cccc|c} 1 & 0 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & -1 & -2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -5 & 2 & 0 \end{array}\right).$$

Принимая неизвестное x^4 за свободное неизвестное и, полагая $x^4 = t$, где t может принимать произвольные значения из R, получаем:

$$x^3 = \frac{2}{5}t,\ x^2 = -\frac{4}{5}t,\ x^1 = -\frac{24}{5}t.$$

Откуда для ядра оператора имеем

$$K\left(\hat{A}\right) = \left\{\vec{x} \in X^4 : \vec{x} = t\,\vec{a}; t \in R\right\},$$

где

$$\vec{a} = -\frac{24}{5}\vec{e}_1 - \frac{4}{5}\vec{e}_2 + \frac{2}{5}\vec{e}_3 + \vec{e}_4.$$

Таким образом, ядро оператора является одномерным линейным многообразием $L\left\{\vec{a}\right\}$ с направляющим вектором $\vec{a}$. $\otimes$

Пример 2.5.2. Пусть Y – множество симметричных матриц 2-го порядка с обычными матричными операциями сложения матриц и умножения матрицы на число. Показать, что это множество является векторным подпространством векторного пространства всех квадратных матриц второго порядка.

Р е ш е н и е. Сначала покажем, что множество X квадратных матриц 2-го порядка вида

$$A=\begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_1^2 & a_2^2 \end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix} b_1^1 & b_2^1 \\ b_1^2 & b_2^2 \end{pmatrix},\ C=\begin{pmatrix} c_1^1 & c_2^1 \\ c_1^2 & c_2^2 \end{pmatrix}$$

является векторным пространством. Для этого надо показать, что операция сложения, являясь алгебраической, удовлетворяет четырём аксиомам для операции сложения векторного пространства.

То, что операция сложения во множестве X алгебраическая, очевидно. Легко видеть, что операция сложения ассоциативна и коммутативна, то есть

$$A+B=B+A;\ (A+B)+C=A+(B+C).$$

Во множестве X имеется нейтральный элемент

$$O=\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

и противоположный элемент

$$-A=\begin{pmatrix} -a_1^1 & -a_2^1 \\ -a_1^2 & -a_2^2 \end{pmatrix}.$$

Нетрудно проверить и выполнение аксиом для операции умножения на число.

Легко видеть, что во множестве X каноническим базисом является система матриц вида

$$\left\{\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix},\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}\right\}.$$

Действительно, произвольная матрица может быть записана в виде разложения по матрицам этой системы:

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}=a\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}+b\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}+c\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}+d\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Множество симметричных матриц Y вида

$$A=\begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_2^1 & a_2^2 \end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix} b_1^1 & b_2^1 \\ b_2^1 & b_2^2 \end{pmatrix}$$

является подпространством векторного пространства X. Действительно, симметрические матрицы образуют подмножество пространства X. Операции сложения и умножения на число не

нарушают свойства симметричности матрицы. Действительно, результат выполнения этих операций является, очевидно, снова симметричной матрицей:

$$A+B=\begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_2^1 & a_2^2 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} b_1^1 & b_2^1 \\ b_2^1 & b_2^2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} a_1^1+b_1^1 & a_2^1+b_2^1 \\ a_2^1+b_2^1 & a_2^2+b_2^1 \end{pmatrix},$$

$$\alpha A=\alpha\cdot\begin{pmatrix} a_1^1 & a_2^1 \\ a_2^1 & a_2^2 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \alpha\cdot a_1^1 & \alpha\cdot a_2^1 \\ \alpha\cdot a_2^1 & \alpha\cdot a_2^2 \end{pmatrix}.\otimes$$

Пример 2.5.3. Найти ранг матрицы

$$A=\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 3 \\ 1 & 3 & -1 & 1 \\ 3 & -1 & 1 & 7 \end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. 1. ***Первый метод*** (элементарные преобразования матрицы). Ранг матрицы подчинён неравенству $r(A)\le\min(m,n)=3$ ($n-$число строк, $m-$число столбцов). Для нахождения ранга применим элементарные преобразования матрицы.

Вычтем первую строку матрицы из второй строки и, умножив её мысленно на 3, из третьей:

$$A=\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 3 \\ 1 & 3 & -1 & 1 \\ 3 & -1 & 1 & 7 \end{pmatrix}\cong\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 3 \\ 0 & 5 & -2 & -2 \\ 0 & 5 & -2 & -2 \end{pmatrix}.$$

Вычёркивая из матрицы третью строку, совпадающую со второй строкой, получаем

$$A\cong\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 3 \\ 0 & 5 & -2 & -2 \end{pmatrix}.$$

Здесь символ $\cong$ использован для обозначения эквивалентности матриц по рангу в процессе преобразований.

Видим, что наивысший порядок отличного от нуля минора равен 2 (левый угловой минор является треугольным). Таким образом, ранг матрицы $r=2$.

2. ***Второй метод*** (окаймляющих миноров). Минор

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}=5\ne 0.\ A=\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 3 \\ 1 & 3 & -1 & 1 \\ 3 & -1 & 1 & 7 \end{pmatrix}$$

Минор, окаймляющий первый минор

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 1 & 3 & -1 \\ 3 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 2 & 1 \end{vmatrix} = 2-2=0.$$

Следующий окаймляющий минор

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 1 & 3 & 1 \\ 3 & -1 & 7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 \\ 0 & 5 & -2 \\ 0 & 5 & -2 \end{pmatrix} = \begin{vmatrix} 5 & -2 \\ 5 & -2 \end{vmatrix} = 2-2=0.$$

Все окаймляющие миноры равны нулю, следовательно, ранг матрицы

$r(A) = 2.\otimes$

Пример 2.5.4. Найти ранг $r\left(\hat{A}\right)$, множество значений $\hat{A}(X^5)$ и дефект $d\left(\hat{A}\right)$ ли-

нейного оператора $\hat{A}: X^5 \to X^3$, если этот оператор в некоторых базисах пространств X^5 и X^3 имеет матрицу

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 & 3 & 4 \\ 5 & 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -2 & -3 \end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. Пусть отмечены базисы

$$\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4, \vec{e}_5 \subset X^5, \quad \vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3 \subset X^3,$$

в которых матрица оператора имеет указанный вид.

1) Находим ранг матрицы оператора:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 & 3 & 4 \\ 5 & 1 & 0 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -2 & -3 \end{pmatrix} \to \begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 10 & -13 & -19 \\ 0 & 1 & 1 & -5 & -7 \end{pmatrix} \to$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -2 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 10 & -13 & -19 \\ 0 & 0 & -9 & 8 & 12 \end{pmatrix}.$$

Угловой минор третьего порядка преобразованной матрицы

$$\begin{vmatrix} 1 & 0 & -2 \\ 0 & 1 & 10 \\ 0 & 0 & -9 \end{vmatrix} = -9 \neq 0,$$

следовательно, ранг матрицы $r(\hat{A}) = 3.$

2) Вектор-столбцы преобразованной матрицы, образующие её базисный минор, составлены из координат базисных векторов множества значений оператора, то есть базис множества значений имеет вид

$$|a\rangle_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, |a\rangle_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, |a\rangle_3 = \begin{pmatrix} -2 \\ 10 \\ -9 \end{pmatrix} \Rightarrow$$

$$\vec{a}_1 = \vec{g}_1,$$

$$\vec{a}_2 = \vec{g}_2,$$

$$\vec{a}_3 = -2\vec{g}_1 + 10\vec{g}_2 - 9\vec{g}_3.$$

Множеством значений оператора является линейная оболочка системы векторов $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$:

$$\hat{A}\ X^5 = \vec{y} \in X^3 :\ \forall \alpha, \beta, \eta \in R^1\ \ \vec{y} = \alpha \cdot \vec{a}_1 + \beta \cdot \vec{a}_2 + \eta \cdot \vec{a}_3\ ,$$

3) По теореме о связи ранга и дефекта линейного оператора имеем

$$r\left(\hat{A}\right) + d\left(\hat{A}\right) = 5,$$

откуда получаем $d\left(\hat{A}\right) = 2$. Итак, $r\left(\hat{A}\right) = 3,\ d\left(\hat{A}\right) = 2.$ ⊗

Пример 2.5.5. Найти базисы суммы и пересечения подпространств

$$L_1\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\} = \left\{\alpha_1 \vec{a}_1 + \alpha_2 \vec{a}_2 + \alpha_3 \vec{a}_3\right\},$$

$$L_2\left\{\vec{b}_1,\ \vec{b}_2,\ \vec{b}_3\right\}=\left\{\beta_1\vec{b}_1+\beta_2\vec{b}_2+\beta_3\vec{b}_3\right\},$$

если $\alpha_k,\ \beta_k\in R^1$ и

$$\vec{a}_1=\vec{e}_1+2\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{a}_2=\vec{e}_1+\vec{e}_2-\vec{e}_3,\ \vec{a}_3=\vec{e}_1+3\vec{e}_2+3\vec{e}_3;$$

$$\vec{b}_1=2\vec{e}_1+3\vec{e}_2-\vec{e}_3,\ \vec{b}_2=\vec{e}_1+2\vec{e}_2+2\vec{e}_3,\ \vec{b}_3=\vec{e}_1+\vec{e}_2-3\vec{e}_3.$$

Р е ш е н и е. Находим базисы подпространств:

$$\dim L_1=r\begin{pmatrix}1 & 1 & 1\\ 2 & 1 & 3\\ 1 & -1 & 3\end{pmatrix}=2,\ \text{базисный минор}\ \Delta_1=\begin{vmatrix}1 & 1\\ 2 & 1\end{vmatrix};$$

$$\dim L_2=r\begin{pmatrix}2 & 1 & 1\\ 3 & 2 & 1\\ -1 & 2 & -3\end{pmatrix}=2,\ \text{базисный минор}\ \Delta_1=\begin{vmatrix}2 & 1\\ 3 & 2\end{vmatrix}.$$

Базисом L_1 является подсистема

$$\vec{a}_1=\vec{e}_1+2\vec{e}_2+\vec{e}_3,$$

$$\vec{a}_2=\vec{e}_1+\vec{e}_2-\vec{e}_3,$$

а базисом L_2 подсистема

$$\vec{b}_1=2\vec{e}_1+3\vec{e}_2-\vec{e}_3,$$

$$\vec{b}_2=\vec{e}_1+2\vec{e}_2+2\vec{e}_3.$$

Чтобы найти базис подпространства L_1+L_2, вычислим ранг матрицы, столбцами которой являются векторы $\vec{a}_1,\ \vec{a}_2,\ \vec{b}_1,\ \vec{b}_2$:

$$r\begin{pmatrix}1 & 1 & 2 & 1\\ 2 & 1 & 3 & 2\\ 1 & -1 & -1 & 2\end{pmatrix}=3,\ \text{базисный минор}\ \begin{pmatrix}1 & 1 & 2\\ 2 & 1 & 3\\ 1 & -1 & -1\end{pmatrix}.$$

Таким образом, имеем

$$\dim(L_1 + L_2) = 3$$

и базис подпространства $L_1 + L_2$ есть система $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{b}_1\right\}$.

Теперь базис пересечения подпространств

$$\dim(L_1 \cap L_2) = \dim L_1 + \dim L_2 - \dim(L_1 + L_2) = 4 - 3 = 1.$$

Таким образом, базис $L_1 \cap L_2$ состоит из одного вектора.

Вектор $\vec{b}_2$ разложим по базису $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{b}_1\right\}$ подпространства $L_1 + L_2$:

$$\vec{b}_2 = \alpha_2^1 \vec{a}_1 + \alpha_2^2 \vec{a}_2 + \beta_2^1 \vec{b}_1.$$

Составляем систему уравнений, используя разложения векторов

$$\vec{a}_1 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3,\ \vec{a}_2 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - \vec{e}_3,$$

$$\vec{b}_1 = 2\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 - \vec{e}_3, \vec{b}_2 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3.$$

Решение этой СЛАУ даёт:

$$\alpha_2^1 = 2,\ \alpha_2^2 = 1,\ \beta_2^1 = -1,$$

Таким образом,

$$\vec{b}_2 = 2\vec{a}_1 + \vec{a}_2 - \vec{b}_1,$$

Следовательно, вектор

$$\vec{c} = 2\vec{a}_1 + \vec{a}_2 = \vec{b}_1 + \vec{b}_2 = 3\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + \vec{e}_3$$

является базисом подпространства $L_1 \cap L_2$. $\otimes$

Пример 2.5.6. Выяснить вопрос о совместности СЛАУ

$$\begin{cases} x^1 - 2x^2 + x^3 = 3, \\ x^1 + 3x^2 - x^3 = 1, \\ 3x^1 - x^2 + x^3 = 7. \end{cases}$$

Р е ш е н и е. Выписываем основную и расширенную матрицы СЛАУ:

$$A=\begin{pmatrix}1 & -2 & 1\\ 1 & 3 & -1\\ 3 & -1 & 1\end{pmatrix};\ B=\left(\begin{array}{ccc|c}1 & -2 & 1 & 3\\ 1 & 3 & -1 & 1\\ 3 & -1 & 1 & 7\end{array}\right).$$

Минор второго порядка в левом верхнем углу (см. предыдущий пример) равен $5\neq 0$. Все миноры третьего порядка, как у матрицы A, так и у матрицы B, равны нулю: ранги основной и расширенной матриц $r(A)=r(B)=2$. Следовательно, СЛАУ совместна. $\otimes$

Пример 2.5.7. Выяснить, при каких значениях параметра a СЛАУ с основной матрицей

$$A=\begin{pmatrix}1 & 1 & -1 & 1\\ -1 & 2 & 1 & -1\\ 1 & -3 & -1 & 1\end{pmatrix}$$

и столбцом правых частей $|b\rangle=(2\quad 1\quad a)^T$ является совместной.

Р е ш е н и е. Нетрудно видеть, что ранг матрицы A СЛАУ $r(A)=2$. Расширенная матрица имеет вид

$$B=\begin{pmatrix}1 & 1 & -1 & 1 & 2\\ -1 & 2 & 1 & -1 & 1\\ 1 & -3 & -1 & 1 & a\end{pmatrix}.$$

Вычеркнем в расширенной матрице третий и четвёртый столбцы. Так как ранг матрицы не изменится, то имеем

$$\det B=\det\begin{pmatrix}1 & 1 & 2\\ -1 & 2 & 1\\ 1 & -3 & a\end{pmatrix}=3a+6.$$

Если $a\neq -2$, то $\det B\neq 0$ и $r(B)=3\neq r(A)$ – СЛАУ несовместна. Если $a=-2$, то $\det B=0$. Так как у матрицы B имеются отличные от нуля миноры, то $r(B)=2=r(A)$. Поэтому при $a=-2$ СЛАУ совместна. $\otimes$

Задания для самостоятельной работы

Векторная алгебра

1. Даны векторы $\vec{x}$, $\vec{y}$, $\vec{z}$. Найти линейную комбинацию (вектор)

$$\vec{u} = \alpha\vec{x} + \beta\vec{y} + \gamma\vec{z}$$

и норму (длину) вектора $\vec{u}$:

1) $\vec{x} = -2\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + \vec{e}_3$, $\vec{y} = \vec{e}_1 + 3\vec{e}_2$, $\vec{z} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3$,
$\alpha = 4$, $\beta = -3$, $\gamma = 1$;

2) $\vec{x} = -3\vec{e}_1 - \vec{e}_2 + 4\vec{e}_3$, $\vec{y} = \vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + \vec{e}_3$, $\vec{z} = -\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 - \vec{e}_3$,
$\alpha = -4$, $\beta = 3$, $\gamma = -2$;

3) $\vec{x} = \vec{e}_1 - 6\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3$, $\vec{y} = -3\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 - \vec{e}_3$, $\vec{z} = 2\vec{e}_1 - 3\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3$,
$\alpha = 7$, $\beta = -5$, $\gamma = -1$.

2. Найти косинус угла между векторами $\vec{AB}$ и $\vec{AC}$, если:

1) $A(2; -2; 3)$, $B(3; -1; 2)$, $C(4; -4; 5)$;

2) $A(0; -2; 6)$, $B(12; -2; -3)$, $C(9; -2; -6)$;

3) $A(2; 3; -1)$, $B(4; 5; -2)$, $C(3; 1; 1)$.

3. На плоскости R^2 заданы своими координатами три вершины A, B и C параллелограмма. Найти:

1) координаты четвёртой вершины D;

2) косинус угла между сторонами AB и AC;

3) длины диагоналей и косинус угла между ними.

1) $A(-1; 2; -2)$, $B(3; 4; -5)$, $C(1; 1; 0)$;

2) $A(-2; -2; 0)$, $B(-1; -2; 4)$, $C(5; -2; 1)$;

3) $A(3; 3; -1)$, $B(3; 2; 0)$, $C(4; 4; -1)$.

4. В каноническом базисе декартовой системы координат пространства R^3 своими координатами заданы векторы $\vec{x}$ и $\vec{y}$. Найти $\left(\alpha\vec{x}+\beta\vec{y},\ \gamma\vec{x}+\lambda\vec{y}\right)$, если дано:

1) $\vec{x}=\vec{e}_1+5\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{y}=\vec{e}_1+7\vec{e}_2+\vec{e}_3,$

$\alpha=4,\ \beta=-3,\ \gamma=1,\ \lambda=2;$

2) $\vec{x}=2\vec{e}_1+5\vec{e}_2+8\vec{e}_3,\ \vec{y}=\vec{e}_1-3\vec{e}_2-7\vec{e}_3,$

$\alpha=-2,\ \beta=-5,\ \gamma=-1,\ \lambda=-2;$

3) $\vec{x}=-2\vec{e}_1+4\vec{e}_2-8\vec{e}_3,\ \vec{y}=5\vec{e}_1+3\vec{e}_2+7\vec{e}_3,$

$\alpha=11,\ \beta=6,\ \gamma=2,\ \lambda=-7.$

5. Найти $\left(\vec{x}-4\vec{y},\ 6\vec{x}+\vec{y}\right)$, если дано:

1) $\left\|\vec{x}\right\|=4,\ \left\|\vec{y}\right\|=5,\ \left\{\vec{x}\overset{\wedge}{,}\vec{y}\right\}=\frac{\pi}{4};$

2) $\left\|\vec{x}\right\|=6,\ \left\|\vec{y}\right\|=1,\ \left\{\vec{x}\overset{\wedge}{,}\vec{y}\right\}=\frac{\pi}{3};$

3) $\left\|\vec{x}\right\|=2{,}5,\ \left\|\vec{y}\right\|=1{,}5,\ \left\{\vec{x}\overset{\wedge}{,}\vec{y}\right\}=\frac{\pi}{6}.$

6. В каноническом базисе декартовой системы координат пространства R^3 своими координатами задан вектор $\vec{x}$. Найти направляющие косинусы и орт данного вектора, если дано:

1) $\vec{x}=\vec{e}_1-2\vec{e}_2+4\vec{e}_3;$

2) $\vec{x}=-\vec{e}_1-3\vec{e}_2+5\vec{e}_3;$

3) $\vec{x}=5\vec{e}_1-\vec{e}_2-6\vec{e}_3.$

Прямые линии и плоскости

1. Вычислить объём параллелепипеда, построенного на векторах:

1) $\vec{x} = \vec{e}_1 + 3\vec{e}_2,\ \vec{y} = -\vec{e}_1 - \vec{e}_3,\ \vec{z} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3;$

2) $\vec{x} = 3\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3,\ \vec{y} = 5\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3,\ \vec{z} = -\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3;$

3) $\vec{x} = 6\vec{e}_2 + \vec{e}_3,\ \vec{y} = 2\vec{e}_2,\ \vec{z} = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3.$

2. Вычислить площадь параллелограмма, построенного на векторах $\vec{x}$ и $\vec{y}$, если дано:

1) $\vec{x} = \vec{a} + 3\vec{b},\ \vec{y} = 2\vec{a} - \vec{b},\ \left\|\vec{a}\right\| = 2,\ \left\|\vec{b}\right\| = 1,\ \left\{\vec{a}, \vec{b}\right\} = \frac{\pi}{6};$

2) $\vec{x} = 2\vec{a} + \vec{b},\ \vec{y} = \vec{a} - 3\vec{b},\ \left\|\vec{a}\right\| = 2,\ \left\|\vec{b}\right\| = 2,\ \left\{\vec{a}, \vec{b}\right\} = \frac{\pi}{4};$

3) $\vec{x} = \vec{a} - 2\vec{b},\ \vec{y} = \vec{a} + 3\vec{b},\ \left\|\vec{a}\right\| = 1,\ \left\|\vec{b}\right\| = 2,\ \left\{\vec{a}, \vec{b}\right\} = \frac{\pi}{2}.$

3. В пространстве R^3 получить уравнение плоскости, проходящей через точки $A(-2; 2; 3)$, $B(2; 3; 1)$, $C(3, 1, 2)$ и найти косинусы углов, образованных её нормальным вектором с осями координат. Построить эту плоскость.

4. Написать канонические уравнения прямой линии, заданной пересечением двух плоскостей, проходящих через точки $A_1(0; 0; 0)$; $B_1(3; 3; 0)$; $C_1(0; 3; 3)$ и $A_2(4; 5; 0)$; $B_2(-6; 6; 3)$; $C_2(2; 0; 7)$ соответственно.

5. В пространстве R^3 получить уравнение плоскости, проходящей через точку $A(7; 7; 3)$ и имеющей нормальный вектор, заданный точками $M_1(-2; -1; -8)$ и $M_2(2; 1; 8)$. Найти объём параллелепипеда, построенного на векторах $\vec{ON}_1$, $\vec{ON}_2$ и $\vec{ON}_3$, где N_1, N_2 и N_3 – точки пересечения данной плоскости и осей координат.

6. В пространстве R^3 найти угол между плоскостями, проходящими через точки M_1, M_2, M_3 и N_1, N_2, N_3:

1) $M_1(0;7;-4)$; $M_2(4;8;-1)$; $M_3(-2;1;3)$;

$N_1(2;3;1)$; $N_2(2;0;3)$; $N_3(-2;2;0)$;

2) $M_1(-2;2;2)$; $M_2(3;2;3)$; $M_3(8;0;6)$;

$N_1(0;3;5)$; $N_2(0;-1;3)$; $N_3(4;0;0)$.

7. Найти точку пересечения прямой линии и плоскости:

1) $\dfrac{x^1-2}{1}=\dfrac{x^2-3}{1}=\dfrac{x^3+1}{-4}$, $x^1+x^2+3x^3-10=0$;

2) $\dfrac{x^1+1}{2}=\dfrac{x^2-3}{-4}=\dfrac{x^3+1}{5}$, $x^1+2x^2-x^3+5=0$.

8. Найти координаты проекции точки M_0 на плоскость:

1) $M_0(0;-3;-2)$; $2x^1+10x^2+10x^3-1=0$;

2) $M_0(-2;0;-1)$; $2x^2+4x^3-1=0$.

9. В пространстве R^3 найти расстояние от точки M_0 до плоскости, проходящей через точки M_1, M_2 и M_3:

1) $M_1(0;7;-4)$, $M_2(4;8;-1)$, $M_3(-2;1;3)$, $M_0(-10;11;13)$;

2) $M_1(6;8;3)$, $M_2(0;5;6)$, $M_3(6;7;4)$, $M_0(7;17;14)$;

3) $M_1(-2;3;5)$, $M_2(-5;5;2)$, $M_3(7;-1;8)$, $M_0(0;0;0)$.

Операторы, матрицы

1. Пусть $\vec{a}\neq\vec{0}$ – некоторый фиксированный вектор из R^3, а операторы $\hat{A}: R^3\to R^3$ и $\hat{B}: R^3\to R^3$, действуют по правилам $\left(\forall\,\vec{x}\in R^3\right)$

1) $\hat{A}\vec{x}=\left(\vec{a},\vec{x}\right)\vec{a}$, 2) $\hat{A}\vec{x}=\left[\vec{a},\vec{x}\right]$.

Показать, что эти операторы линейные и найти их матрицы.

2. Показать, что операторы

$\hat{A}: R^3 \to R^3$, $\hat{B}: R^3 \to R^3$, $\hat{C}: R^3 \to R^3$,

действие которых задано координатными соотношениями

1) $\hat{A}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2x_1 - 3x_2 - 2x_3 \\ 2x_1 - 3x_3 \\ 2x_2 - 3x_3 \end{pmatrix}$,

2) $\hat{B}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2x_1 - 3x_2 - 2x_3 \\ 2x_1 - 2x_2 + 3x_3 \\ 2x_2 - 3 \end{pmatrix}$,

3) $\hat{C}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 - 2x_2 - x_3 \\ 3x_1 - 2x_2 \\ 3x_2 + x_3 \end{pmatrix}$,

являются линейными и записать их матрицы.

3. В каноническом базисе трёхмерного пространства R^3 действия операторов $\hat{A}: R^3 \to R^3$ и $\hat{B}: R^3 \to R^3$ на произвольный вектор $\vec{x} \in R^3$ заданы соотношениями:

$$\hat{A}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2x_1 - 3x_2 - 2x_3 \\ 2x_1 - 3x_3 \\ 2x_2 - 3x_3 \end{pmatrix}; \quad \hat{B}\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3x_1 - x_2 - x_3 \\ 2x_1 \\ x_3 \end{pmatrix}.$$

Найти координаты вектора:

1) $\left(\hat{A}^2 + 2\hat{B}\right)\vec{x}$; 2) $\left(2\hat{A}^2 + 3\hat{B}^2\right)\vec{x}$; 3) $\left(\hat{A}\hat{B} - \hat{B}\hat{A}\right)\vec{x}$.

4. Найти матрицы, обратные данным матрицам:

а) $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$; б) $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$; в) $\begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 2 & 1 & 1 \end{pmatrix}$.

5. Решить СЛАУ матричным методом и по формулам Крамера:

1) $\begin{cases} x_1 + 3x_2 - \quad x_3 = 2, \\ 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 = 0, \\ 3x_1 - 2x_2 - \quad x_3 = 4; \end{cases}$ 2) $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + \quad x_3 = -5, \\ 3x_1 - 4x_2 + 3x_3 = 11, \\ 2x_1 + 4x_2 - \quad x_3 = -9. \end{cases}$

6. Найти решение СЛАУ по формулам Крамера:

1) $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + x_3 = 8, \\ -2x_1 + 3x_2 - 3x_3 = -5, \\ 3x_1 - 4x_2 + 5x_3 = 10; \end{cases}$ 2) $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 = 5, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + 3x_3 = 11; \end{cases}$

3) $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 6, \\ 2x_1 - x_2 - 2x_3 - 3x_4 = 8, \\ 3x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4, \\ 2x_1 - 3x_2 + 2x_3 + x_4 = -8. \end{cases}$

7. Разложить вектор $\vec{x}$ по системе векторов $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3 \right\}$:

1) $\vec{a}_1 = -\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3$, $\vec{a}_2 = \vec{e}_1 + \vec{e}_3$, $\vec{a}_3 = -\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3$,

$\vec{x} = -2\vec{e}_1 + 9\vec{e}_3$.

2) $\vec{a}_1 = \vec{e}_1 - 3\vec{e}_2$, $\vec{a}_2 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3$, $\vec{a}_3 = -\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3$,

$\vec{x} = 5\vec{e}_1 - 12\vec{e}_2 - \vec{e}_3$.

3) $\vec{a}_1 = 3\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - \vec{e}_3$, $\vec{a}_2 = -3\vec{e}_2 + \vec{e}_3$, $\vec{a}_3 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3$,

$\vec{x} = 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3$.

8. В каноническом базисе пространства R^3 дана линейно независимая система векторов

$\vec{x}_1 = 2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2$,

$\vec{x}_2 = 2\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3$,

$\vec{x}_3 = 2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_3$

и матрица

$$A=\begin{pmatrix}2 & 1 & 3\\ 1 & 2 & 3\\ 1 & 3 & 2\end{pmatrix}.$$

Будет ли линейно независимой система векторов $\hat{A}\vec{x}_1,\ 2\hat{A}\vec{x}_2,\ 3\hat{A}\vec{x}_3$?

9. Проверить, что $(AB)C = A(BC)$, если

$$A=\begin{pmatrix}5 & 8 & -4\\ 6 & 9 & -5\\ 4 & 7 & -3\end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix}3 & 2 & 5\\ 4 & -1 & 3\\ 9 & 6 & 5\end{pmatrix},\ C=\begin{pmatrix}1 & -1 & 0\\ 0 & 1 & -1\\ 1 & -1 & -1\end{pmatrix}.$$

10. Вычислить многочлен

$$P(X) = X^3 - 3X + 2$$

от матрицы

$$X=\begin{pmatrix}2 & 1 & 1\\ 1 & 2 & 1\\ 1 & 1 & 2\end{pmatrix}.$$

11. Найти матрицу X, удовлетворяющую условию:

а) $5A + 2X = 0$, если $A=\begin{pmatrix}4 & -2 & 6\\ 8 & 0 & 0\\ 0 & -4 & -2\end{pmatrix}$;

и) $(-1)A + 3X = 2B$, если $A=\begin{pmatrix}4 & 5\\ 1 & 3\end{pmatrix},\ B=\begin{pmatrix}1 & 5\\ 7 & 9\end{pmatrix}$.

12. Вычислить определители:

ф) $\begin{vmatrix}a & -a & a\\ a & a & -a\\ a & -a & -a\end{vmatrix}$;

б) $\begin{vmatrix} x^2 & x & 1 \\ y^2 & y & 1 \\ z^2 & z & 1 \end{vmatrix}$.

13. Решить уравнения:

а) $\begin{vmatrix} 1 & 3 & x \\ 4 & 5 & -1 \\ 2 & -1 & 5 \end{vmatrix} = 0$;

б) $\begin{vmatrix} 3 & x & -4 \\ 2 & -1 & 3 \\ x+10 & 1 & 1 \end{vmatrix} = 0$.

14. Решить неравенства:

а) $\begin{vmatrix} 3 & -2 & 1 \\ 1 & x & -2 \\ -1 & 2 & -1 \end{vmatrix} < 1$;

б) $\begin{vmatrix} 2 & x+2 & -1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 5 & -3 & x \end{vmatrix} > 0$.

15. Вычислить определитель:

$\begin{vmatrix} 246 & 427 & 327 \\ 1014 & 543 & 443 \\ -342 & 721 & 621 \end{vmatrix}$.

16. Решить матричные уравнения:

а) $X\begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 2 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 3 \\ 4 & 3 & 2 \\ 1 & -2 & 5 \end{pmatrix}$;

б) $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix} X \begin{pmatrix} -3 & 2 \\ 5 & -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2 & 4 \\ 3 & -1 \end{pmatrix}$.

17. Решить методом Гаусса СЛАУ:

а) $\begin{cases} 2x^1 - x^2 - x^3 = 4, \\ 3x^1 + 4x^2 - 2x^3 = 11, \\ 3x^1 - 2x^2 + 4x^3 = 11; \end{cases}$

б) $\begin{cases} 2x^1 + x^2 - 4x^3 = 0, \\ 3x^1 + 5x^2 - 7x^3 = 0, \\ 4x^1 - 5x^2 - 6x^3 = 0; \end{cases}$

в) $\begin{cases} x^1 + 2x^2 + 3x^3 - 2x^4 = 6, \\ 2x^1 - x^2 - 2x^3 - 3x^4 = 8, \\ 3x^1 + 2x^2 - x^3 + 2x^4 = 4, \\ 2x^1 - 3x^2 + 2x^3 + x^4 = -8. \end{cases}$

18. Пространство R^3 подвергается деформации под действием линейного оператора $\hat{A}$, заданного в каноническом базисе матрицей

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Найти объём треугольной пирамиды с вершинами

$$A(0; 0; 0); \; B(3; 3; 0); \; C(0; 3; 3); \; D(3; 0; 3)$$

до и после деформации пространства.

19. Пусть $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3, \vec{a}_4 \right\} \subset X^4$ – некоторый базис, а

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & -1 & 2 \\ 2 & 5 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

– матрица линейного оператора $\hat{T} : X^4 \to X^4$. Найти матрицу оператора в базисе $\left\{ \vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3, \vec{g}_4 \right\} \subset X^4$, если:

а) $\vec{g}_1 = 2\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \vec{a}_3 + \vec{a}_4$, $\vec{g}_2 = 3\vec{a}_1 + 2\vec{a}_2 + 3\vec{a}_3 + \vec{a}_4$,

$\vec{g}_3 = 4\vec{a}_1 + 3\vec{a}_2 + 2\vec{a}_3 + \vec{a}_4$, $\vec{g}_4 = 5\vec{a}_1 + 4\vec{a}_2 + 3\vec{a}_3 + 2\vec{a}_4$;

б) $\vec{g}_1 = 2\vec{a}_1 - \vec{a}_2 - 2\vec{a}_3 + 3\vec{a}_4$, $\vec{g}_2 = 3\vec{a}_1 - \vec{a}_2 - 2\vec{a}_3 + 2\vec{a}_4$,

$\vec{g}_3 = 2\vec{a}_1 - 2\vec{a}_3 + 2\vec{a}_4$, $\vec{g}_4 = 2\vec{a}_1 - \vec{a}_2 - \vec{a}_3 + 2\vec{a}_4$.

20. Используя понятие ранга матрицы и теоремы о совместности, выяснить вопрос о совместности следующих СЛАУ:

а) $\begin{cases} 2x^1 + x^2 - 4x^3 = 0, \\ 3x^1 + 5x^2 - 7x^3 = 0, \\ 4x^1 - 5x^2 - 6x^3 = 0; \end{cases}$

б) $\begin{cases} x^1 + x^2 + x^3 + x^4 = 0, \\ x^1 + 2x^2 + 3x^3 - x^4 = 0, \\ x^1 + 4x^2 + 5x^3 + 2x^4 = 0, \\ x^1 - x^3 + 3x^4 = 0. \end{cases}$

21. При каких значениях параметра a СЛАУ является совместной:

а) $\begin{cases} x^1 - 2x^2 + x^3 + x^4 = a, \\ x^1 - 2x^2 + x^3 - x^4 = -1, \\ x^1 - 2x^2 + x^3 + 5x^4 = 5; \end{cases}$

б) $\begin{cases} 3x^1 - 5x^2 + 2x^3 + 4x^4 = 2, \\ 7x^1 - 4x^2 + x^3 + 3x^4 = a, \\ 5x^1 + ax^2 - 4x^3 - 6x^4 = 3. \end{cases}$

22. Найти ядро оператора, заданного в пространстве R^3 своей матрицей

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Дать геометрическую интерпретацию и получить параметрические уравнения ядра.

23. Найти ядро, дефект, ранг и множество значений линейного оператора $\hat{A}: R^m \to R^n$, заданного в некоторых базисах

$$\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \ldots, \vec{e}_m, \right\} \subset R^m, \left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_n, \right\} \subset R^n$$

своей матрицей:

а) $\begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -2 \\ 2 & 1 & -2 \end{pmatrix}$; б) $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$; в) $\begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 3 & 4 \\ 2 & -1 & 2 & 3 \end{pmatrix}$;

г) $\begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 2 & 1 & 3 \\ 1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & 0 \end{pmatrix}$; д) $\begin{pmatrix} 2 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -2 & 2 \\ 2 & 1 & -5 & 11 \end{pmatrix}$; е) $\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 3 & -1 & 0 \end{pmatrix}$.

Часть 2. ОПЕРАТОРЫ В ЕВКЛИДОВЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Практическое занятие 1

Собственные и инвариантные подпространства. Самосопряжённые и ортогональные операторы

Пример 2.1.1. В каноническом базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\} \subset R^2$ оператор $\hat{T}$ задан матрицей

$$T = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 2 & 4 \end{pmatrix}.$$

Найти собственные значения и собственные подпространства оператора $\hat{T}$.

Р е ш е н и е. 1. Составляем характеристическое уравнение:

$$\det\left(T - \mu \cdot I\right) = 0;\ \mu^2 - 7 \cdot \mu + 10 = 0.$$

Откуда получаем собственные значения оператора $\mu_1 = 2,\ \mu_2 = 5.$

2. Находим собственный вектор, соответствующий собственному значению $\mu_1 = 2$, для чего решаем СЛАУ

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 2 & 2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1^1 \\ x_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Получаем решение в виде

$$x_1^1 = -1,\ x_1^2 = 1 \Rightarrow \left|x_1\right\rangle = c\left|a_1\right\rangle,\ c \in R^1 \Rightarrow \left|a_1\right\rangle = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Решением является бесконечное множество векторов

$$\vec{x} = c\,\vec{a}_1$$

– одномерное линейное многообразие с базисным вектором

$$\vec{a}_1 = -\vec{e}_1 + \vec{e}_2.$$

3. Аналогично находим собственный вектор, соответствующий собственному значению $\mu_2 = 5$, решая СЛАУ

$$\begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 2 & -1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1^1 \\ x_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Получаем решение в виде

$$x_2^1 = c/2,\ x_2^2 = c,\ c \in R^1 \Rightarrow |x_2\rangle = c|a_2\rangle \Rightarrow |a_2\rangle = \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Решением является бесконечное множество векторов

$$\vec{x} = c\vec{a}_2$$

– одномерное линейное многообразие с базисным вектором

$$\vec{a}_1 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_2.$$

Оператор имеет два одномерных собственных подпространства

$$L\{\vec{a}_1\} = \{\vec{x} : \vec{x} = t\vec{a}_1;\ t \in R^1\}$$

и

$$L\{\vec{a}_2\} = \{\vec{x} : \vec{x} = t\vec{a}_2;\ t \in R^1\},$$

с образующими векторами

$$\vec{a}_1 = -\vec{e}_1 + \vec{e}_2,\ \vec{a}_2 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_2. \otimes$$

Пример 2.1.2. Найти матрицу, собственные значения и собственные подпространства оператора (аффинора) зеркального отражения относительно координатной плоскости X^1OX^2 в пространства R^3.

Р е ш е н и е. Оператор зеркального отражения в пространстве R^3 относительно координатной плоскости X^1OX^2, очевидно, действует по правилу (рисунок 7.2.1)

$$\left(\forall \vec{x} \in R^3\right) \vec{y} = \hat{R}\vec{x} = x^1 \vec{e}_1 + x^2 \vec{e}_2 - x^3 \vec{e}_3.$$

Подействуем на базисные векторы оператором отражения:

$$\hat{R}\vec{e}_1 = \vec{e}_1;\ \hat{R}\vec{e}_2 = \vec{e}_2;\ \hat{R}\vec{e}_3 = -\vec{e}_3.$$

Следовательно, для матрицы оператора отражения относительно координатной плоскости X^1OX^2 получаем:

$$R = \begin{pmatrix} r_1^1 & r_2^1 & r_3^1 \\ r_1^2 & r_2^2 & r_3^2 \\ r_1^3 & r_2^3 & r_3^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Характеристический многочлен оператора $\hat{R}$ имеет вид:

$$R(\mu) = \det\begin{pmatrix} 1-\mu & 0 & 0 \\ 0 & 1-\mu & 0 \\ 0 & 0 & -1-\mu \end{pmatrix} = (-\mu)\cdot(-\mu)\cdot(1-\mu).$$

Откуда видно, что многочлен имеет простой корень $\mu_1 = -1$ и двукратный корень $\mu_2 = 1$.

1) Для собственного значения $\mu_2 = -1$ имеем

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

откуда

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ c \end{pmatrix},\ c \in R^1$$

– любое действительное число. Собственное подпространство, соответствующее собственному значению $\mu_1 = -1$, есть линейная оболочка вида

$$c\cdot\begin{pmatrix}0\\0\\1\end{pmatrix}\Rightarrow L\left\{\vec{e}_3\right\}=\left\{\vec{x}\in R^3:\vec{x}=c\cdot\vec{e}_3;\,c\in R^1\right\},$$

то есть ось OX^3.

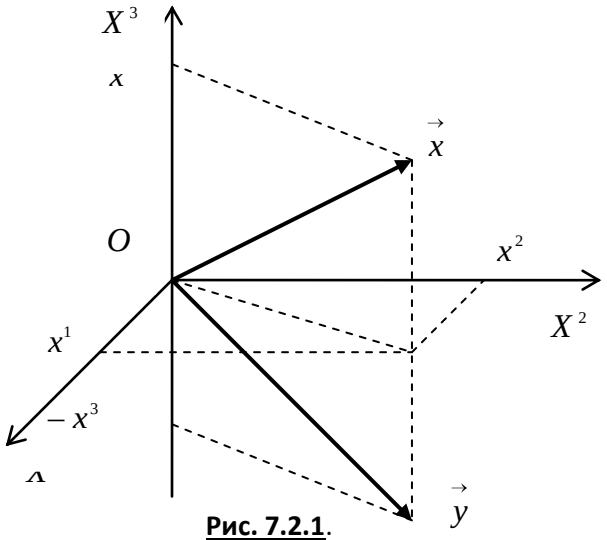


Рис. 7.2.1.

2) Для собственного значения $\mu_2=1$ имеем

$$\begin{pmatrix}0&0&0\\0&0&0\\0&0&-2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x^1\\x^2\\x^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\0\\0\end{pmatrix},$$

откуда

$$\left|x\right\rangle\equiv\begin{pmatrix}x^1\\x^2\\x^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}a\\b\\0\end{pmatrix}=a\begin{pmatrix}1\\0\\0\end{pmatrix}+b\begin{pmatrix}0\\1\\0\end{pmatrix},$$

где $a,b\in R^1$ – любые действительные числа. Получаем собственное подпространство, соответствующее собственному значению $\mu_1=1$, являющееся линейной оболочкой вида

$$L\left\{\vec{e}_1,\vec{e}_2\right\}=\left\{\vec{x}\in R^3:\vec{x}=a\cdot\vec{e}_1+b\cdot\vec{e}_2;\,a,b\in R^1\right\},$$

то есть координатной плоскостью X^1OX^2. Это подпространство является прямой суммой двух собственных подпространств $OX^1 \oplus OX^2$. $\otimes$

Пример 2.1.3. В евклидовом пространстве E^3 в ортонормированном (каноническом) базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right\}$ оператор $\hat{T}: E^3 \to E^3$ задан матрицей

$$T = \begin{pmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & -1 \\ 1 & -1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Найти собственные значения и собственные подпространства оператора.

Р е ш е н и е. Составим характеристическое уравнение:

$$T = \begin{pmatrix} 3-\mu & 0 & 0 \\ 1 & 2-\mu & -1 \\ 1 & -1 & 2-\mu \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} 3-\mu & & \\ & \mu^2-4\mu+3 & \\ & & \end{vmatrix} = 0.$$

Собственные значения $\mu_1 = 1,\ \mu_{2,3} = 3.$

Собственный вектор, соответствующий $\mu_1 = 1$ находится как решение системы уравнений

$$\begin{cases} 2x^1 + 0x^2 + 0x^3 = 0, \\ x^1 + x^2 - x^3 = 0, \\ x^1 - x^2 + x^3 = 0. \end{cases}$$

Решение имеет вид:

$$\left|a_1\right\rangle = \begin{pmatrix} a_1^1 \\ a_1^2 \\ a_1^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Собственный вектор, соответствующий $\mu_{2,3} = 3$ находится как решение системы уравнений

$$\begin{cases} 0x^1 + 0^2 + 0x^3 = 0, \\ x^1 - x^2 - x^3 = 0, \\ x^1 - x^2 - x^3 = 0. \end{cases}$$

Решение имеет вид:

$$|a_2\rangle = \begin{pmatrix} a_2^1 \\ a_2^2 \\ a_2^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}; |x_3\rangle = \begin{pmatrix} a_3^1 \\ a_3^2 \\ a_3^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Получаем два собственных подпространства:

$$X_1 = \{\vec{x} : \vec{x} = t\vec{a}_1; t \in R^1\}; \; X_2 = \{\vec{x} : \vec{x} = t\vec{a}_2 + \tau\vec{a}_3; t, \tau \in R^1\}. \otimes$$

Пример 2.1.4. Линейный оператор $\hat{T} : E^3 \to E^3$ в некотором ортонормированном базисе $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$ задан матрицей

$$T_e = \begin{pmatrix} 11 & 2 & -8 \\ 2 & 2 & 10 \\ -8 & 10 & 5 \end{pmatrix}.$$

Построить в пространстве E^3 ортонормированный базис собственных векторов оператора $\hat{T}$ и записать матрицу оператора $\hat{T}$ в этом базисе.

Р е ш е н и е. Составим характеристический многочлен оператора $\hat{T}$:

$$T(\mu) = \begin{vmatrix} 11-\mu & 2 & -8 \\ 2 & 2-\mu & 10 \\ -8 & 10 & 5-\mu \end{vmatrix} = -\mu^3 + 18\mu^2 + 81\mu - 1458.$$

Откуда характеристическое уравнение

$$\mu^3 - 18\mu^2 - 81\mu + 1458 = 0 \Rightarrow (\mu - 18)(\mu^2 - 81) = 0,$$

или

$$(\mu - 18)(\mu - 9)(\mu + 9) = 0.$$

Откуда собственные значения оператора

$$\mu_1 = -9,\ \mu_2 = 9,\ \mu_3 = 18.$$

Оператор является симметрическим, то есть самосопряжённым. Поэтому все собственные значения оператора различны, а собственные векторы ортогональны. Найдём собственные векторы оператора $\hat{T}$ в базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right\}$.

1) Для собственного значения $\mu_1 = -9$ имеем однородную СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} 20 & 2 & -8 \\ 2 & 11 & 10 \\ -8 & 10 & 14 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Определитель

$$\begin{vmatrix} 20 & 2 & -8 \\ 2 & 11 & 10 \\ -8 & 10 & 14 \end{vmatrix} = 0$$

– СЛАУ нетривиально совместна. Базисный минор – угловой. Принимая третью координату за свободное неизвестное, решаем СЛАУ из первых двух уравнений по формулам Крамера:

$$\begin{cases} 10x^1 + x^2 = 4a, \\ 2x^1 + 11x^2 = -10a; \end{cases} \det A = 108 \neq 0; \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2}a \\ -a \\ a \end{pmatrix} = a\begin{pmatrix} 1/2 \\ -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Итак, первое собственное подпространство оператора есть линейная оболочка вида

$$E^1 = L\left\{\vec{a}_1\right\},$$

где базисный вектор

$$\vec{a}_1 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

2) Для собственного значения $\mu_2 = 9$ имеем однородную СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} 2 & 2 & -8 \\ 2 & -7 & 10 \\ -8 & 10 & -4 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Определитель

$$\begin{vmatrix} 2 & 2 & -8 \\ 2 & -7 & 10 \\ -8 & 10 & -4 \end{vmatrix} = 0$$

– СЛАУ нетривиально совместна. Базисный минор матрицы СЛАУ – угловой минор. Принимая третью координату за свободное неизвестное, решаем СЛАУ из первых двух уравнений по формулам Крамера:

$$\begin{cases} 2x^1 + 2x^2 = 8a, \\ 2x^1 - 7x^2 = -10a; \end{cases} \det A = -18 \neq 0; \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2a \\ 2a \\ a \end{pmatrix} = a\begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Итак, второе собственное подпространство оператора есть линейная оболочка вида

$$E^2 = L\left\{\vec{a}_2\right\},$$

где базисный вектор

$$\vec{a}_2 = 2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

3) Для собственного значения $\mu_3 = 18$ имеем однородную СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} -7 & 2 & -8 \\ 2 & -16 & 10 \\ -8 & 10 & -13 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Для решения этой СЛАУ применим критерий нетривиальной совместности однородной СЛАУ.

Определитель СЛАУ

$$\begin{vmatrix} -7 & 2 & -8 \\ 2 & -16 & 10 \\ -8 & 10 & -13 \end{vmatrix} = 0,$$

следовательно, СЛАУ нетривиально совместна. Базисный минор матрицы СЛАУ – угловой минор

$$\begin{vmatrix} -7 & 2 \\ 2 & -16 \end{vmatrix} = 108.$$

Поэтому первые два уравнения СЛАУ линейно независимы. Принимая третью координату вектора за свободное неизвестное, то есть, полагая $x^3 = a$, где a – произвольное действительное число, решаем СЛАУ из первых двух уравнений по формулам Крамера:

$$\begin{cases} -7x^1 + 1x^2 = -5a, \\ 2x^1 - 16x^2 = -10a; \end{cases} \det A = -54 \neq 0; \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -a \\ \frac{1}{2}a \\ a \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} -1 \\ 1/2 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Итак, третье собственное подпространство оператора есть линейная оболочка вида

$$E^3 = L\left\{\vec{a}_3\right\},$$

где базисный вектор

$$\vec{a}_3 = -\vec{e}_1 + \frac{1}{2}\vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

4) Найденные собственные векторы ортогональны. Нормируем их:

$$\vec{h}_1 = \frac{\vec{a}_1}{\left\|\vec{x}_1\right\|} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{4}+1}}\vec{a}_1 = -\frac{2}{3}\vec{e}_1 + \frac{1}{3}\vec{e}_2 + \frac{2}{3}\vec{e}_3;$$

$$\vec{h}_2 = \frac{\vec{a}_2}{\left\|\vec{x}_2\right\|} = \frac{1}{\sqrt{4+4+1}}\vec{a}_2 = \frac{2}{3}\vec{e}_1 + \frac{2}{3}\vec{e}_2 + \frac{1}{3}\vec{e}_3;$$

$$\vec{h}_3 = \frac{\vec{a}_3}{\left\|\vec{x}_3\right\|} = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{4}+1+1}}\vec{a}_3 = \frac{1}{3}\vec{e}_1 - \frac{2}{3}\vec{e}_2 + \frac{2}{3}\vec{e}_3.$$

5) Матрица перехода от старого базиса к новому базису

$$A:\left\{\vec{e}_1,\ \vec{e}_2,\ \vec{e}_3\right\}\to\left\{\vec{h}_1,\ \vec{h}_2,\ \vec{h}_3\right\}$$

имеет вид:

$$A=\frac{1}{3}\begin{pmatrix}-2 & 1 & 2\\ 2 & 2 & 1\\ 1 & -2 & 2\end{pmatrix};\ \det A=-1\neq 0;\ A^T=\frac{1}{3}\begin{pmatrix}-2 & 2 & 1\\ 1 & 2 & -2\\ 2 & 1 & 2\end{pmatrix}.$$

Обратная матрица к матрице перехода от старого базиса к новому базису и транспонированная к ней имеют вид:

$$A^{-1}=-\frac{1}{2}adgA=\frac{1}{3}\begin{pmatrix}-2 & 2 & 1\\ 1 & 2 & -2\\ 2 & 1 & 2\end{pmatrix};\ \left(A^{-1}\right)^T=\frac{1}{3}\begin{pmatrix}-2 & 1 & 2\\ 2 & 2 & 1\\ 1 & -2 & 2\end{pmatrix}.$$

Находим матрицу оператора в новом базисе $\left\{\vec{h}_1,\ \vec{h}_2,\ \vec{h}_3\right\}$:

$$T_a=\left(A^{-1}\right)^T T_e A^T=\frac{1}{9}\begin{pmatrix}-2 & 1 & 2\\ 2 & 2 & 1\\ 1 & -2 & 2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}11 & 2 & -8\\ 2 & 2 & 10\\ -8 & 10 & 5\end{pmatrix}\begin{pmatrix}-2 & 2 & 1\\ 1 & 2 & -2\\ 2 & 1 & 2\end{pmatrix}=$$

$$=\begin{pmatrix}18 & 0 & 0\\ 0 & 9 & 0\\ 0 & 0 & -9\end{pmatrix}.\otimes$$

Пример 2.1.5. В евклидовом пространстве E^3 в ортонормированном (каноническом) базисе $\left\{\vec{e}_1,\ \vec{e}_2,\ \vec{e}_3\right\}$ оператор $\hat{T}:E^3\to E^3$ задан матрицей

$$\begin{pmatrix}t_1^1 & t_2^1 & t_3^1\\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2\\ t_1^3 & t_2^3 & t_3^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0 & 0 & 2\\ 1 & 0 & 0\\ 0 & 1 & 0\end{pmatrix}.$$

Найти матрицу оператора $\hat{T}^*$ в базисе

$$\vec{g}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3,\ \vec{g}_2 = \vec{e}_2 + \vec{e}_3,\ \vec{g}_3 = \vec{e}_2 - \vec{e}_3.$$

Р е ш е н и е. Находим матрицу сопряжённого оператора в старом (ортонормированном) базисе:

$$T_e^* = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Записываем матрицу перехода от старого базиса к новому базису и транспонируем её:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix};\ A^T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix}.$$

Находим матрицу, обратную к матрице перехода от старого базиса к новому базису. Определитель матрицы

$$\det A = -2.$$

Алгебраические дополнения

$$A_1^1 = -2,\ A_2^1 = 0,\ A_3^1 = 0,$$

$$A_1^2 = 2,\ A_2^2 = -1,\ A_3^2 = -1,$$

$$A_1^3 = 0,\ A_2^3 = -1,\ A_3^3 = 1;$$

$$adgA = \begin{pmatrix} -2 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix};\ A^{-1} = -\frac{1}{2}\begin{pmatrix} -2 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}.$$

Находим матрицу оператора $\hat{T}^*$ в новом базисе:

$$T_g^* = \left(A^{-1}\right)^T T_e^* A^T = -\frac{1}{2}\cdot\begin{pmatrix} -2 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 2 & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} =$$

$$= -\frac{1}{2}\begin{pmatrix} -2 & -2 & -2 \\ -1 & 1 & 3 \\ 1 & -1 & 1 \end{pmatrix}. \otimes$$

Пример 2.1.6. Ранее показано, что линейная оболочка $L\left\{\vec{g}_1, \vec{g}_2\right\}$, где элементы L вычисляются по формулам

$$\vec{g}_1 = \alpha_1 \cdot \sin x + \beta_1 \cdot \cos x,\ \vec{g}_2 = \alpha_2 \cdot \sin x + \beta_2 \cdot \cos x,$$

а скалярное произведение определено формулой

$$\left(\vec{g}_1, \vec{g}_2\right) = \alpha_1 \cdot \alpha_2 + \beta_1 \cdot \beta_2 + \frac{1}{2}\cdot\left(\alpha_1 \cdot \beta_2 + \alpha_2 \cdot \beta_1\right),$$

является двумерным линейным многообразием с ортонормированным базисом

$$\vec{e}_1 = \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot \sin x + \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot \cos x,\ \vec{e}_2 = \sin x - \cos x.$$

1) Найти матрицу оператора дифференцирования $\hat{D}$ в базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$ и матрицу сопряжённого оператора $\hat{D}^*$.

2) Выяснить, является ли оператор $\hat{D}$ симметрическим.

Р е ш е н и е. Находим матрицу оператора дифференцирования в базисе

$$\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\} \subset R^2.$$

Для чего находим образы базисных векторов $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$:

$$\hat{D}\vec{e}_1 = \frac{d}{dx}\left(\frac{1}{3}\cdot\sin x + \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\cos x\right) = \frac{1}{\sqrt{3}}(\cos x - \sin x) =$$

$$= 0\cdot\vec{e}_1 - \frac{1}{\sqrt{3}}\cdot\vec{e}_2;$$

$$\hat{D}\vec{e}_2 = \frac{d}{dx}(\sin x - \cos x) = \cos x + \sin x = \sqrt{3}\cdot\vec{e}_1 + 0\cdot\vec{e}_2.$$

Следовательно, матрица оператора $\hat{D}$ в базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$ имеет вид:

$$D = \begin{pmatrix} d_1^1 & d_2^1 \\ d_1^2 & d_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{3} \\ -\frac{1}{\sqrt{3}} & 0 \end{pmatrix}.$$

Данное многообразие является вещественным пространством, поэтому матрица сопряжённого оператора $\hat{D}^*$ равна транспонированной матрице оператора $\hat{D}$, то есть

$$D^* = \begin{pmatrix} d_1^1 & d_1^2 \\ d_2^1 & d_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{\sqrt{3}} \\ \sqrt{3} & 0 \end{pmatrix}.$$

Так как в базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$ для матрицы оператора $\hat{D}$ имеем $d_2^1 \neq d_1^2$, оператор не является симметрическим. $\otimes$

Пример 2.1.7. В евклидовом пространстве E^3 линейный оператор $\hat{T}$ переводит систему векторов $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\}$ в систему векторов $\left\{\vec{g}_1, \vec{g}_2, \vec{g}_3\right\}$. Является ли этот оператор самосопряжённым, если:

$$|a_1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}; |a_2\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}; |a_3\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix};$$

$$|g_1\rangle = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix}; |g_2\rangle = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 3 \end{pmatrix}; |g_3\rangle = \begin{pmatrix} -5 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix}.$$

Р е ш е н и е. По условию задачи имеем

$$\hat{T}\vec{a}_1 = \vec{g}_1, \hat{T}\vec{a}_2 = \vec{g}_2, \hat{T}\vec{a}_3 = \vec{g}_3,$$

откуда для векторов-столбцов из координат получаем:

$$\begin{pmatrix} t_1^1 & t_2^1 & t_3^1 \\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2 \\ t_1^3 & t_2^3 & t_3^3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} t_2^1 + t_3^1 = 2, \\ t_2^2 + t_3^2 = 3, \\ t_2^3 + t_3^3 = 1; \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} t_1^1 & t_2^1 & t_3^1 \\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2 \\ t_1^3 & t_2^3 & t_3^3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 3 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} t_1^1 + t_3^1 = -1, \\ t_1^2 + t_3^2 = 0, \\ t_1^3 + t_3^3 = 3; \end{matrix}$$

$$\begin{pmatrix} t_1^1 & t_2^1 & t_3^1 \\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2 \\ t_1^3 & t_2^3 & t_3^3 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ 1 \\ 4 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} t_1^1 + t_2^1 = -5, \\ t_1^2 + t_2^2 = 1, \\ t_1^3 + t_2^3 = 4. \end{matrix}$$

Из последних равенств получаем три СЛАУ для элементов матрицы оператора:

для элементов первой строки

$$\begin{cases} t_2^1 + t_3^1 = 2, \\ t_1^1 + t_3^1 = -1, \\ t_1^1 + t_2^1 = -5; \end{cases}$$

для элементов второй строки

$$\begin{cases} t_2^2 + t_3^2 = 3, \\ t_1^2 + t_3^2 = 0, \\ t_1^2 + t_2^2 = 1; \end{cases}$$

для элементов третьей строки

$$\begin{cases} t_2^3 + t_3^3 = 1, \\ t_1^3 + t_3^3 = 3, \\ t_1^3 + t_2^3 = 4. \end{cases}$$

Решая эти СЛАУ по формулам Крамера, получаем матрицу оператора:

$$T = \begin{pmatrix} -4 & -1 & 3 \\ -1 & 2 & 1 \\ 3 & 1 & 0 \end{pmatrix}.$$

Видим, что $\forall i \neq j = 1, 2, 3 \; t_i^j = t_j^i$. Следовательно, оператор $\hat{T}$ является самосопряжённым. $\otimes$

Пример 2.1.8. Матрица линейного оператора $\hat{T} : E^3 \to E^3$ в базисе векторов $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3 \right\} \subset E^3$ имеет вид:

$$T' = \begin{pmatrix} 2/3 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 2/3 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Выяснить, является ли оператор $\hat{T}$ ортогональным, если в ортонормированном базисе $\left\{ \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3 \right\}$ имеют место разложения

$$\vec{a}_1 = \vec{e}_2 + \vec{e}_3, \; \vec{a}_2 = \vec{e}_1 + \vec{e}_3, \; \vec{a}_3 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2.$$

Р е ш е н и е. 1) *Первый способ.* Проверим выполнение определения ортогональности, то есть выполнение условия

$$\left(\forall \vec{x}, \vec{y} \in E^n \right) \left(\hat{T}\vec{x}, \hat{T}\vec{y} \right) = \left(\vec{x}, \vec{y} \right).$$

Найдём скалярное произведение векторов $\vec{x}, \vec{y} \in E^3$ в произвольном базисе $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\} \subset E^3$ по формуле

$$\left(\vec{x}, \vec{y}\right) = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} g_{ij} x^i y^j ,$$

где

$$\vec{x} = x^1 \vec{a}_1 + x^2 \vec{a}_2 + x^3 \vec{a}_3, \; \vec{y} = y^1 \vec{a}_1 + y^2 \vec{a}_2 + y^3 \vec{a}_3,$$

а матрица метрических коэффициентов имеет вид

$$G = \left(g_{ij}\right) = \begin{pmatrix} \left(\vec{a}_1, \vec{a}_1\right) & \left(\vec{a}_1, \vec{a}_2\right) & \left(\vec{a}_1, \vec{a}_3\right) \\ \left(\vec{a}_2, \vec{a}_1\right) & \left(\vec{a}_2, \vec{a}_2\right) & \left(\vec{a}_2, \vec{a}_3\right) \\ \left(\vec{a}_3, \vec{a}_1\right) & \left(\vec{a}_3, \vec{a}_2\right) & \left(\vec{a}_3, \vec{a}_3\right) \end{pmatrix}.$$

Несложные вычисления показывают, что

$$G = \left(g_{ij}\right) = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Теперь получаем для скалярного произведения произвольных векторов $\vec{x}$ и $\vec{y}$ следующий результат:

$$\left(\vec{x}, \vec{y}\right) = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} g_{ij} x^i y^j = 2x^1y^1 + x^1y^2 + x^1y^3 +$$

$$+ x^2y^1 + 2x^2y^2 + x^2y^3 + x^3y^1 + x^3y^2 + 2x^3y^3.$$

Находим координаты образов векторов $\vec{x}$ и $\vec{y}$ при действии оператора $\hat{T}$:

$$\hat{T}\vec{x}=\vec{u}\Rightarrow T|x\rangle=\begin{pmatrix}u^1\\u^2\\u^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{2}{3}&1&0\\-1&0&0\\\frac{2}{3}&0&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x^1\\x^2\\x^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{2}{3}x^1+x^2\\-x^1\\\frac{2}{3}x^1+x^3\end{pmatrix};$$

$$\hat{T}\vec{y}=\vec{v}\Rightarrow T|y\rangle=\begin{pmatrix}v^1\\v^2\\v^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{2}{3}&1&0\\-1&0&0\\\frac{2}{3}&0&1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}y^1\\y^2\\y^3\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}\frac{2}{3}y^1+y^2\\-y^1\\\frac{2}{3}y^1+y^3\end{pmatrix}.$$

После подстановки найденных координат образов векторов $\vec{x}$, $\vec{y}$ и метрических коэффициентов g_{ij} в формулу для скалярного произведения

$$\left(\hat{T}\vec{x},\hat{T}\vec{y}\right)=\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3}g_{ij}u^iv^j$$

и сравнения с формулой для скалярного произведения прообразов, убеждаемся в справедливости равенства

$$\left(\hat{T}\vec{x},\hat{T}\vec{y}\right)=\left(\vec{x},\vec{y}\right).$$

2) *Второй способ.* Матрица перехода от старого (ортонормированного) базиса $\left\{\vec{e}_1,\vec{e}_2,\vec{e}_3\right\}$ к новому базису $\left\{\vec{a}_1,\vec{a}_2,\vec{a}_3\right\}$ и обратная к ней матрица имеют, соответственно, вид:

$$A=\begin{pmatrix}0&1&1\\1&0&1\\1&1&0\end{pmatrix};\ A^{-1}=\begin{pmatrix}-\frac{1}{2}&\frac{1}{2}&\frac{1}{2}\\\frac{1}{2}&-\frac{1}{2}&\frac{1}{2}\\\frac{1}{2}&\frac{1}{2}&-\frac{1}{2}\end{pmatrix}.$$

Так как формула преобразования матрицы оператора при переходе от старого базиса к новому базису имеет вид

$$T'=\left(A^{-1}\right)^TTA^T,$$

то для матрицы оператора в старом базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right\}$ получаем:

$$T = A^T T' \left(A^{-1}\right)^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2/3 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 2/3 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1/2 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & -1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & -1/2 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 2/3 & 1/3 & -2/3 \\ 1/3 & 2/3 & 2/3 \\ 2/3 & -2/3 & 1/3 \end{pmatrix}.$$

Убедиться в том, что полученная матрица является ортогональной, можно с помощью свойств ортогональных матриц. Например, умножая матрицу T на транспонированную матрицу T^T, получим

$$TT^T = T^T T = I.$$

Таким образом, выполняется свойство $T^T = T^{-1}$. Следовательно, оператор $\hat{T}$ и, соответственно, его матрица являются ортогональными. $\otimes$

Пример 2.1.9. Пусть $\hat{T} : X \to X$. Показать, что если $X_{inv}^{(1)}$, $X_{inv}^{(2)}$ – инвариантные подпространства оператора $\hat{T}$, то $X_{inv}^{(1)} \bigcap X_{inv}^{(2)}$ и $X_{inv}^{(1)} + X_{inv}^{(2)}$ также являются инвариантными подпространствами оператора $\hat{T}$.

Р е ш е н и е. Пусть $X_{inv}^{(1)}$, $X_{inv}^{(2)}$ – инвариантные подпространства оператора $\hat{T}$. Предположим, что вектор $\vec{x} \in X_{inv}^{(1)} \bigcap X_{inv}^{(2)}$. Но тогда вектор $\vec{x} \in X_{inv}^{(1)}$ и $\vec{x} \in X_{inv}^{(2)}$, следовательно, и его образ

$$\hat{T}\vec{x} \in X_{inv}^{(1)} \wedge \hat{T}\vec{x} \in X_{inv}^{(2)}.$$

Теперь очевидно, что образ вектора $\vec{x}$ принадлежит пересечению этих подпространств, то есть

$$\hat{T}\vec{x} \in X_{inv} \bigcap X_{inv}.$$

Пусть теперь

$$\vec{x} \in X_{inv} + X_{inv}.$$

Тогда, по определению суммы подпространств $\vec{x} = \vec{x}_1 + \vec{x}_2$, где $\vec{x}_1 \in X_{inv}$, $\vec{x}_2 \in X_{inv}$, откуда в силу того, что снова $\hat{T}\vec{x} \in X_{inv} \wedge \hat{T}\vec{x} \in X_{inv}$, получаем

$$\hat{T}\vec{x} = \hat{T}\vec{x}_1 + \hat{T}\vec{x}_2 \in X_{ivn} + X_{inv}. \otimes$$

Пример 2.1.10. Пусть $\hat{T} : X \to X$. Показать, что если оператор $\hat{T}$ биективный, то его инвариантное подпространство X_{inv} является инвариантным подпространством и для обратного оператора $\hat{T}^{-1}$.

Р е ш е н и е. Известно, что линейный оператор $\hat{T} : X \to X$ взаимно однозначен (биективен) в том и только в том случае, если он невырожденный.

Пусть

$$\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m\right\} \subset X_{inv}^m$$

– базис в X_{inv}^m, тогда система образов векторов исходной системы

$$\left\{\hat{T}\vec{a}_1, \hat{T}\vec{a}_2, \ldots, \hat{T}\vec{a}_m\right\}$$

принадлежат тому же инвариантному подпространству и образуют в нём другой базис.

Покажем сначала, что система образов линейно независима. Для этого составим линейную комбинацию образов векторов

$$\left\{\hat{T}\vec{a}_1, \hat{T}\vec{a}_2, \ldots, \hat{T}\vec{a}_m\right\}$$

и потребуем, чтобы

$$\alpha_1 \hat{T}\vec{a}_1+\alpha_2 \hat{T}\vec{a}_2+\ldots+\alpha_m \hat{T}\vec{a}_m=\vec{0}.$$

Далее получаем в силу линейности оператора $\hat{T}$

$$\hat{T}\left(\alpha_1 \vec{a}_1+\alpha_2 \vec{a}_2+\ldots+\alpha_m \vec{a}_m\right)=\vec{0}.$$

Так как оператор невырожденный, то

$$\alpha_1 \vec{a}_1+\alpha_2 \vec{a}_2+\ldots+\alpha_m \vec{a}_m=\vec{0}.$$

Последнее равенство, в силу линейной независимости системы

$$\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \ldots, \vec{a}_m\right\},$$

возможно только в случае одновременного обращения в нуль всех коэффициентов линейной комбинации. Что и доказывает линейную независимость системы образов.

Пусть теперь $\left(\forall \vec{x} \in X_{inv}^{m}\right)$. Разложим вектор $\vec{x}$ по базису из образов векторов исходного базиса подпространства X_{inv}^{m}, то есть представим вектор $\vec{x}$ в виде

$$\vec{x}=x^1 \hat{T}\vec{a}_1+x^2 \hat{T}\vec{a}_2+\ldots+x^m \hat{T}\vec{a}_m.$$

Так как для невырожденного линейного оператора обратный оператор снова линейный, то, действуя на обе части оператором $\hat{T}^{-1}$, получаем

$$\hat{T}^{-1}\vec{x}=x^1 \hat{T}^{-1}\hat{T}\vec{a}_1+x^2 \hat{T}^{-1}\hat{T}\vec{a}_2+\ldots+x^m \hat{T}^{-1}\hat{T}\vec{a}_m=$$

$$=x^1 \vec{a}_1+x^2 \vec{a}_2+\ldots+x^m \vec{a}_m,$$

причём

$$x^1 \vec{a}_1+x^2 \vec{a}_2+\ldots+x^m \vec{a}_m \in X_{inv}^{m},$$

так как он разложен по базису X_{inv}.

Итак, получили, что если $\vec{x} \in X_{inv}^{m}$, то $\hat{T}^{-1}\vec{x} \in X_{inv}^{m}$. $\otimes$

Напомним определение операторного многочлена: пусть $\hat{T}: X^n \to \hat{T}(X^n)$ и

$$F_m(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_m x^m \in C[x]$$

– некоторый многочлен. Тогда оператор

$$F_m\left(\hat{T}\right) = a_0 \hat{I} + a_1 \hat{T} + a_2 \hat{T}^2 + \ldots + a_m \hat{T}^m$$

называется многочленом от оператора $\hat{T}$ или ***операторным многочленом***.

Пример 2.1.11. Показать, что любое инвариантное подпространство оператора $\hat{T}: X^n \to X^n$ является инвариантным и для операторного многочлена

$$F_p\left(\hat{T}\right) = a_0 \hat{I} + a_1 \hat{T} + a_2 \hat{T}^2 + \ldots + a_p \hat{T}^p .$$

Р е ш е н и е. Пусть операторы $\hat{A}: X^n \to X^n$ и $\hat{B}: X^n \to X^n$ имеют одно и тоже инвариантное подпространство $Y^m \subset X^n$. Тогда

$$\left(\forall \vec{x} \in Y^m\right) \vec{y}_1 = \hat{A}\vec{x} \in Y^m \wedge \vec{y}_2 = \hat{B}\vec{x} \in Y^m .$$

Так как любые линейные комбинации векторов подпространства Y^m снова являются векторами этого же подпространства, то имеем

$$\alpha \cdot \vec{y}_1 + \beta \cdot \vec{y}_2 = \alpha \cdot \hat{A}\vec{x} + \beta \cdot \hat{B}\vec{x} = \left(\alpha \cdot \hat{A} + \beta \cdot \hat{B}\right)\vec{x} \in Y^m .$$

То есть подпространство $Y^m \subset X^n$, инвариантное относительно операторов $\hat{A}: X^n \to X^n$ и $\hat{B}: X^n \to X^n$, инвариантно и относительно оператора $\alpha \cdot \hat{A} + \beta \cdot \hat{B}$. Далее, из того, что подпространство $Y^m \subset X^n$ является инвариантным относительно оператора $\hat{A}: X^n \to X^n$, следует, что оно инвариантно и относительно степеней этого оператора $\hat{A}^k \ (k = 0, 1, \ldots, p)$.

Теперь очевидно, что любое инвариантное подпространство оператора $\hat{T}$ является инвариантным и относительно операторного многочлена

$$F_p\left(\hat{T}\right) = a_0\hat{I} + a_1\hat{T} + a_2\hat{T}^2 + \ldots + a_p\hat{T}^p . \otimes$$

Практическое занятие 2

Наклонная, перпендикуляр, проекция, оператор проектирования

Пример 2.2.1. Используя критерий Грама линейной зависимости системы векторов в евклидовом пространстве, выяснить вопрос о линейной зависимости системы векторов $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3 \subset R^3$, если имеют место разложения

$$\vec{x}_1 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3,\ \vec{x}_2 = 2\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 7\vec{e}_3,\ \vec{x}_3 = 3\vec{e}_1 + 7\vec{e}_2 + 10\vec{e}_3.$$

Р е ш е н и е. Находим попарные скалярные произведения векторов системы:

$$\left(\vec{x}_1, \vec{x}_1\right) = 14,\ \left(\vec{x}_1, \vec{x}_2\right) = 33,\ \left(\vec{x}_1, \vec{x}_3\right) = 47.$$

$$\left(\vec{x}_2, \vec{x}_1\right) = 33,\ \left(\vec{x}_2, \vec{x}_2\right) = 78,\ \left(\vec{x}_2, \vec{x}_3\right) = 111,$$

$$\left(\vec{x}_3, \vec{x}_1\right) = 47,\ \left(\vec{x}_3, \vec{x}_2\right) = 111,\ \left(\vec{x}_3, \vec{x}_3\right) = 158.$$

Составляем определитель Грама и вычисляем его значение:

$$\begin{vmatrix} 14 & 33 & 47 \\ 33 & 78 & 111 \\ 47 & 111 & 158 \end{vmatrix} = 14 \cdot \begin{vmatrix} 78 & 111 \\ 111 & 158 \end{vmatrix} - 33 \cdot \begin{vmatrix} 33 & 111 \\ 47 & 158 \end{vmatrix} + 47 \cdot \begin{vmatrix} 33 & 78 \\ 47 & 111 \end{vmatrix} = 0.$$

В соответствие с критерием Грама система векторов $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3$ является линейно зависимой. $\otimes$

Пример 2.2.2. Радиус-вектор $\vec{x}$ в пространстве R^3 имеет разложение по стандартному базису (рисунок 1)

$$\vec{x} = 3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3.$$

Обозначим координатную плоскость X^1OX^2 как L^2.

Представить вектор $\vec{x}$ в виде разложения

$$\vec{x} = \vec{g}_L + \vec{h}^{\perp},$$

где $\vec{g}_L \in L^2$, $\vec{h}^{\perp} \in L^{2\perp}$.

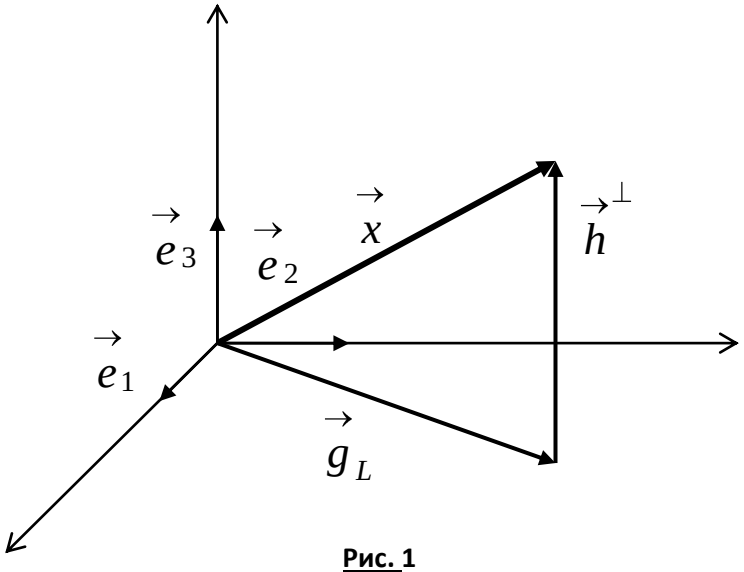


Рис. 1

Р е ш е н и е. Разложим вектор $\vec{g}_L$ по базису подпространства L^2:

$$\vec{g}_L = g^1 \vec{e}_1 + g^2 \vec{e}_2.$$

Вектор

$$\vec{h}^{\perp} = \vec{x} - \vec{g}_L \in L^{2\perp}.$$

Следовательно, он ортогонален базису подпространства L^2. Запишем условия ортогональности вектора $\vec{h}^{\perp}$ подпространству L^2, состоящие в том, что вектор $\vec{h}^{\perp}$ должен быть ортогонален всем векторам базиса $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\right\}$:

$$\left(\vec{h}^{\perp}, \vec{e}_1\right) = 0,$$

$$\left(\vec{h}^{\perp}, \vec{e}_2\right) = 0.$$

Получаем СЛАУ

$$\begin{cases} \left(\vec{x} - \vec{g}_L, \vec{e}_1\right) = 0, \\ \left(\vec{x} - \vec{g}_L, \vec{e}_2\right) = 0, \end{cases}$$

которую перепишем в виде

$$\begin{cases} \left(g^1 \vec{e}_1 + g^2 \vec{e}_2, \vec{e}_1\right) = \left(3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3, \vec{e}_1\right), \\ \left(g^1 \vec{e}_1 + g^2 \vec{e}_2, \vec{e}_2\right) = \left(3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3, \vec{e}_2\right). \end{cases}$$

После простых преобразований имеем

$$\begin{cases} g^1 = 3, \\ g^2 = 4. \end{cases}$$

Таким образом, получаем

$$\vec{g}_L = 3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2.$$

Далее имеем:

$$\vec{h}^{\perp} = \vec{x} - \vec{g}_L = \left(3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3\right) - \left(3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2\right) = 5\vec{e}_3.$$

Окончательно получаем

$$\vec{x} = \vec{g}_L + \vec{h}^{\perp} = 3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3. \otimes$$

Пример 2.2.3. В пространстве R^4 опустить перпендикуляр из точки $P\ (-1; 5; 3; 2)$ на гиперплоскость H^3, проходящую через заданные точки

$$A_1(-4; 2; 0), A_2(-3; 7; 3; 2), A_3(-2; 6; 3; -1), A_4(-4; 5; 2).$$

Р е ш е н и е. В пространстве R^4 все координаты точек заданы в ортонормированном базисе, который обозначим $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4$. Неявное уравнение гиперплоскости получено выше в примере 3.14 и имеет вид

$$23x^1 - 14x^2 + 2x^3 - 3x^4 + 29 = 0.$$

Там же записаны направляющие векторы гиперплоскости:

$$\vec{a}_1 = 2\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + \vec{e}_3 + 2\vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_2 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_3 = 3\vec{e}_3 + 2\vec{e}_4.$$

Проверим, что точка $P\ -1; 5; 3; 2$ не лежит в плоскости, для чего подставим координаты точки в неявное уравнение плоскости:

$$23\cdot\ -1\ -14\cdot 5 + 2\cdot 3 - 3\cdot 2 + 29 = -64 \neq 0.$$

Точка плоскости не принадлежит.

Поставим в соответствие точке $P\ -1; 5; 3; 2$ её радиус-вектор

$$\vec{x} = -\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3 + 2\vec{e}_4$$

– наклонную к плоскости. Представим наклонную в виде

$$\vec{x} = \vec{g}_L + \vec{h}^{\perp},$$

где вектор $\vec{g}_L \in H^3$, а вектор $\vec{h}^{\perp} \in H^{3\perp}$.

Вектор

$$\vec{h}^{\perp} = \vec{x} - \vec{g}_L \in H^{3\perp}.$$

Следовательно, он ортогонален локальному базису подпространства H^3. Запишем условия ортогональности вектора $\vec{h}^{\perp}$ подпространству H^3 (плоскость проходит через начало системы координат), состоящие в том, что вектор $\vec{h}^{\perp}$ должен быть ортогонален всем векторам базиса $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3$:

$$\left(\vec{h}^{\perp}, \vec{a}_1\right) = 0, \left(\vec{h}^{\perp}, \vec{a}_2\right) = 0, \left(\vec{h}^{\perp}, \vec{a}_3\right) = 0.$$

Получаем СЛАУ

$$\left(\vec{x} - \vec{g}_L, \vec{a}_1\right) = 0,$$
$$\left(\vec{x} - \vec{g}_L, \vec{a}_2\right) = 0,$$

$$\left(\vec{x}-\vec{g}_L,\vec{a}_3\right)=0.$$

Представляя наклонную $\vec{g}_L$ разложением по направляющим векторам плоскости (по локальному базису), перепишем СЛАУ в виде

$$\left(g^1\vec{a}_1+g^2\vec{a}_2+g^3\vec{a}_3,\vec{a}_1\right)=\left(\vec{x},\vec{a}_1\right),$$
$$\left(g^1\vec{a}_1+g^2\vec{a}_2+g^3\vec{a}_3,\vec{a}_2\right)=\left(\vec{x},\vec{a}_2\right),$$
$$\left(g^1\vec{a}_1+g^2\vec{a}_2+g^3\vec{a}_3,\vec{a}_3\right)=\left(\vec{x},\vec{a}_3\right),$$

или в виде

$$\left(\vec{a}_1,\vec{a}_1\right)g^1+\left(\vec{a}_2,\vec{a}_1\right)g^2+\left(\vec{a}_3,\vec{a}_1\right)g^3=\left(\vec{x},\vec{a}_1\right),$$
$$\left(\vec{a}_1,\vec{a}_2\right)g^1+\left(\vec{a}_2,\vec{a}_2\right)g^2+\left(\vec{a}_3,\vec{a}_2\right)g^3=\left(\vec{x},\vec{a}_2\right),$$
$$\left(\vec{a}_1,\vec{a}_3\right)g^1+\left(\vec{a}_2,\vec{a}_3\right)g^2+\left(\vec{a}_3,\vec{a}_3\right)g^3=\left(\vec{x},\vec{a}_3\right).$$

Далее, находим значения попарных скалярных произведений векторов локального базиса на плоскости

$$G^T=\begin{pmatrix}\left(\vec{a}_1,\vec{a}_1\right) & \left(\vec{a}_2,\vec{a}_1\right) & \left(\vec{a}_3,\vec{a}_1\right)\\ \left(\vec{a}_1,\vec{a}_2\right) & \left(\vec{a}_2,\vec{a}_2\right) & \left(\vec{a}_3,\vec{a}_2\right)\\ \left(\vec{a}_1,\vec{a}_3\right) & \left(\vec{a}_2,\vec{a}_3\right) & \left(\vec{a}_3,\vec{a}_3\right)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}18 & 7 & 7\\ 7 & 7 & 1\\ 7 & 1 & 13\end{pmatrix}$$

и записываем СЛАУ в окончательном виде:

$$\begin{cases}18g^1+7g^2+7g^3=20,\\ 7g^1+7g^2+g^3=10,\\ 7g^1+g^2+13g^3=13.\end{cases}$$

Решение Слау ищем по формулам Крамера.

1) Находим определитель основной матрицы:

$$\det\begin{pmatrix} 18 & 7 & 7 \\ 7 & 7 & 1 \\ 7 & 1 & 13 \end{pmatrix} = 738.$$

СЛАУ совместна и определённа.

2) Находим определители, соответствующие каждому неизвестному:

$$\Delta_1 = \det\begin{pmatrix} 20 & 7 & 7 \\ 10 & 7 & 1 \\ 13 & 1 & 13 \end{pmatrix} = -6306,$$

$$\Delta_2 = \det\begin{pmatrix} 18 & 20 & 7 \\ 7 & 10 & 1 \\ 7 & 13 & 13 \end{pmatrix} = 573,$$

$$\Delta_3 = \det\begin{pmatrix} 18 & 7 & 20 \\ 7 & 7 & 10 \\ 7 & 1 & 13 \end{pmatrix} = 471.$$

Записываем решение СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} g^1 \\ g^2 \\ g^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -6306/738 \\ 573/738 \\ 471/738 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1051/123 \\ 191/123 \\ 157/123 \end{pmatrix}.$$

Записываем разложение проекции $\vec{g}_L$ на плоскость по локальному базису:

$$\vec{g}_L = -\frac{1051}{123}\vec{a}_1 + \frac{191}{123}\vec{a}_2 + \frac{157}{123}\vec{a}_3.$$

Теперь находим перпендикуляр:

$$\vec{h}^{\perp} = \vec{x} - \vec{g}_L = -\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3 + 2\vec{e}_4 - \left(-\frac{1051}{123}\vec{a}_1 + \frac{191}{123}\vec{a}_2 + \frac{157}{123}\vec{a}_3\right).$$

Если теперь подставить в последнее равенство разложения векторов $\vec{a}_1,\ \vec{a}_2,\ \vec{a}_3$ по векторам ортонормированного базиса $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4$, то получим вектор $\vec{h}$ – перпендикуляр, опущенный из конца наклонной $\vec{g}_L$ на плоскость H^3. $\otimes$

Пример 2.2.4. Записать матрицу оператора $\hat{P}^{\perp}_{x^1ox^2}$ ортогонального проектирования на координатную плоскость X^1OX^2 в пространстве R^3.

Р е ш е н и е. Этот оператор любому вектору пространства R^3 ставит в соответствие его проекцию на координатную плоскость X^1OX^2 параллельно координатной оси OX^3. Согласно изложенной выше теории, оператор $\hat{P}^{\perp}_{x^1ox^2}$ является прямой суммой единичного оператора

$$\hat{I}_{x^1ox^2} : R^2_{x^1ox^2} \to R^2_{x^1ox^2}$$

и нулевого оператора

$$\hat{O}_{ox^3} : R^1_{ox^3} \to R^1_{ox^3}.$$

На главной диагонали его матрицы расположены 2×2 клетка вида

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

и 1×1 клетка вида $\boxed{0}$. Остальные элементы равны нулю:

$$P^{\perp}_{x^1ox^2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Легко видеть, что оператор $\hat{P}^{\perp}_{x^1ox^2}$ является самосопряжённым.

Найдём, например, проекцию вектора $\vec{x}$ из предыдущей задачи на координатную плоскость X^1OX^2. Запишем для этого образ вектора

$$\vec{x} = 3\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3$$

при действии оператора $\hat{P}^{\perp}_{x^1ox^2}$ в координатной форме

$$P^{\perp}_{x^1 o x^2}\left|x\right\rangle = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Результат, очевидно, совпадает с результатом предыдущей задачи. $\otimes$

Практическое занятие 3

Квадратичные формы. Поверхности второго порядка

Пример 2.3.1. Привести квадратичную форму, имеющую в пространстве R^3 вид

$$\varphi\left(\vec{x},\vec{x}\right) = 3(x^2)^2 + 3(x^3)^2 + 4x^1x^2 + 4x^1x^3 - 2x^2x^3,$$

к каноническому виду ортогональным преобразованием.

Р е ш е н и е. Вид квадратичной формы задан в базисе

$$\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3 \subset R^3.$$

Запишем симметричную матрицу квадратичной формы, для чего слагаемые с перекрёстными произведениями представим в виде суммы двух равных слагаемых:

$$\varphi\left(\vec{x},\vec{x}\right) =$$

$$= 3(x^2)^2 + 3(x^3)^2 + (x^1x^2 + 2x^2x^1) + (x^1x^3 + 2x^3x^1) - (x^2x^3 + x^3x^2) =$$

$$= 2x^1x^2 + 2x^1x^3 + 2x^2x^1 + 3(x^2)^2 - x^2x^3 + 2x^3x^1 - x^3x^2 + 3(x^3)^2.$$

Теперь матрица квадратичной формы принимает вид:

$$\Phi\left(\vec{x},\vec{x}\right) = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & -1 \\ 2 & -1 & 3 \end{pmatrix}.$$

Запишем характеристическое уравнение:

$$\begin{vmatrix} -\mu & 2 & 2 \\ 2 & 3-\mu & -1 \\ 2 & -1 & 3-\mu \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow \mu^3 - 6\mu^2 + 32 = 0.$$

Корни характеристического уравнения $\mu_1 = -2,\ \mu_{2,3} = 4.$

Чтобы построить матрицу ортогонального преобразования найдём собственные векторы этого оператора. Для этого решим следующие системы линейных алгебраических уравнений.

1) Случай $\mu_1 = -2$. Система уравнений записывается в виде:

$$\begin{cases} 2x^1 + 2x^2 + 2x^3 = 0, \\ 2x^1 + 5x^2 - x^3 = 0, \\ 2x^1 - x^2 + 5x^3 = 0. \end{cases}$$

Решением этой системы уравнений является вектор-столбец

$$|x\rangle = \begin{pmatrix} -2a \\ a \\ a \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, первый собственный вектор

$$\vec{x}_1 = -2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3.$$

2) Случай $\mu_{2,3} = 4$. Система уравнений записывается в виде:

$$\begin{cases} -4x^1 + 2x^2 + 2x^3 = 0, \\ 2x^1 - x^2 - x^3 = 0, \\ 2x^1 - x^2 - x^3 = 0. \end{cases}$$

Решением этой системы уравнений является вектор-столбец

$$|x\rangle = \begin{pmatrix} \frac{a+b}{2} \\ a \\ b \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} 1/2 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + b \begin{pmatrix} 1/2 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, второй и третий собственные векторы

$$\vec{x}_2 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_2, \quad \vec{x}_3 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_3.$$

Векторы $\vec{x}_2$ и $\vec{x}_3$ ортогональны вектору $\vec{x}_1$, но не ортогональны между собой. Для ортогонализации системы собственных векторов применим алгоритм ортогонализации Шмидта. Положим

$$\vec{g}_1 = \vec{x}_1, \quad \vec{g}_2 = \vec{x}_2, \quad \vec{g}_3 = \vec{x}_3 + \alpha \vec{x}_2.$$

Так как должно быть $\left(\vec{g}_2, \vec{g}_3\right) = 0$, то

$$\left(\vec{x}_2,\ \vec{x}_3+\alpha\,\vec{x}_2\right)=0,\ \left(\vec{x}_2,\ \vec{x}_3\right)+\alpha\left(\vec{x}_2,\ \vec{x}_2\right)=0.$$

Откуда

$$\frac{1}{4}+\frac{5}{4}\alpha=0,\ \alpha=-\frac{1}{5}.$$

Приходим к ортогональной системе собственных векторов ассоциированного оператора:

$$\vec{g}_1=-2\vec{e}_1+\vec{e}_2+\vec{e}_3,\ \vec{g}_2=\frac{1}{2}\vec{e}_1+\vec{e}_2,\ \vec{g}_3=\frac{2}{5}\vec{e}_1-\frac{1}{5}\vec{e}_2+\vec{e}_3,$$

$$\left\|\vec{g}_1\right\|=\sqrt{6},\ \left\|\vec{g}_2\right\|=\frac{\sqrt{5}}{2},\ \left\|\vec{g}_3\right\|=\frac{\sqrt{30}}{5}.$$

Нормируя эту систему, получаем:

$$\vec{h}_1=-\frac{2}{\sqrt{6}}\vec{e}_1+\frac{1}{\sqrt{6}}\vec{e}_2+\frac{1}{\sqrt{6}}\vec{e}_3,$$

$$\vec{h}_2=\frac{1}{\sqrt{5}}\vec{e}_1+\frac{2}{\sqrt{5}}\vec{e}_2,$$

$$\vec{h}_3=\frac{2}{\sqrt{30}}\vec{e}_1-\frac{1}{\sqrt{30}}\vec{e}_2+\frac{5}{\sqrt{30}}\vec{e}_3.$$

Матрица ортогонального преобразования

$$A=\begin{pmatrix}-\frac{2}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}}\\ \frac{1}{\sqrt{5}} & \frac{2}{\sqrt{5}} & 0\\ \frac{2}{\sqrt{30}} & -\frac{1}{\sqrt{30}} & \frac{5}{\sqrt{30}}\end{pmatrix}$$

осуществляет переход между ортонормированными базисами

$$\vec{e}_1,\vec{e}_2,\vec{e}_3\ \Rightarrow\ \vec{h}_1,\vec{h}_2,\vec{h}_3$$

и, следовательно, является ортогональной. Учитывая, что для ортогональной матрицы выполняется условие

$$A^{-1}=A^T,$$

Запишем формулу преобразования матрицы квадратичной формы при переходе от старого базиса к новому базису:

$$\Phi' = \begin{pmatrix} -\frac{2}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{5}} & \frac{2}{\sqrt{5}} & 0 \\ \frac{2}{\sqrt{30}} & -\frac{1}{\sqrt{30}} & \frac{5}{\sqrt{30}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & -1 \\ 2 & -1 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\frac{2}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{5}} & \frac{2}{\sqrt{5}} & 0 \\ \frac{2}{\sqrt{30}} & -\frac{1}{\sqrt{30}} & \frac{5}{\sqrt{30}} \end{pmatrix}^T.$$

Проводя вычисления, получаем

$$\Phi' = \begin{pmatrix} -2 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 \end{pmatrix}.$$

Обозначая координаты в базисе $\vec{h}_1, \vec{h}_2, \vec{h}_3$ как y^1, y^2, y^3, запишем канонический вид квадратичной формы

$$\phi\left(\vec{x}, \vec{x}\right) = -2\ y^{1\ 2} + 4\ y^{2\ 2} + 4\ y^{3\ 2}. \otimes$$

Пример 2.3.2. Найти значения параметра λ, при которых является положительно определённой квадратичная форма

$$\varphi\left(\vec{x}, \vec{x}\right) = 4\left(x^1\right)^2 + 2x^1x^2 + \left(x^2\right)^2 + 4x^1x^3 - 6x^2x^3 + \lambda\left(x^3\right)^2.$$

Р е ш е н и е. Выпишем матрицу квадратичной формы:

$$\Phi = \begin{pmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & -3 \\ 2 & -3 & \lambda \end{pmatrix}.$$

Находя её главные миноры и применяя критерий Сильвестра, имеем:

$$M_1 = \varphi_{11} = 4 > 0;$$

$$M_2 = \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 1 \end{vmatrix} = 3 > 0;$$

$$M_3 = \begin{vmatrix} 4 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & -3 \\ 2 & -3 & \lambda \end{vmatrix} = 3\lambda - 52 > 0.$$

Следовательно, $\lambda > \frac{52}{3}$. $\otimes$

Пример 2.3.3. Выяснить, какую линию на плоскости описывает уравнение

$$x_1^2 + 2x_1 + x_2^2 - 4x_2 = 0.$$

Р е ш е н и е. Уравнение перепишем в виде

$$(x_1 + 1)^2 + (x_2 - 2)^2 = 5.$$

Вводим новые координаты по формулам

$$x_{1'} = x_1 + 1,\ x_{2'} = x_2 - 1.$$

Эти формулы описывают параллельный перенос начала системы координат в точку $O'(-1; 2)$, в которой уравнение принимает вида

$$x_{1'}^2 + x_{2'}^2 = 5.$$

Это уравнение, очевидно, описывает окружность с центром в точке $O'(-1; 2)$ радиуса $R = \sqrt{5}$. $\otimes$

Пример 2.3.4. Какую линию описывает уравнение

$$x_2 = 1 - \sqrt{11 - 4x_1 - x_1^2}\ .$$

Р е ш е н и е. Уравнение переписываем в виде

$$x_2 - 1 = -\sqrt{11 - 4x_1 - x_1^2}$$

и возводим обе части в квадрат (приобретаем новые корни)

$$(x_2 - 1)^2 = 11 - 4x_1 - x_1^2.$$

Преобразуем уравнение, выделяя полный квадрат:

$$x_1^2 + 4x_1 + 4 + (x_2 - 1)^2 = 15,$$

$$(x_1 + 2)^2 + (x_2 - 1)^2 = 15.$$

Это уравнение описывает часть окружности с центром в точке $O'(-2; 1)$ радиуса $R = \sqrt{15}$, лежащую ниже новой горизонтальной оси с уравнением $x_2 = 1$. $\otimes$

Пример 2.3.5. Какую линию на плоскости описывает уравнение

$$x_1^2 - 4x_1 + x_2^2 - 2x_2 + 5 = 0.$$

Р е ш е н и е. Уравнение запишем в виде

$$(x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2 = 0.$$

Это уравнение описывает точку $M(2; 1)$. $\otimes$

Пример 2.3.6. Какую линию на плоскости описывает уравнение

$$100x_1^2 + 25x_2^2 + 200x_1 - 100x_2 - 200 = 0.$$

Р е ш е н и е. Уравнение переписываем в виде

$$100(x_1 + 1)^2 + 25(x_2 - 2)^2 = 400$$

и делим обе части на 400:

$$\frac{(x_1+1)^2}{4}+\frac{(x_2-2)^2}{16}=1.$$

Это каноническое уравнение эллипса с центром в точке $O'(-1;2)$ и полуосями $a=2$ и $b=4$. $\otimes$

Пример 2.3.7. Какую линию на плоскости описывает уравнение

$$x_1=-2\sqrt{-5-6x_2-x_2^2}\,.$$

Р е ш е н и е. Уравнение преобразуем к виду

$$x_1^2+4(x_2+3)^2=16,$$

возводя обе части в квадрат. Делим обе части на 16:

$$\frac{x_1^2}{16}+\frac{(x_2+3)^2}{4}=1.$$

Уравнение описывает часть эллипса с центром в точке $O'(0;-3)$ и полуосями $a=4$ и $b=2$, лежащую слева относительно оси OX_2. $\otimes$

Пример 2.3.8. Линия второго порядка задана в каноническом (ортонормированном) базисе $\left\{\vec{e}_1,\vec{e}_2\right\}\subset R^2$ уравнением

$$11(x^1)^2-20x^1x^2-4(x^2)^2-20x^1-8x^2+1=0.$$

Привести уравнение линии к каноническому виду и определить её тип.

Р е ш е н и е. Рассмотрим квадратичную форму

$$\varphi\left(\vec{x},\vec{x}\right)=11(x^1)^2-20x^1x^2-4(x^2)^2=$$

$$=11(x^1)^2-10x^1x^2-10x^2x^1-4(x^2)^2$$

Матрица квадратичной формы имеет вид

$$\Phi=\begin{pmatrix}11 & -10\\ -10 & -4\end{pmatrix}.$$

Квадратичной форме $\varphi\left(\vec{x},\vec{x}\right)$ ставим в соответствие симметрический оператор $\hat{T}$ с матрицей $T=\Phi$ и записываем характеристическое уравнение:

$$\det\begin{pmatrix}t_1^1-\mu & t_2^1\\ t_1^2 & t_2^2-\mu\end{pmatrix}=0\Rightarrow\begin{vmatrix}11-\mu & -10\\ -10 & -4-\mu\end{vmatrix}=0\Rightarrow$$

$$\mu^2-7\cdot\mu-144=0.$$

Корни характеристического уравнения $\mu_1 = -9$ и $\mu_2 = 16$. Находим собственные векторы оператора $\hat{T}$, соответствующие собственным значениям $\mu_1 = -9$ и $\mu_2 = 16$, для чего решаем две однородные СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} 20 & -10 \\ -10 & 5 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} 20x^1 - 10x^2 = 0, \\ -10x^1 + 5x^2 = 0, \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} -5 & -10 \\ -10 & -20 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} -5x^1 - 10x^2 = 0, \\ -10x^1 - 20x^2 = 0. \end{cases}$$

Фундаментальная система решений первой СЛАУ приводит к первому собственному вектору

$$\vec{x}_1 = \frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_2,$$

а фундаментальная система решений второй – ко второму собственному вектору

$$\vec{x}_2 = -2\vec{e}_1 + \vec{e}_2.$$

Эти векторы ортогональны, но не нормированы. Нормируем их:

$$\vec{a}_1 = \frac{1}{\left\|\vec{x}_1\right\|}\vec{x}_1 = \frac{2}{\sqrt{5}}\left(\frac{1}{2}\vec{e}_1 + \vec{e}_2\right) = \frac{1}{\sqrt{5}}\vec{e}_1 + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{e}_2;$$

$$\vec{a}_2 = \frac{1}{\left\|\vec{x}_2\right\|}\vec{x}_2 = \frac{1}{\sqrt{5}}\left(-2\vec{e}_1 + \vec{e}_2\right) = -\frac{2}{\sqrt{5}}\vec{e}_1 + \frac{1}{\sqrt{5}}\vec{e}_2.$$

Матрица перехода от старого базиса к новому базису имеет вид:

$$A = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} & 2/\sqrt{5} \\ -2/\sqrt{5} & 1/\sqrt{5} \end{pmatrix}.$$

Преобразование от нового базиса к старому осуществляется при помощи обратной матрицы, которая в силу ортогональности матрицы A равна транспонированной к ней, то есть

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} & -2/\sqrt{5} \\ 2/\sqrt{5} & 1/\sqrt{5} \end{pmatrix}.$$

Координаты в новом базисе выражаются через координаты в старом базисе при помощи матрицы

$$\left(A^{-1}\right)^T = \left(A^T\right)^T = A,$$

обратный переход от новых координат к старым производится при помощи матрицы A^{-1}. Имеем:

$$\begin{pmatrix} y^1 \\ y^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} & 2/\sqrt{5} \\ -2/\sqrt{5} & 1/\sqrt{5} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} & -2/\sqrt{5} \\ 2/\sqrt{5} & 1/\sqrt{5} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y^1 \\ y^2 \end{pmatrix}.$$

В базисе $\left\{ \vec{a}_1, \vec{a}_2 \right\}$ квадратичная форма приводится к каноническому виду

$$\mu_1 (y^1)^2 + \mu_2 (y^2)^2 = -9(y^1)^2 + 16(y^2)^2.$$

Линейные слагаемые преобразуются так:

$$-20x^1 = -\frac{20}{\sqrt{5}} y^1 + \frac{40}{\sqrt{5}} y^2;$$

$$-8x^2 = -\frac{16}{\sqrt{5}} y^1 - \frac{8}{\sqrt{5}} y^2.$$

Подстановка в уравнение приводит его к виду:

$$-9(y^1)^2 + 16(y^2)^2 - \frac{36}{\sqrt{5}} y^1 + \frac{32}{\sqrt{5}} y^2 + 1 = 0.$$

Выделяя полный квадрат по y^1, y^2 и приводя подобные члены, получаем каноническое уравнение линии в виде

$$-9\left(y^1 + \frac{2}{\sqrt{5}} \right)^2 + 16\left(y^2 + \frac{1}{\sqrt{5}} \right)^2 + 5 = 0,$$

Откуда совершая параллельный перенос, то есть полагая

$$z^1 = y^1 + \frac{2}{\sqrt{5}}, \quad z^2 = y^2 + \frac{1}{\sqrt{5}},$$

окончательно имеем:

$$\frac{(z^1)^2}{5/9} - \frac{(z^2)^2}{5/16} = 1.$$

Получили каноническое уравнение линии второго порядка – гиперболы. Отметим, что матрица

$$A = \begin{pmatrix} 1/\sqrt{5} & 2/\sqrt{5} \\ -2/\sqrt{5} & 1/\sqrt{5} \end{pmatrix}$$

перехода от старого базиса к новому базису является матрицей оператора (аффинора) поворота системы координат на такой угол φ, что $\cos\varphi = 1/\sqrt{5}$ и $\sin\varphi = 2/\sqrt{5}$. Далее, в соответствии с формулами

$$z^1 = y^1 + \frac{2}{\sqrt{5}},\ z^2 = y^2 + \frac{1}{\sqrt{5}},$$

осуществляется параллельный перенос начала системы координат в новое положение – точку с координатами $O'\left(-\frac{2}{\sqrt{5}}, -\frac{1}{\sqrt{5}}\right)$. $\otimes$

Пример 2.3.9. Поверхность второго порядка задана в каноническом (ортонормированном) базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right\} \subset R^3$ уравнением

$$3x_2^2 + 3x_3^2 + 4x_1x_2 + 4x_1x_3 - 2x_2x_3 - 12\sqrt{30}x_1 -$$
$$-14\sqrt{30}x_2 + 2\sqrt{30}x_3 + 506 = 0.$$

Привести уравнение поверхности к каноническому виду и определить её тип.

Р е ш е н и е. Рассмотрим квадратичную форму

$$\varphi\left(\vec{x}, \vec{x}\right) = 3x_2^2 + 3x_3^2 + 4x_1x_2 + 4x_1x_3 - 2x_2x_3.$$

Матрица квадратичной формы

$$\Phi = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 2 & 3 & -1 \\ 2 & -1 & 3 \end{pmatrix}.$$

Собственные значения ассоциированного оператора $\mu_1 = -2,\ \mu_{2,3} = 4$. Собственные векторы

$$\vec{x}_1 = -\frac{2}{\sqrt{6}}\vec{e}_1 + \frac{1}{\sqrt{6}}\vec{e}_2 + \frac{1}{\sqrt{6}}\vec{e}_3,$$
$$\vec{x}_2 = \frac{1}{\sqrt{5}}\vec{e}_1 + \frac{2}{\sqrt{5}}\vec{e}_2 + 0\,\vec{e}_3,$$
$$\vec{x}_3 = \frac{2}{\sqrt{30}}\vec{e}_1 - \frac{1}{\sqrt{30}}\vec{e}_2 + \frac{5}{\sqrt{30}}\vec{e}_3.$$

Это ортонормированная система. Матрица перехода от старого базиса к новому базису получается непосредственно из приведённых разложений:

$$A=\begin{pmatrix} -2/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} \\ 1/\sqrt{5} & 2/\sqrt{5} & 0 \\ 2/\sqrt{30} & -1/\sqrt{30} & 5/\sqrt{30} \end{pmatrix}$$

и является ортогональной ($A^{-1}=A^{T}$).

Преобразование координат осуществляется с помощью матрицы A

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} -2/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} & 1/\sqrt{6} \\ 1/\sqrt{5} & 2/\sqrt{5} & 0 \\ 2/\sqrt{30} & -1/\sqrt{30} & 5/\sqrt{30} \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_{1'} \\ x_{2'} \\ x_{3'} \end{pmatrix}$$

и приводит квадратичную форму к виду

$$\varphi\left(\vec{x},\vec{x}\right)=4x_{1'}^2-2x_{2'}^2+4x_{3'}^2.$$

Линейные члены преобразуются так:

$$-12\sqrt{30}x_1-14\sqrt{30}x_2+2\sqrt{30}x_3=-40\sqrt{6}x_{1'}+12\sqrt{5}x_{2'}.$$

В новой системе координат уравнение поверхности принимает вид:

$$4x_{1'}^2-2x_{2'}^2+4x_{3'}^2-40\sqrt{6}x_{1'}+12\sqrt{5}x_{2'}+506=0.$$

Выделяя полные квадраты, приводим уравнение к виду

$$4\left(x_{1'}-5\sqrt{6}\right)^2-2\left(x_{2'}-3\sqrt{5}\right)^2+4x_{3'}^2-4=0.$$

Вводя обозначения $y_1=x_{1'}-5\sqrt{6}$, $y_2=x_{2'}-3\sqrt{5}$, $y_3=x_{3'}$, получаем следующий вид уравнения:

$$y_1^2-\frac{y_2^2}{2}+y_3^2=1.$$

Получили уравнение однополостного гиперболоида. ⊗

Задания для самостоятельной работы

Собственные значения и собственные векторы

1. Найти собственные значения и собственные подпространства линейного оператора

$$\hat{A}: R^3 \to R^3,$$

имеющего в каноническом базисе пространства $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\right\} \subset R^3$ матрицу:

1) $A = \begin{pmatrix} -1 & -5 & 2 \\ -1 & -2 & -1 \\ 4 & 5 & 1 \end{pmatrix}$; 2) $B = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix}$; $C = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 0 \\ 3 & 1 & 4 \\ 0 & 4 & 1 \end{pmatrix}$.

2. Найти собственные значения и собственные подпространства линейного оператора $\hat{A}: R^3 \to R^3$, действие которого задано приведёнными ниже координатные равенства: $\left(\forall \vec{x} \in R^3\right)$

1) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 \\ 2x^2 \\ 3x^3 \end{pmatrix}$;

2) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 \\ x^1 + x^2 \\ x^1 + x^2 + x^3 \end{pmatrix}$;

3) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 - x^2 \\ 0 \\ x^1 + x^2 \end{pmatrix}$;

4) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$;

5) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix}$;

6) $A\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \\ x^3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x^1 \\ 0 \\ x^3 \end{pmatrix}$.

3. Линейный оператор $\hat{T} : E^3 \to E^3$ в некотором ортонормированном базисе $\left\{ \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3 \right\}$ задан матрицей:

1) $T = \frac{1}{3}\begin{pmatrix} 2 & 2 & -1 \\ 2 & -1 & 2 \\ -1 & 2 & 2 \end{pmatrix}$; 2) $T = \begin{pmatrix} 17 & -8 & 4 \\ -8 & 17 & -4 \\ 4 & -4 & 11 \end{pmatrix}$;

3) $T = \begin{pmatrix} 1 & 2 & -4 \\ 2 & -2 & -2 \\ -4 & -2 & 1 \end{pmatrix}$; 4) $T = \begin{pmatrix} 5 & -2 & 4 \\ -2 & 8 & 2 \\ 4 & 2 & 5 \end{pmatrix}$.

Построить в пространстве E^3 ортонормированный базис собственных векторов оператора $\hat{T}$ и записать матрицу оператора $\hat{T}$ в этом базисе.

Инвариантные подпространства

1. Пусть в пространстве зафиксирован канонический базис

$$\left\{ \vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3 \right\} \subset R^3$$

и пусть дан некоторый линейный оператор $\hat{A} : R^3 \to R^3$. Показать, что линейные оболочки следующего вида

$$L\left\{ \vec{e}_1 \right\}, L\left\{ \vec{e}_2 \right\}, L\left\{ \vec{e}_3 \right\}, L\left\{ \vec{e}_1, \vec{e}_2 \right\}, L\left\{ \vec{e}_1, \vec{e}_3 \right\}, L\left\{ \vec{e}_2, \vec{e}_3 \right\}$$

являются инвариантными подпространствами относительно оператора $\hat{A}$.

2. Пусть подпространства $L_1 \subset X^n$ и $L_2 \subset X^n$ инвариантны относительно оператора

$$\hat{A}: X^n \to X^n.$$

Показать, что подпространства $L_1 + L_2$ и $L_1 \bigcap L_2$ также инвариантны относительно оператора $\hat{A}$.

3. Показать, что если $L \subset X^n$ – инвариантное подпространство оператора

$$\hat{A}: X^n \to X^n,$$

то L является инвариантным подпространством и относительно операторного многочлена

$$\hat{F}\left(\hat{A}\right) = a_0 \hat{I} + a_1 \hat{A} + a_2 \hat{A}^2 + \ldots + a_m \hat{A}^m.$$

4. Пусть $\hat{A}: X^n \to X^n$ – некоторый линейный оператор. Доказать, что если оператор $\hat{A}$ биективный, то его инвариантные подпространства являются инвариантными и относительно оператора $\hat{A}^{-1}$.

5. Пусть $\hat{T}: R^2 \to R^2$ имеет матрицу

$$T = \begin{pmatrix} t_1^1 & t_2^1 \\ t_1^2 & t_2^2 \end{pmatrix}.$$

Найти все инвариантные подпространства оператора $\hat{T}$, если

$$T = \begin{pmatrix} -1 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix}.$$

6. Пусть $\hat{T}: R^3 \to R^3$ имеет матрицу

$$T = \begin{pmatrix} t_1^1 & t_2^1 & t_3^1 \\ t_1^2 & t_2^2 & t_3^2 \\ t_1^3 & t_2^3 & t_3^3 \end{pmatrix}.$$

Найти все инвариантные подпространства оператора $\hat{T}$, если

1) $T = \begin{pmatrix} 2 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 \end{pmatrix}$; 2) $T = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$.

7. Пусть $\hat{T}: R^4 \to R^4$ имеет матрицу

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 & -1 \\ 0 & 1 & 4 & -2 \\ 2 & -1 & 0 & 1 \\ 2 & -1 & -1 & 2 \end{pmatrix}.$$

Найти все собственные значения и собственные подпространства оператора $\hat{T}$.

Показать, что линейная оболочка

$$L\left\{\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2,\ \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + 2\vec{e}_4\right\}$$

является инвариантным подпространством оператора $\hat{T}$.

Геометрия пространства E^n

Задание 1. Получить параметрические и неявные уравнения плоскости $H^m \subset R^n$, проходящей через заданные точки

$A_1(0; 6; 3; 5; 1)$, $A_2(-3; 2; 4; 1; 0)$,

$A_3(6; 1; 4; 3; 2)$, $A_4(-1; 3; -4; 2; -1)$.

Задание 2. Используя критерий Грама линейной зависимости системы векторов в евклидовом пространстве, выяснить вопрос о линейной зависимости системы векторов $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3 \subset R^3$:

1) $\vec{x}_1 = -3\vec{e}_1 + \vec{e}_2 + 5\vec{e}_3$,
$\vec{x}_2 = 6\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3$\$

2) $\vec{x}_1 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3$,
$\vec{x}_2 = 4\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 6\vec{e}_3$,
$\vec{x}_3 = 7\vec{e}_1 + 8\vec{e}_2 + 9\vec{e}_3$.

Задание 3. Используя критерий Грама линейной зависимости системы векторов в евклидовом пространстве, выяснить вопрос о линейной зависимости системы векторов $\vec{x}_1, \vec{x}_2, \vec{x}_3, \vec{x}_4 \subset R^4$:

$\vec{x}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4$,

$$\vec{x}_2 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 - \vec{e}_3 + \vec{e}_4,$$
$$\vec{x}_3 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4,$$
$$\vec{x}_4 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - \vec{e}_3 - \vec{e}_4.$$

Задание 4. Пусть $L^3\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\}$ – линейное многообразие в E^4, а $\vec{x}$ – наклонная к многообразию L^3. Найти наименьший угол между вектором $\vec{x}$ и многообразием L^3, если:

$$\vec{x} = 2\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - \vec{e}_3 + 4\vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_1 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_2 = -\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 3\vec{e}_3 + \vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_3 = \vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 3\vec{e}_4.$$

Задание 5. В ортонормированном базисе $\left\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4\right\}$ пространства E^4 задана система векторов

$$\vec{a}_1 = \vec{e}_1 - 2\vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_2 = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 2\vec{e}_3 + 4\vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_3 = 3\vec{e}_1 - 6\vec{e}_3 - 13\vec{e}_4,$$
$$\vec{a}_4 = -\vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 + 4\vec{e}_3 + 9\vec{e}_4.$$

1) Выяснить, является ли эта система векторов линейно независимой.
2) Найти объём параллелепипеда, построенного на тройке векторов $\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2, \vec{a}_3\right\}$.
3) Используя процесс ортогонализации Шмидта, построить на их основе новый ортонормированный базис пространства R^4.

Задание 6. В пространстве R^5 найти ортонормированный базис ортогонального дополнения линейной оболочки системы векторов:

1) $\vec{a}_1 = 5\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2 + 2\vec{e}_4 + 2\vec{e}_5,$
$\vec{a}_2 = 9\vec{e}_1 + 5\vec{e}_2 + 6\vec{e}_3 - 4\vec{e}_4,$

$\vec{a}_3 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - 6\vec{e}_3 - \vec{e}_5;$

2) $\vec{a}_1 = 4\vec{e}_1 + 10\vec{e}_2 - \vec{e}_3 + 4\vec{e}_4 - 2\vec{e}_5,$

$\vec{a}_2 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 - \vec{e}_3 - 2\vec{e}_4,$

$\vec{a}_3 = 2\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - \vec{e}_3 + \vec{e}_5.$

Задание 7. Систему строк матрицы

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & -2 \\ 2 & 1 & -1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

дополнить двумя строками так, чтобы вся система стала ортогональной.

Задание 8. В пространстве R^4 даны две плоскости H_1 и H_2 с направляющими векторами

$$\left\{\vec{a}_1, \vec{a}_2\right\} \subset H_1$$

и

$$\left\{\vec{b}_1, \vec{b}_2\right\} \subset H_2,$$

соответственно. Найти наименьший угол, образованный векторами первой плоскости с векторами второй плоскости, если:

1) $\vec{a}_1 = \vec{e}_1, \vec{a}_2 = \vec{e}_2,$

$\vec{b}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4, \vec{b}_2 = 2\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 + 5\vec{e}_3 + 2\vec{e}_4;$

2) $\vec{a}_1 = \vec{e}_1, \vec{a}_2 = \vec{e}_2,$

$\vec{b}_1 = \vec{e}_1 + \vec{e}_2 + \vec{e}_3 + \vec{e}_4, \vec{b}_2 = \vec{e}_1 - \vec{e}_2 + \vec{e}_3 - \vec{e}_4$

Задание 9. Выяснить, какую линию на плоскости описывает уравнение:

1) $x_2 = -1 - \frac{3}{5}\sqrt{26 - 2x_1 + x_1^2}$;

2) $x_1 = -4x_2^2 + 8x_2 - 1;$

3) $x_1 = 2 - \sqrt{3 - x_2}$.

Задание 10. Привести к каноническому виду уравнение линии второго порядка:

1) $17x_1^2 + 12x_1x_2 + 8x_2^2 - 80 = 0;$

2) $4x_1x_2 + 3x_2^2 + 16 = 0$.

Задание 11. Привести к каноническому виду уравнение поверхности второго порядка:

1) $2x_1^2 + x_2^2 - 4x_1x_2 - 4x_2x_3 + \frac{4}{3}x_1 - \frac{16}{3}x_2 + \frac{32}{3}x_3 + 10 = 0$;

2) $\alpha x_1 - 3\sqrt{2}x_2 + 2\sqrt{3}x_3 - 7 = 0$,

где $\alpha = 5$ или $\alpha = 0$.

ЧАСТЬ 3. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ ОДНОГО И НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ

Практическое занятие 1. Понятие предела

Определение предела последовательности

Пример 3.1.1. Показать, что $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{n+1}{n}=1.$

Р е ш е н и е. Действительно, для произвольного $\varepsilon>0$ имеем:

$$\left|\frac{n+1}{n}-1\right|<\varepsilon \Rightarrow \left|\frac{n+1}{n}-1\right|=\left|\frac{n+1-n}{n}\right|=\frac{1}{n}<\varepsilon\Rightarrow n>\frac{1}{\varepsilon}.$$

Таким образом, для любого наперёд заданного $\varepsilon>0$ мы нашли номер $n_0=\left[\dfrac{1}{\varepsilon}\right]+1$, такой, что $\forall\, n\ge n_0 \Rightarrow \left|\dfrac{n+1}{n}-1\right|<\varepsilon$, следовательно, 1 является пределом данной последовательности. $\otimes$

Пример 3.3.1.2. Доказать существование предела последовательности с общим членом

$$x_n=\frac{1}{2+1}+\frac{1}{2^2+1}+\frac{1}{2^3+1}+\ldots+\frac{1}{2^n+1}.$$

Р е ш е н и е. Покажем, что данная последовательность монотонна и ограничена. Из формулы общего члена последовательности имеем:

$$x_{n+1}=x_n+\frac{1}{2^{n+1}+1}\Rightarrow x_{n+1}>x_n,$$

то есть последовательность монотонно возрастает и ограничена снизу, например, первым элементом x_1. При любом n, очевидно, $\dfrac{1}{2^n+1}<\dfrac{1}{2^n}$. Последовательность ограничена сверху:

$$x_n=\frac{1}{2+1}+\frac{1}{2^2+1}+\frac{1}{2^3+1}+\ldots+\frac{1}{2^n+1}<\frac{1}{2}+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{2^3}+\ldots+\frac{1}{2^n}=$$

$$=\frac{\cancel{1/}2-\cancel{1/}2^{n+1}}{1-\dfrac{1}{2}}=1-\frac{1}{2^n}<1.$$

Последовательность монотонна и ограничена, следовательно, по критерию сходимости имеет предел. ⊗

Пример 3.3.1.3. Доказать, что последовательность $\{x_n\}$ есть бесконечно малая последовательность, если

1) $x_n = \dfrac{(-1)^{n+1}}{n}$; 2) $x_n = \dfrac{2n}{n^3+1}$; 3) $x_n = \dfrac{1}{n!}$; 4) $x_n = (-1)^n \cdot 0{,}999^n$.

Составить для каждого случая таблицу следующего вида:

ε	0,1	0,001	0,0001	…
n_0				

Р е ш е н и е. 1) По определению

$$(\forall \varepsilon > 0)\ (\exists n_0 \in N)\ (\forall n \geq n_0)\ \left|\frac{(-1)^{n+1}}{n} - 0\right| < \varepsilon.$$

Решаем неравенство:

$$\left|\frac{(-1)^{n+1}}{n}\right| < \varepsilon \Rightarrow \frac{1}{n} < \varepsilon \Rightarrow n > \frac{1}{\varepsilon} \Rightarrow n > \left[\frac{1}{\varepsilon}\right] \Rightarrow n_0 = \left[\frac{1}{\varepsilon}\right] + 1.$$

Таким образом, по произвольному положительному числу ε мы нашли номер $n_0 = n_0(\varepsilon)$ такой, что начиная с этого номера, выполнено определение предела последовательности. Следовательно, последовательность имеет предел, который равен

$$\lim_{n\to\infty} x_n = \lim_{n\to\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} = 0.$$

Таким образом, последовательность является бесконечно малой последовательностью.

Пусть, например, $\varepsilon = 0{,}1$. Тогда

$$n_0 = \left[\frac{1}{1/10}\right] + 1 = 11.$$

И так далее, для указанных в таблице значений ε. Искомая таблица принимает вид:

ε	0,1	0,001	0,0001	…
n_0	11	1001	10001	…

2) По определению

$$(\forall \varepsilon > 0)\ (\exists n_0 \in N)\ (\forall n \geq n_0)\ \left|\frac{2n}{n^3+1} - 0\right| < \varepsilon.$$

Решаем неравенство:

$$\left|\frac{2n}{n^3+1}\right| < \varepsilon \Rightarrow \frac{2n}{n^3} < \varepsilon \Rightarrow \frac{2}{n^2} < \varepsilon \Rightarrow \frac{n^2}{2} > \frac{1}{\varepsilon} \Rightarrow n > \sqrt{\frac{2}{\varepsilon}} \Rightarrow$$

$$n > \left[\sqrt{\frac{2}{\varepsilon}}\right] \Rightarrow n_0 = \left[\sqrt{\frac{2}{\varepsilon}}\right] + 1.$$

Таким образом, по произвольному положительному числу ε мы нашли номер $n_0 = n_0(\varepsilon)$ такой, что начиная с этого номера, выполнено определение предела последовательности. Следовательно, последовательность имеет предел, который равен

$$\lim_{n\to\infty} x_n = \lim_{n\to\infty} \frac{2n}{n^3+1} = 0.$$

Таким образом, последовательность является бесконечно малой последовательностью.

Пусть, например, $\varepsilon = 0{,}1$. Тогда

$$n_0 = \left[\sqrt{\frac{2}{1/10}}\right] + 1 \approx [4{,}472] + 1 = 5.$$

И так далее, для указанных в таблице значений ε. Искомая таблица принимает вид:

ε	0,1	0,001	0,0001	…
n_0	5	46	142	…

Остальные примеры решаются аналогично и предлагаются для самостоятельного решения. ⊗

Вычисление предела последовательности

Пример 3.3.1.4. Найти предел последовательности с общим членом

$$x_n = \frac{2n^2}{n^2-1}.$$

Р е ш е н и е. Преобразуем общий член последовательности:

$$x_n = \frac{2n^2}{n^2-1} = 2 \cdot \frac{n}{n-1} \cdot \frac{n}{n+1} = 2 \cdot \frac{1}{1-\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{1+\frac{1}{n}}.$$

Используя правила действий с пределами последовательностей, имеем:

$$\lim_{n\to\infty} x_n = \lim_{n\to\infty} \frac{2n^2}{n^2-1} = 2 \cdot \frac{1}{1-\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}} \cdot \frac{1}{1+\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{n}} = 2. \otimes$$

Пример 3.3.1.5. Вычислить предел последовательности с общим членом

$$x_n = \frac{(2n+1)\cdot(3n+1)}{n^2}.$$

Р е ш е н и е. Преобразуем общий член последовательности:

$$x_n = \frac{(2n+1)\cdot(3n+1)}{n^2} = \frac{2n+1}{n}\cdot\frac{3n+1}{n} = \left(2+\frac{1}{n}\right)\cdot\left(3+\frac{1}{n}\right).$$

Используя правила действий с пределами, имеем:

$$\lim_{n\to\infty} x_n = \lim_{n\to\infty}\frac{(2n+1)\cdot(3n+1)}{n^2} = \lim_{n\to\infty}\left(2+\frac{1}{n}\right)\cdot\lim_{n\to\infty}\left(3+\frac{1}{n}\right) = 2\cdot 3 = 6.\ \otimes$$

Пример 3.3.1.6. Найти предел последовательности с общим членом

$$x_n = \sqrt{n^2+n}-n.$$

Р е ш е н и е. Имеем неопределённость вида $[\infty-\infty]$. Преобразуем формулу для общего члена:

$$\sqrt{n^2+n}-n = \frac{(\sqrt{n^2+n}-n)(\sqrt{n^2+n}+n)}{\sqrt{n^2+n}+n} = \frac{n}{\sqrt{n^2+n}+n} = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{n}}+1}.$$

Вычисляем предел последовательности:

$$\lim_{n\to\infty}\frac{1}{\sqrt{1+\frac{1}{n}}+1} = \frac{1}{\lim\limits_{n\to\infty}\sqrt{1+\frac{1}{n}}+1} = \frac{1}{2}.\ \otimes$$

Пример 3.3.1.7. Вычислить предел последовательности с общим членом

$$x_n = \frac{1}{1\cdot 2}+\frac{1}{2\cdot 3}+\ldots+\frac{1}{n\cdot(n+1)}.$$

Р е ш е н и е. Преобразуем формулу для общего члена последовательности:

$$x_n = \frac{1}{1\cdot 2}+\frac{1}{2\cdot 3}+\ldots+\frac{1}{n\cdot(n+1)} = \left(1-\frac{1}{2}\right)+\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\right)+\ldots+\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{n+1}\right) =$$

$$= 1-\frac{1}{n+1}.$$

Теперь

$$\lim_{n\to\infty} x_n = \lim_{n\to\infty}\left(\frac{1}{1\cdot 2}+\frac{1}{2\cdot 3}+\ldots+\frac{1}{n\cdot(n+1)}\right) = \lim_{n\to\infty}\left(1-\frac{1}{n+1}\right) = 1.\ \otimes$$

Пример 3.3.1.8 (неперово число e). Показать, что последовательность с общим членом

$$x_n = \left(1+\frac{1}{n}\right)^n$$

сходится, то есть, существует предел

$$\lim_{n\to\infty} x_n \equiv \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n = e.$$

Р е ш е н и е. Приведём значение этого числа, применяемое в обычных расчётах, не требующих слишком большой точности: $e = 2{,}71828\ldots$.

Приступим к строгому исследованию данного предела. Докажем сходимость последовательность $x_n = \left(1+\frac{1}{n}\right)^n$.

Покажем, что

$$(\forall b > -1) \wedge (\forall n \in N) \; (1+b)^n \geq 1+nb.$$

Для этого применим индукцию по n:

1) при $n=1$ имеем $1+b \geq 1+b$, что всегда выполняется;

2) предположим, что $(\forall n = k) \; (1+b)^k \geq 1+kb$;

3) покажем, что $(\forall b > -1) \wedge (n = k+1) \; (1+b)^{k+1} \geq 1+(k+1)b$.

Справедливость заключения следует из цепочки выкладок:

$$(1+b)^{k+1} = (1+b)^k (1+b) \geq (1+b)(1+kb) = 1+kb+b+kb^2 \geq 1+(k+1)b,$$

так как $kb^2 > 0$.

Так как неравенство справедливо при $n=1$, оно справедливо и при любом $n \in N$. Итак, $(\forall b > -1)$ и $(\forall n \in N)$

$$(1+b)^n \geq 1+nb. \qquad (1)$$

Рассмотрим последовательность с общим членом

$$y_n = \left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1}.$$

Для этой последовательности

$$\frac{y_{n-1}}{y_n} = \frac{\left(1+\frac{1}{n-1}\right)^n}{\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1}} = \frac{n^{2n+1}\cdot(n-1)}{(n-1)^n\cdot(n+1)^{n+1}\cdot(n-1)} =$$

$$= \frac{(n^2)^{n+1}\cdot(n-1)}{(n^2-1)^{n+1}\cdot n} = \frac{(n^2-1+1)^{n+1}}{(n^2-1)^{n+1}}\cdot\frac{n-1}{n} =$$

$$= \left(\frac{n^2-1+1}{n^2-1}\right)^{n+1}\cdot\frac{n-1}{n} = \left(1+\frac{1}{n^2-1}\right)^{n+1}\cdot\frac{n-1}{n} \geq \text{ используем } (1)$$

$$\geq \left(1+(n+1)\frac{1}{n^2-1}\right)\cdot\frac{n-1}{n} = \left(1+\frac{1}{n-1}\right)\cdot\frac{n-1}{n} = 1.$$

Таким образом,

$$\forall n \in N \quad \frac{y_{n-1}}{y_n} \geq 1$$

а, следовательно, $y_n \leq y_{n-1}$, то есть, последовательность с общим членом

$$y_n = \left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1}$$

монотонно убывает. Так как

$$\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1} > 1,$$

эта последовательность ограничена снизу. Но тогда по критерию сходимости ограниченной последовательности данная последовательность сходится.

Далее имеем:

$$\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n} = \lim_{n\to\infty}\frac{\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1}}{\left(1+\frac{1}{n}\right)} = \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1},$$

где использовано, что

$$\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)=1.$$

Так как предел в правой части равенства существует

$$\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n+1}=e,$$

то существует и предел левой части. Итак, предел существует и обозначается

$$e=\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n}. \otimes$$

Пример 3.3.1.9. Доказать неравенство Бернулли:

$$(1+x_1)(1+x_2)\ldots(1+x_n)\geq 1+x_1+x_2+\ldots+x_n.$$

Р е ш е н и е. Неравенство справедливо при $n=1,\ 2$, что легко проверяется.

Например, для $n=2$ имеем:

$$(1+x_1)(1+x_2)=1+x_1+x_2+x_1x_2\geq 1+x_1+x_2.$$

Предположим, что неравенство справедливо при $n=k$, то есть

$$(1+x_1)(1+x_2)\ldots(1+x_k)\geq 1+x_1+x_2+\ldots+x_k$$

и покажем, что оно справедливо и при $n=k+1$. Имеем:

$$(1+x_1)(1+x_2)\ldots(1+x_k)(1+x_{k+1})\geq (1+x_1+x_2+\ldots+x_k)(1+x_{k+1})=$$
$$=1+x_1+x_2+\ldots+x_k+x_{k+1}+(1+x_1+x_2+\ldots+x_k+x_k)x_{k+1}\geq$$
$$\geq 1+x_1+x_2+\ldots+x_k+x_{k+1}.$$

По заключению индукции неравенство справедливо при любом $k=n$. $\otimes$

Пример 3.3.1.10. Показать, что если $x > -1$, то

$$(1+x)^n \geq 1+nx \quad (n>1),$$

причём знак равенства имеет место только при $x = 0$.

Р е ш е н и е. Полагая в неравенстве предыдущего примера

$$x_1 = x_2 = \ldots = x_n = x,$$

получаем требуемое неравенство. ⊗

Пример 3.3.1.11. Вычислить предел последовательности с общим членом

$$x_n = n\left[\ln(n+3) - \ln n\right].$$

Р е ш е н и е. Преобразуем формулу для общего члена:

$$x_n = n\left[\ln(n+3) - \ln n\right] = \ln\left(\frac{n+3}{n}\right)^n = 3\cdot\ln\left(1+\frac{1}{n/3}\right)^{n/3}.$$

Переходя к пределу, имеем:

$$\lim_{n\to\infty} x_n = 3\cdot\lim_{n\to\infty}\ln\left(1+\frac{1}{n/3}\right)^{n/3} = 3\cdot\ln e = 3. \otimes$$

Пример 3.3.1.12. Доказать, что последовательность (a^n) является:

1) бесконечно большой последовательностью при $|a| > 1$;

2) бесконечно малой последовательностью при $|a| < 1$.

Р е ш е н и е. 1) Пусть $|a| > 1$. Покажем, что последовательность (a^n) удовлетворяет определению бесконечно большой последовательности, то есть $(\forall A > 0)\ (\exists n_0 \in N)$: $(\forall n \geq n_0)$

$$|a|^n > A. \qquad (1)$$

Зададимся произвольным числом $A > 0$. Для нахождения номера n_0 решим неравенство (1) относительно номера. Получим

$$\log_{|a|}|a|^n > \log_{|a|} A \Rightarrow n > \log_{|a|} A \Rightarrow n > \left[\log_{|a|} A\right].$$

Следовательно, выполнение неравенства (1) начинается с номера

$$n_0 = \left[\log_{|a|} A\right] + 1.$$

Что и требовалось доказать.

2) Пусть $|a| < 1$. Если $a = 0$, то $(\forall n \in N)\ a^n = 0$ и, следовательно, последовательность (a^n) бесконечно малая. Пусть $a \neq 0$. Тогда

$$a^n = \left(\left(\frac{1}{a} \right)^n \right)^{-1}. \qquad (2)$$

Так в этом случае $\frac{1}{|a|} > 1$, то последовательность $\left(\frac{1}{a^n} \right)$ является бесконечно большой последовательностью, последовательность

$$a^n = \left(\left(\frac{1}{a} \right)^n \right)^{-1}$$

– бесконечно малой последовательностью. Поэтому в силу (2) при $|a| < 1$ последовательность (a^n) – бесконечно малая последовательность. $\otimes$

Пример 3.3.1.13. Показать, что если (x_n) – сходящаяся последовательность, а (y_n) – бесконечно большая последовательность, то последовательность

$$(z_n) = (x_n + y_n)$$

– бесконечно большая последовательность.

Р е ш е н и е. Покажем, что

$$(\forall A > 0)\ (\exists n_0 \in N)\ (\forall n \geq n_0)\ |x_n + y_n| > A.$$

В силу критерия сходимости последовательности сходящаяся последовательность (x_n) ограничена, то есть

$$(\exists M > 0)\ (\forall n \in N)\ |x_n| < M. \qquad (1)$$

Пусть задано произвольное $A > 0$. Так как последовательность (y_n) бесконечно большая, то для числа $A + M$

$$(\exists n_0 \in N)\ (\forall n \geq n_0)\ |y_n| > A + M. \qquad (2)$$

Из неравенств (1) и (2) получаем: $|x_n + y_n| \geq |y_n| - |x_n| > A + M - M = A.$

Что и требовалось доказать. $\otimes$

Пример 3.3.1.14. Вычислить предел последовательности с общим членом

$$x_n = \frac{\sqrt{n}}{n+1} \cos n. \qquad (1)$$

Р е ш е н и е. Так как $(\forall x \in R^1)\ |\cos x| < 1$, то последовательность $(\cos n)$ ограничена. Покажем, что последовательность $\left(\frac{\sqrt{n}}{n+1} \right)$ – бесконечно малая последовательность. Действительно,

$$\lim_{n\to\infty}\frac{\sqrt{n}}{n+1}=\lim_{n\to\infty}\frac{\frac{1}{\sqrt{n}}}{1+\frac{1}{n}}=\frac{\lim\limits_{n\to\infty}\frac{1}{\sqrt{n}}}{\lim\limits_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)}=0.$$

По свойствам бесконечно малых последовательностей произведение ограниченной последовательности на бесконечно малую последовательность, то есть последовательность с общим членом (1), является бесконечно малой последовательностью и, следовательно,

$$\lim_{n\to\infty}x_n=\lim_{n\to\infty}\frac{\sqrt{n}}{n+1}\cos n=0.\otimes$$

Непрерывность и предел функции

Пример 3.3.1.15. Вычислить предел функции в точке: $\lim\limits_{x\to 1}\left(x^2+x+5\right)$.

Р е ш е н и е. Выбираем произвольную последовательность значений аргумента $\left(x_n\right)$, сходящуюся к 1, то есть такую, что $\lim\limits_{n\to\infty}x_n=1$. Используем определение по Гейне:

$$\lim_{x\to 1}\left(x^2+x+5\right)=\lim_{n\to\infty}\left(x_n^2+x_n+5\right)=$$

$$=3\lim_{n\to\infty}x_n^2+\lim_{n\to\infty}x_n+\lim_{n\to\infty}5=3+1+5=9.\otimes$$

Пример 3.3.1.16. Показать, что $\lim\limits_{x\to 6}\left(2x-5\right)=7$.

Р е ш е н и е. Выбираем произвольное $\varepsilon>0$. Найдём для него такое $\delta>0$, что из неравенства

$$\left|x-6\right|<\delta\ \Rightarrow\ 6-\delta<x<6+\delta. \qquad (1)$$

будет следовать неравенство

$$\left|\left(2x-5\right)-7\right|<\varepsilon.$$

Производя тождественные преобразования, получаем:

$$\left|\ 2x-5\ -7\right|<\varepsilon\Rightarrow\left|2x-12\right|<\varepsilon\Rightarrow 2\left|x-6\right|<\varepsilon\Rightarrow\left|x-6\right|<\frac{\varepsilon}{2}$$

$$\Rightarrow 6-\frac{\varepsilon}{2}<x<6+\frac{\varepsilon}{2}. \qquad (2)$$

Сравнивая (1) и (2), получаем, что

$$\delta=\frac{\varepsilon}{2}.$$

Последнее и доказывает, что $\lim\limits_{x\to 6}\left(2x-5\right)=7.\otimes$

Пример 3.3.1.17. Показать, что

$$\lim_{x\to 1/3}\frac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}=8.$$

Р е ш е н и е. По определению предела нужно чтобы выполнялось условие:

$$\forall\varepsilon>0\ \exists\delta>0:\ \left|x-\frac{1}{3}\right|<\delta\Rightarrow\left|\frac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}-8\right|<\varepsilon.$$

Решаем неравенство

$$\left|\frac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}-8\right|<\varepsilon\Leftrightarrow\left|\frac{15\left(x-\frac{1}{3}\right)\left(x+\frac{1}{5}\right)}{x-\frac{1}{3}}-8\right|<\varepsilon\Leftrightarrow$$

$$|15x-5|<\varepsilon\Leftrightarrow\frac{1}{3}-\frac{\varepsilon}{15}<x<\frac{1}{3}+\frac{\varepsilon}{15}.$$

Таким образом, как только

$$x\in\left(\frac{1}{3}-\frac{\varepsilon}{15},\frac{1}{3}\right)\cup\left(\frac{1}{3},\frac{1}{3}+\frac{\varepsilon}{15}\right),$$

так сразу

$$\left|\frac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}-8\right|<\varepsilon.$$

Из этого следует, что $\delta=\frac{\varepsilon}{15}$. Итак,

$$\forall\varepsilon>0\ \left|x-\frac{1}{3}\right|<\frac{\varepsilon}{15}\Rightarrow\left|\frac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}-8\right|<\varepsilon,$$

а значит $\lim\limits_{x\to 1/3}\dfrac{15x^2-2x-1}{x-\frac{1}{3}}=8.\otimes$

Пример 3.3.1.18. Найти предел функции в точке: $\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{x^2-3x+2}{3x^2+x-4}$.

Р е ш е н и е. Непосредственно перейти к пределу в числителе и знаменателе нельзя, так как $\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{x^2-3x+2}{3x^2+x-4}=\left[\dfrac{0}{0}\right]$, то есть получаем так называемую ***неопределённость вида*** $\dfrac{0}{0}$. Для «раскрытия» этой неопределённости разложим числитель и знаменатель на множители, предварительно приравняв их к нулю $(x^2-3x+2=0,\ 3x^2+x-4=0)$ и решив соответствующие квадратные уравнения. В результате получаем:

$$\frac{x^2-3x+2}{3x^2+x-4}=\frac{(x-2)(x-1)}{3(x-1)\left(x+\dfrac{4}{3}\right)}.$$

Так как $x\to 1$, но $x\neq 1$, то на множитель $(x-1)$, дающий в пределе $x\to 1$ нуль, можно сократить. В результате получаем:

$$\lim_{x\to 1}\frac{x^2-3x+2}{3x^2+x-4}=\lim_{x\to 1}\frac{(x-2)}{3\left(x+\dfrac{4}{3}\right)}=\frac{1}{3}\cdot\frac{\lim\limits_{x\to 1}(x-2)}{\lim\limits_{x\to 1}\left(x+\dfrac{4}{3}\right)}=-\frac{1}{7}.\ \otimes$$

Пример 3.3.1.19. Пользуясь определением непрерывности по Коши, показать, что функция $f(x)=5x^2+5$ непрерывна в точке $x_0=8$.

Р е ш е н и е. Значение функции в точке $x_0=8$ равно $f(8)=325$. По определению функция будет в точке $x_0=8$ непрерывной, если

$$(\forall\varepsilon>0)\ (\exists\delta>0):\ |x-8|<\delta\Rightarrow|5x^2+5-325|<\varepsilon.$$

Решаем последнее неравенство, чтобы найти промежуток числовой оси M такой, что как только $x\in M$, так сразу $|5x^2+5-325|<\varepsilon$. Имеем:

$$|5x^2+5-325|<\varepsilon\Rightarrow|5x^2-320|<\varepsilon\Rightarrow 64-\frac{\varepsilon}{5}<x^2<64+\frac{\varepsilon}{5}\Rightarrow$$

$$\sqrt{64-\frac{\varepsilon}{5}}<x<\sqrt{64+\frac{\varepsilon}{5}}.$$

Таким образом,

$$x\in\left(\sqrt{64-\frac{\varepsilon}{5}},\sqrt{64+\frac{\varepsilon}{5}}\right)\Rightarrow|(5x^2+5)-325|<\varepsilon,$$

а это и означает, что функция в точке $x_0=8$ непрерывна. $\otimes$

Пример 3.3.1.20. Найти и классифицировать точки разрыва функции

$$f(x)=\begin{cases}2-x, & x\le 0;\\ \cos x, & 0<x<\dfrac{\pi}{2};\\ 0, & x\ge\dfrac{\pi}{2}.\end{cases}$$

Р е ш е н и е. Функция непрерывна в промежутках

$$(-\infty,0),\left(0,\frac{\pi}{2}\right),\left[\frac{\pi}{2},+\infty\right).$$

Исследуем функцию в точках 0 и $\dfrac{\pi}{2}$.

Так как

$$\lim_{x\to 0-0} f(x)=\lim_{x\to 0-0}(2-x)=2,\ \lim_{x\to 0+0} f(x)=\lim_{x\to 0+0}\cos x=1,$$

то $x=0$ является точкой разрыва первого рода, в ней функция испытывает скачок

$$\lim_{x\to 0-0} f(x)-\lim_{x\to 0+0} f(x)=2.$$

Далее имеем:

$$\lim_{x\to\frac{\pi}{2}-0} f(x)=\lim_{x\to\frac{\pi}{2}-0}\cos x=0,\ \lim_{x\to\frac{\pi}{2}+0} f(x)=\lim_{x\to\frac{\pi}{2}+0}0=0.$$

Так как $f\left(\dfrac{\pi}{2}\right)=0$, то

$$\lim_{x\to\frac{\pi}{2}-0} f(x)=\lim_{x\to\frac{\pi}{2}+0} f(x)=f\left(\frac{\pi}{2}\right)$$

и функция в точке $x=\dfrac{\pi}{2}$ непрерывна. Таким образом, функция непрерывна на всей числовой оси R, кроме точки $x=0$, которая является точкой разрыва первого рода. $\otimes$

Пример 3.3.1.21. Найти точки разрыва функции, определённой формулой

$$f(x)=\begin{cases}\dfrac{1}{3x^2-9}, & x\ne 3,\\ 1, & x=3.\end{cases}$$

Если точки разрыва существуют, то дать их классификацию.

Р е ш е н и е. Вычислим односторонние пределы при $x\to 3$:

$$\lim_{x\to 3-0} f(x)=\lim_{x\to 3-0}\frac{1}{3x^2-9}=\frac{1}{18};$$

$$\lim_{x\to 3+0} f(x) = \lim_{x\to 3+0} \frac{1}{3x^2-9} = \frac{1}{18}.$$

Итак, пределы слева и справа существуют, равны, но не равны значению функции в точке $x = 3$:

$$\lim_{x\to 3-0} f(x) = \lim_{x\to 3+0} f(x) = \frac{1}{18} \neq 1.$$

Имеем точку разрыва первого рода, а именно, точку устранимого разрыва. $\otimes$

Пример 3.3.1.22. Вычислить предел

$$\lim_{x\to 0} \frac{2x\cdot \sin x}{1-\cos x}.$$

Р е ш е н и е. Непосредственно вычислить предел нельзя. Поэтому заметим, что

$$\lim_{x\to 0} (2x\cdot \sin x) = 0,\ \lim_{x\to 0} (1-\cos x) = 0.$$

Таким образом, функции в числителе и знаменателе при $x \to 0$ являются бесконечно малыми функциями.

Для нахождения предела их отношения заменим эти функции эквивалентными бесконечно малыми при $x \to 0$ функциями. Вспомним, что

$$\lim_{x\to 0} \frac{\sin x}{x} = 1,$$

то есть, $\sin x \approx x$ при $x \to 0$.

Далее, вспоминая, что $1-\cos x = 2\sin^2 \frac{x}{2}$ и заменяя $\sin \frac{x}{2} \approx \frac{x}{2}$, получим, что

$$1-\cos x = 2\sin^2 \frac{x}{2} \approx 2\frac{x^2}{4} = \frac{x^2}{2}.$$

Теперь предел легко находится как предел отношения эквивалентных бесконечно малых функций:

$$\lim_{x\to 0} \frac{2x\cdot \sin x}{1-\cos x} = \lim_{x\to 0} \frac{2x\cdot x}{x^2/2} = 4. \otimes$$

Практическое занятие 2. Дифференцируемость

Дифференцируемость функции одного переменного

Пример 3. 2.1. Найти производную функцию и дифференциал для функции, определённой формулой

$$f(x) = 4x^5 - 25x^{1/5} - 2\sqrt{x^3} + 7\sqrt[4]{x^{17}}\ .$$

Р е ш е н и е. Для решения задачи используем правило вычисления производной суммы (дифференцируемых) функций, правило вычисления производной функции на число, а также табличную производную $(x^{\alpha})' = \alpha \cdot x^{\alpha-1}$:

$$f'(x) = \left(4x^5 - 25x^{1/5} - 2\sqrt{x^3} + 7\sqrt[4]{x^{16}}\right)' =$$

$$= \left(4x^5 - 25x^{1/5} - 2x^{3/2} + 7x^4\right)' = 20x^4 - 5x^{-4/5} - 3x^{1/2} + \frac{119}{4}x^{\frac{13}{4}} =$$

$$= 20x^4 - \frac{5}{\sqrt[5]{x^4}} - 3\sqrt{x} + \frac{119}{4}\sqrt[4]{x^{13}}.$$

Так как дифференциал функции (в произвольной точке x) $df(x) = f'(x)dx$, то имеем:

$$df(x) = \left(20x^4 + 9x^2 - \frac{5}{\sqrt[5]{x^4}} - 3\sqrt{x} + \frac{119}{4}\sqrt[4]{x^{13}}\right)dx. \otimes$$

Пример 3. 2.2. Найти производную функцию для функции, определённой формулой

$$f(x) = \frac{g_1(x)}{g_2(x)} = \frac{x^2 - 2x + 3}{x^2 + 2x + 5}.$$

Р е ш е н и е. В этом примере следует воспользоваться правилом дифференцирования частного двух (дифференцируемых) функций

$$f'(x) = \left(\frac{g_1}{g_2}\right)'(x) = \frac{g_1'(x) \cdot g_2(x) - g_1(x) \cdot g_2'(x)}{\left[g_2(x)\right]^2},$$

для чего вычислим сначала производные числителя и знаменателя:

$$f'(x) = (x^2 - 2x + 3)' = 2x - 2,\ g'(x) = (x^2 + 2x + 5)' = 2x + 2$$

(здесь мы воспользовались тем, что согласно таблице производных производная постоянной равна нулю, а производная степенной функции вычисляется по формуле $(x^{\alpha})' = \alpha \cdot x^{\alpha-1}$).

Теперь используем правило дифференцирования частного:

$$f'(x) = \left[\frac{g_1(x)}{g_2(x)}\right]' = \frac{g_1'(x) \cdot g_2(x) - g_1(x) \cdot g_2'(x)}{\left[g_2(x)\right]^2} = \left[\frac{x^2 - 2x + 3}{x^2 + 2x + 5}\right]' =$$

$$= \frac{(2x-2)(x^2+2x+5) - (x^2-2x+3)(2x+2)}{(x^2+2x+5)^2} =$$

$$= \frac{4x^2+4x-16}{(x^2+2x+5)^2} = 4\frac{x^2+x-4}{(x^2+2x+5)^2}. \otimes$$

Пример 3. 2.3. Найти производную функцию для функции, определённой формулой

$$f(x) = a^2 \cdot (x-a)(x^2+ax+a^2) + x^2 - 2bx + b^2,$$

и вычислить $f'(6)$ при $a = 3,\ b = 10.$

Р е ш е н и е. Имеем:

$$f'(x) = \left[a^2 \cdot (x-a)(x^2+ax+a^2) + x^2 - 2bx + b^2\right]' =$$

$$= a^2(x^3 - a^3)' + (x^2 - 2bx + b^2)' = 3a^2x^2 + 2(x-b).$$

Далее получаем при $a = 3,\ b = 10$:

$$f'(6) = 3 \cdot 3^2 \cdot 5^2 + 2 \cdot (6-10) = 675 - 10 = 665. \otimes$$

Пример 3. 2.4. Найти производную функцию для функции, определённой формулой

$$f(x) = \frac{x^2 + 2\cos x}{\sin x}.$$

Р е ш е н и е. Используя правило дифференцирования частного двух функций и табличные производные для синуса и косинуса, имеем:

$$f'(x) = \frac{d}{dx}\left[\frac{x^2+2\cos x}{\sin x}\right] = \frac{(2x-2\sin x)\sin x - (x^2+2\cos x)\cos x}{\sin^2 x} =$$

$$= \frac{2x\sin x - x^2\cos x - 2(\sin^2 x + \cos^2 x)}{\sin^2 x} = \frac{2x\sin x - x^2\cos x - 2}{\sin^2 x} =$$

$$= \frac{2x}{\sin x} - x^2\frac{ctgx}{\sin x} - \frac{2}{\sin^2 x}. \otimes$$

Пример 3. 2.5. Найти производную функцию для функции, определённой формулой

$$f(x) = \frac{2x-1}{\sqrt{x^2+1}}.$$

Р е ш е н и е. Используя правило дифференцирования частного двух функций и формулу дифференцирования композиции функций

$$(g \circ f)'(x) = g'(f(x)) \cdot f'(x),$$

имеем:

$$f'(x) = \frac{(x-1)'\sqrt{x^2+1} - (\sqrt{x^2+1})'(x-1)}{(\sqrt{x^2+1})^2} =$$

$$= \frac{2\sqrt{x^2+1} - \frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{x^2+1}}(x^2+1)'(x-1)}{x^2+1} =$$

$$= \frac{2\sqrt{x^2+1} - \frac{1}{2}\frac{1}{\sqrt{x^2+1}}2x(x-1)}{x^2+1} = \frac{2x^2+2-2x^2+x}{(x^2+1)\sqrt{x^2+1}} =$$

$$= \frac{x+2}{(x^2+1)\sqrt{x^2+1}} = \frac{x+2}{(x^2+1)^{3/2}}. \otimes$$

Пример 3. 2.6. Найти производную функцию для функции, действие которой определённо формулой $f(x) = \ln(x+1+\sqrt{x^2+2x+3})$.

Р е ш е н и е. Используя правила рациональных операций с производными функций и табличную производную от логарифма, получаем:

$$f'(x) = \left[\ln(x+1+\sqrt{x^2+2x+3})\right]' =$$

$$= \frac{1}{x+1+\sqrt{x^2+2x+3}} \cdot (x+1+\sqrt{x^2+2x+3})' =$$

$$= \frac{1+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{x^2+2x+3}}\cdot 2\cdot(x+1)}{x+1+\sqrt{x^2+2x+3}} =$$

$$= \frac{x+1+\sqrt{x^2+2x+3}}{(x+1+\sqrt{x^2+2x+3})\cdot(\sqrt{x^2+2x+3})} =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{x^2+2x+3}}. \otimes$$

Пример 3. 2.7. Найти производную функцию для функции, определённой формулой $f(x)=\frac{\ln x}{x}$, и вычислить производные $f'(e), f'\left(\frac{1}{e}\right), f'(e^2)$.

Р е ш е н и е. Сначала находим производную функцию:

$$f'(x)=\frac{d}{dx}\left(\frac{\ln x}{x}\right)'=\frac{\frac{1}{x}\cdot x-\ln x}{x^2}=\frac{1-\ln x}{x^2}.$$

Вычисляем производные в указанных точках:

$$f'(e)=\frac{1-\ln e}{e^2}=0;\ f'\left(\frac{1}{e}\right)=\frac{1-\ln\left(\frac{1}{e}\right)}{\left(\frac{1}{e}\right)^2}=\frac{1+1}{\frac{1}{e^2}}=2e^2;$$

$$f'(e^2)=\frac{1-2\ln e}{(e^2)^2}=\frac{1-2}{e^4}=-e^{-4}.\otimes$$

Пример 3. 2.8. Найти производную функцию $f''(x)$ для функции f, если $f(x)=e^{-x^2}$.

Р е ш е н и е. Используя формулу для нахождения производной сложной функции, имеем:

$$f'(x)=(e^{-x^2})'=e^{-x^2}\cdot(-1)\cdot 2x=-2x\cdot e^{-x^2},$$

$$f''(x)=(-2x\cdot e^{-x^2})'=-2\cdot e^{-x^2}-2x\cdot(-2x\cdot e^{-x^2})=(4x^2-2)\cdot e^{-x^2}=$$

$$=2\cdot(2x^2-1)\cdot e^{-x^2}.\otimes$$

Пример 3. 2.9*. Найти производную функцию $f'''(x)$ для функции f, если $f(x)=x^2\cdot\sin x$.

Р е ш е н и е. Используя формулу для нахождения производной сложной функции, имеем:

$$f'(x)=(x^2\cdot\sin x)'=2x\sin x+x^2\cos x;$$

$$f''(x)=2\sin x+4x\cos x-x^2\sin x;$$

$$f'''(x)=6\cos x-6x\sin x-x^2\cos x.\otimes$$

Логарифмическое дифференцирование

Рассмотрим случай мультипликативных функций, которые могут быть записаны в виде $\forall x \in M$

$$f(x) = g_1^{\alpha_1}(x) g_2^{\alpha_2}(x) \ldots g_m^{\alpha_m}(x),$$

где $M \subset R^1$ – общее множество определения для функций $g_k^{\alpha_k}(x)$, а числа α_k $(k = 1, 2, \ldots, m)$ – показатели степени. Предположим, что функция f удовлетворяет условию

$$\forall x \in M \; f(x) = g_1^{\alpha_1}(x) g_2^{\alpha_2}(x) \ldots g_m^{\alpha_m}(x) > 0.$$

Найти производную функции $f(x)$, очевидно, затруднительно даже для малых $(k = 1, 2, \ldots)$. Поступим следующим образом.

Введём новую функцию:

$$u(x) = \ln f(x) = \ln \left[g_1^{\alpha_1}(x) g_2^{\alpha_2}(x) \ldots g_m^{\alpha_m}(x) \right].$$

Нетрудно видеть, что эта функция имеет вид

$$u(x) = \ln f(x) = \ln \left[g_1^{\alpha_1}(x) g_2^{\alpha_2}(x) \ldots g_m^{\alpha_m}(x) \right] =$$
$$= \alpha_1 \ln g_1(x) + \alpha_2 \ln g_2(x) + \ldots + \alpha_m \ln g_m(x).$$

Дифференцируя функцию

$$u(x) = \ln f(x)$$

с учётом последнего равенства, получаем:

$$u'(x) = \frac{f'(x)}{f(x)} \Rightarrow f'(x) = f(x) u'(x);$$

$$u'(x) = \alpha_1 \frac{g_1'(x)}{g_1(x)} + \alpha_2 \frac{g_2'(x)}{g_2(x)} + \ldots + \alpha_m \frac{g_m'(x)}{g_m(x)}.$$

Из последних двух равенств следует, что

$$f'(x) = f(x) u'(x) =$$
$$= g_1^{\alpha_1}(x) g_2^{\alpha_2}(x) \ldots g_m^{\alpha_m}(x) \left[\alpha_1 \frac{g_1'(x)}{g_1(x)} + \alpha_2 \frac{g_2'(x)}{g_2(x)} + \ldots + \alpha_m \frac{g_m'(x)}{g_m(x)} \right].$$

Выражение

$$u' = (\ln f(x))' = \frac{f'(x)}{f(x)}$$

называется ***логарифмической производной функции*** $f(x)$.

Пример 3. 2.10. Найти производную функцию для функции

$$f(x) = \frac{x}{(x+1)\cdot(x+2)}.$$

Р е ш е н и е. Имеем:

$$u = \ln f = \ln x - \ln(x+1) - \ln(x+2).$$

Далее получаем:

$$u' = \frac{f'(x)}{f(x)} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x+1} - \frac{1}{x+2} = \frac{-(x^2-2)}{x\cdot(x+1)\cdot(x+2)}.$$

Используя формулу для логарифмической производной, имеем

$$f'(x) = f(x)\cdot u'(x) =$$

$$= \frac{x}{(x+1)\cdot(x+2)}\cdot\frac{-(x^2-2)}{x\cdot(x+1)\cdot(x+2)} = \frac{-(x^2-2)}{(x+1)^2\cdot(x+2)^2}. \otimes$$

Пример 3. 2.11***.** Найти производную функцию для функции

$$f(x) = x^2\cdot\sqrt{\frac{2x-1}{x+1}}.$$

Р е ш е н и е. Логарифмируя имеем:

$$u(x) = \ln f(x) = 2\ln x + \frac{1}{2}\ln(2x-1) - \frac{1}{2}\ln(x+1).$$

Откуда получаем

$$u'(x) = \frac{f'(x)}{f(x)} = \frac{2}{x} + \frac{1}{2}\cdot\frac{2}{2x-1} - \frac{1}{2}\cdot\frac{1}{x+1} = \frac{8x^2+7x-4}{2\cdot x\cdot(x+1)\cdot(2x-1)},$$

$$f'(x) = x^2\sqrt{\frac{2x-1}{x+1}}\cdot\frac{8x^2+7x-4}{2\cdot x\cdot(x+1)\cdot(2x-1)} = \frac{x\cdot(8x^2+7x-4)}{2\cdot(x+1)\cdot(2x-1)}\sqrt{\frac{2x-1}{x+1}}. \otimes$$

Дифференцирование функций, заданных неявно

Если функция, определённая формулой $y = f(x)$, задана неявно, то есть посредством уравнения $F(x, y) = 0$, то для нахождения производной функции нужно продифференцировать это уравнение (то есть, обе его части) по x, помня, что $y = f(x)$, и разрешить уравнение относительно y'.

Пример 3. 2.12. Найти первую производную функцию для функции $y = f(x)$, заданной неявно уравнением

$$y = \cos(x + y).$$

Р е ш е н и е. Дифференцируем обе части уравнения

$$y = \cos(x + y),$$

помня, что $y = f(x)$, получаем :

$$y' = (\cos(x + y))' = -\sin(x + y) \cdot (1 + y'),$$

откуда имеем $y' = \dfrac{-\sin(x + y)}{1 + \sin(x + y)}$. ⊗

Пример 3. 2.13. Найти вторую производную функцию для функции $y = f(x)$, заданной неявно уравнением

$$y^3 - 3y + 3x = 1.$$

Р е ш е н и е. Дифференцируя по x обе части уравнения, имеем

$$3y^2 y' - 3y' + 3 = 0 \Rightarrow y^2 y' - y' + 1 = 0,$$

откуда

$$y' = \frac{1}{1 - y^2}.$$

Дифференцируя ещё раз, получаем

$$2yy'\, y' + y^2 y'' - y'' = 0,$$

откуда имеем

$$y'' = \frac{2y(y')^2}{1 - y^2}.$$

Заменяя y' полученным выше выражением, получаем окончательно:

$$y'' = \frac{2y(y')^2}{1-y^2} = \frac{2y}{(1-y^2)^3}. \otimes$$

Дифференцирование функций, заданных параметрически

Пусть функция $y = f(x)$ задана параметрически, то есть

$$\begin{cases} y = \psi(t), \\ x = \varphi(t). \end{cases}$$

Тогда

$$dy = \psi'(t)dt,\ dx = \varphi'(t)dt,$$

откуда имеем:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\psi'(t)}{\varphi'(t)}\ \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{d}{dt}\left(\frac{dy}{dx}\right)}{\frac{dx}{dt}} = \frac{\frac{d}{dt}\left(\frac{\psi'(t)}{dx}\right)}{\varphi'(t)}.$$

Пример 3. 2.14. Найти первую и вторую производную функцию для функции y, заданной параметрически

$$\begin{cases} y = t^2 - 1, \\ x = t^3 + 5. \end{cases}$$

Р е ш е н и е. Непосредственно находим:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y'(t)}{x'(t)} = \frac{2}{3t^2};\ \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\frac{d}{dt}\left(\frac{dy}{dx}\right)}{\frac{dx}{dt}} = \frac{\frac{d}{dt}\left(\frac{2}{3t^2}\right)}{2t} = -\frac{2}{3t^2}.$$

Так как из второго уравнения для x имеем $t = \sqrt[3]{x-5}$, отсюда получаем:

$$y_x'' = \frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{2}{3\cdot\sqrt[3]{(x-5)^2}}. \otimes$$

Пример 3. 2.15*. Найти первую производную функцию для функции y, заданной параметрически

$$\begin{cases} y = 3\sin t, \\ x = 3\cos t. \end{cases}$$

Р е ш е н и е. Имеем: $\dfrac{dy}{dx} = \dfrac{y'_t}{x'_t} = -\dfrac{3\cos t}{3\sin t} = -ctgt$. $\otimes$

Понятие дифференциала функции. Приближённые вычисления

Пример 3. 2.16. Найти дифференциал функции, определённой формулой

$$y(x) = \frac{3 \cdot \cos x}{2x+1}.$$

Р е ш е н и е. Находим дифференциал функции y, используя определение:

$$dy = y'(x)dx = -3\frac{2x\sin x + \sin x + 2\cos x}{(2x+1)^2}dx. \otimes$$

Пример 3. 2.17. Найти дифференциал функции, определённой формулой

$$y(x) = e^{x^3}.$$

Р е ш е н и е. Путём непосредственного дифференцирования получаем:

$$dy = y'(x)dx = \left(e^{x^3}\right)' = 3x^2 e^{x^3}dx. \otimes$$

Пример 3. 2.18. Найти дифференциалы первого, второго и третьего порядков функции, определённой формулой

$$y = f(x) = (x^2 - 3)^5.$$

Р е ш е н и е. Для первого дифференциала имеем:

$$df(x) = 5 \cdot (x^2 - 3)^4 \cdot 4x \cdot dx = 20x(x^2 - 3)^4 dx.$$

Аналогично, для второго и третьего дифференциалов получаем:

$$d^2 f(x) = \left|20x(x^2 - 3)^4\right|' (dx)^2 = 60 \cdot (x^2 - 3)^3 (6 \cdot x^2 - 1) \cdot (dx)^2;$$

$$d^3 f(x) = \left|12 \cdot x \cdot (x^2 - 3)^2 \cdot (6x^2 - 1) + 12 \cdot x \cdot (x^2 - 3)^3 \cdot (dx)^3\right| =$$

$$= 720x \cdot (x^2 - 3)^2 \cdot (x^2 - 4) \cdot (dx)^3 =$$

$$= 2880 \cdot x \cdot (x^2 - 3)^2 \cdot (x^2 - 1) \cdot (dx)^3. \otimes$$

Пример 3. 2.19. Вычислить приближённо $\sin 32^0$.

Р е ш е н и е. Используя приближённую формулу

$$f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x - x_0),$$

получаем:

$$f(x) \approx f(x_0) + \frac{df}{dx}(x_0)\cdot(x - x_0) = f(x_0) + df(x_0).$$

Определяя функцию f формулой $f(x) = \sin x$, видим, что нам нужно вычислить значение $f(x)$ в точке $x = 32^0$ при $x_0 = 30^0$, или в радианах $x = \frac{\pi}{180}\cdot 32$, $x_0 = \frac{\pi}{6}$. Учитывая, что $\frac{d\sin(x)}{dx} = \cos x$, имеем:

$$\sin x \approx \sin x_0 + \cos x_0 \cdot (x - x_0),$$

или

$$\sin 32^0 \approx \sin\frac{\pi}{6} + \cos\frac{\pi}{6}\cdot\left(\frac{32}{180}\cdot\pi - \frac{\pi}{6}\right) =$$

$$= \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}\cdot\frac{\pi}{90} \approx 0{,}5 + \frac{1{,}73\cdot 3{,}14}{90} \approx 0{,}5 + 0{,}03 = 0{,}53.$$

Для сравнения табличное значение с точностью до четырёх знаков $\sin 32^0 = 0{,}5299$.

$\otimes$

Пример 3. 2.20*. Вывести приближённую формулу

$$\sqrt{a^2 + h} \approx a + \frac{h}{2a}.$$

Найти приближённо значения $\sqrt{101}$, $\sqrt{1{,}04}$.

Р е ш е н и е. Рассмотрим функцию f, определив её формулой $f(x) = \sqrt{x}$. По приближённой формуле

$$f(x) \approx f(x_0) + f'(x_0)\cdot(x - x_0)$$

имеем:

$$\sqrt{x_0+\Delta x}\approx\sqrt{x_0}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{x_0}}\cdot\Delta x.$$

Полагая здесь $x_0=a^2$, $\Delta x=h$, получаем требуемую формулу:

$$\sqrt{a^2+h}\approx\sqrt{a^2}+\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{\sqrt{a^2}}\cdot h=a+\frac{h}{2a}.$$

Вычислим $\sqrt{101}$ и $\sqrt{1{,}04}$:

$$\sqrt{101}=\sqrt{100+1}=\sqrt{10^2+1}\approx 10+\frac{1}{20}=10{,}05;$$

$$\sqrt{1{,}04}=\sqrt{1+0{,}04}\approx 1+\frac{0{,}04}{2}=1{,}02.\ \otimes$$

Пример 3. 2.21*. Найти приближённо приращение

$$\Delta f(x)=f(x)-f(x_0)$$

функции, определённой формулой $y=x^2$ при $x_0=2$, $\Delta x=x-x_0=0{,}01$.

Р е ш е н и е. Из приближённой формулы

$$f(x)\approx f(x_0)+f'(x_0)\cdot(x-x_0)$$

имеем

$$f(x)-f(x_0)\approx\frac{df}{dx}(x_0)\cdot(x-x_0)=df(x_0).$$

Подставляя в формулу $x_0=2$, $\Delta x=x-x_0=0{,}01$, получаем:

$$\Delta f(x)=f(x)-f(x_0)=(2+0{,}01)^2-2^2\approx 2\cdot 2\cdot 0{,}01=0{,}04.\ \otimes$$

Практическое занятие 3. Основные теоремы дифференциального исчисления

Теоремы Ферма, Ролля, Лагранжа, Коши

Пример 3.3.1. Выяснить, удовлетворяет ли функция, заданная формулой

$$f(x)=3-x^2$$

условиям теоремы Ферма на промежутке $(1,4)$.

Р е ш е н и е. Данная функция на промежутке $(0,4]$ монотонно убывает и, следовательно, достигает своего максимума в точке 1, а минимума в точке 4. Следовательно, в промежутке $(0, 4]$ не существует точки x_0 локального экстремума, в которой $f'(x_0) = 0$. Поэтому данная функция условиям теоремы Ферма на данном промежутке не удовлетворяет. $\otimes$

Пример 3.3.2. Выяснить, удовлетворяет ли функция, определённая формулой

$$f(x) = 3 + 2x - x^2,$$

на промежутке $[0,4]$ условиям теоремы Ферма. Если функция условиям теоремы Ферма удовлетворяет, найти точку $x_0 \in (0,4)$, в которой $f'(x_0) = 0$.

Р е ш е н и е. На промежутке $(0,4)$ функция дифференцируема, следовательно $(\exists x_0 \in (0,4)) f'(x_0) = 0$. Находим эту точку:

$$f'(x) = 2 - 2x \Rightarrow 2 - 2x_0 = 0 \Rightarrow x_0 = 1. \otimes$$

Пример 3.3.3. Выяснить, удовлетворяет ли функция, определённая формулой

$$f(x) = x^2 + 6x - 35,$$

на промежутке $[-5,-1]$ условиям теоремы Ролля. Если функция условиям теоремы Ролля удовлетворяет, найти точку $x_0 \in (-5,-1)$, в которой $f'(x_0) = 0$.

Р е ш е н и е. Функция представляет собой многочлен, который непрерывен и дифференцируем на всей числовой оси. Кроме этого, имеем

$$f(-5) = f(-1) = -40.$$

Поэтому условия теоремы Ролля для данной функции выполнены, следовательно точка $x_0 \in (-5,-1)$, в которой $f'(x_0) = 0$, существует. Найдём её:

$$f'(x_0) = 0 \Rightarrow 2x_0 + 6 = 0 \Rightarrow x_0 = -3. \otimes$$

Пример 3.3.4. На дуге кривой, определяемой уравнением

$$y = x^3 - 3x$$

найти точку, в которой касательная параллельна хорде, проходящей через точки $A(-1; 2)$ и $B(3; 18)$.

Р е ш е н и е. Функция определена на промежутке $[-1, 3]$, непрерывна на этом промежутке и дифференцируема на открытом промежутке $(-1, 3)$. Условия теоремы

Лагранжа выполнены. Следовательно, по теореме Лагранжа найдётся такая точка $x_0 \in (-1, 3)$, что

$$f'(x_0) = \frac{f(3) - f(-1)}{3 - (-1)} = 4.$$

Так как $f'(x) = (x^3 - 3x)' = 3x^2 - 3$, то имеем $3x^2 - 3 = 4$. Из этого уравнения находим $x_{01} = +\sqrt{\frac{7}{3}}$, $x_{02} = -\sqrt{\frac{7}{3}}$. Так как из этих двух точек $x_{01} \in [-1, 3]$, а $x_{02} \notin [-1, 3]$, то $x_0 = x_{01} = \sqrt{\frac{7}{3}}$. ⊗

Пример 3.3.5. В какой точке касательная к кривой, определённой уравнением

$$y = f(x) = x^2 - 8x,$$

параллельна хорде, стягивающей точки $A(-1; 9)$, $B(5; -15)$.

Р е ш е н и е. На промежутке $[-1, 5]$ функция удовлетворяет условиям теоремы Лагранжа. Поэтому имеем:

$$\frac{f(5) - f(-1)}{5 - (-1)} = \frac{-24}{6} = -4 \Rightarrow f'(x_0) = 2x_0 - 8 = -4 \Rightarrow x_0 = 2.$$

Подставляя это значение x в формулу для функции, получаем

$$y = f(2) = -12.$$

Таким образом, искомой является точка $C(2; -12)$. ⊗

Пример 3.3.6. Проверить справедливость теоремы Коши для функций, заданных формулами

$$f(x) = x^3,\ g(x) = x^2$$

на промежутке $[1, 2]$. Если теорема Коши справедлива, найти точку x_0, в которой выполняется равенство

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)}.$$

Р е ш е н и е. Обе функции непрерывны на промежутке $[1, 2]$ и дифференцируемы на промежутке $(a, b) = (1, 2)$, причём $\forall x \in (a, b)\ g'(x) \neq 0$. Поэтому условия теоремы Коши выполнены. Так как

$$f'(x) = 3x^2,\ g'(x) = 2x,$$

то из условия

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)} = \frac{7}{3}$$

находим

$$\frac{f'(x_0)}{g'(x_0)} = \frac{3x_0^2}{2x_0} = \frac{3}{2}x_0 = \frac{7}{3} \Rightarrow x_0 = \frac{14}{9}. \otimes$$

Пример 3.3.7. Проверить справедливость теоремы Коши для функций, заданных формулами

$$f(x) = x^2 - 2x + 3,\ g(x) = x^3 - 7x^2 + 20x - 5$$

на промежутке $[1, 4]$. Если теорема Коши справедлива, найти точку x_0, в которой выполняется равенство

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)}.$$

Р е ш е н и е. Обе функции на данном промежутке непрерывны и дифференцируемы. Производные функций, соответственно равны

$$f'(x) = 2x - 2,\ g'(x) = 3x^2 - 14x + 20.$$

Кроме этого, производная функции g в точках промежутка $(1, 4)$ не обращается в нуль, так как для дискриминанта уравнения $3x^2 - 14x + 20 = 0$ имеем $D = b^2 - 4ac = -44 < 0$ (график функции g не имеет точек пересечения с осью OX). Следовательно, теорема Коши для данных функций справедлива. Поэтому имеем:

$$\frac{f(4) - f(1)}{g(4) - g(1)} = \frac{11 - 2}{27 - 9} = \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{2x_0 - 2}{3x_0^2 - 14x_0 + 20} = \frac{1}{2}.$$

Откуда получаем

$$x_0^2 - 6x_0 + 8 = 0 \Rightarrow x_{01} = 4,\ x_{02} = 2$$

Так как из этих двух точек промежутку $(0, 4)$ принадлежит только точка $x_{02} = 2$, то она и является искомой точкой. $\otimes$

Правила Лопиталя

Пример 3.3.8. Вычислить предел $\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{e^x - e^{-x}}{\ln(1+x)}$.

Р е ш е н и е. Имеем неопределённость

$$\lim_{x\to 0}\frac{e^x - e^{-x}}{\ln(1+x)} = \left[\frac{0}{0}\right].$$

Применяя правило Лопиталя, получаем:

$$\lim_{x\to 0}\frac{e^x - e^{-x}}{\ln(1+x)} = \lim_{x\to 0}\frac{e^x + x^{-x}}{\dfrac{1}{1+x}} = \lim_{x\to 0}\left(e^x + x^{-x}\right)\cdot(1+x) = 2. \otimes$$

Пример 3.3.9. Вычислить предел $\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^3 + 2x^2 + x - 1}{3x^3 - x^2 - x + 3}$.

Р е ш е н и е. Имеем неопределённость

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^3 + 2x^2 + x - 1}{3x^3 - x^2 - x + 3} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right].$$

Применяя правило Лопиталя, получаем:

$$\lim_{x\to\infty}\frac{x^3 + 2x^2 + x - 1}{3x^3 - x^2 - x + 3} = \lim_{x\to\infty}\frac{3x^2 + 4x + 1}{9x^2 - 2x - 1} = \lim_{x\to\infty}\frac{6x + 4}{18x - 2} = \lim_{x\to\infty}\frac{6}{18} = \frac{1}{3}. \otimes$$

Пример 3.3.10. Вычислить предел $\lim\limits_{x\to-\infty}\left(x^3\cdot e^x\right)$.

Р е ш е н и е. Имеем неопределённость вида $\lim\limits_{x\to-\infty}\left(x^3\cdot e^x\right) = [-\infty\cdot 0]$. Для раскрытия неопределённости заменим переменную:

$$\lim_{x\to-\infty}\left(x^3\cdot e^x\right) = \left\{x = -t\right\} = \lim_{t\to\infty}\left(-t^3\cdot e^{-t}\right) = -\lim_{t\to\infty}\frac{t^3}{e^t} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right].$$

Применяя правило Лопиталя, получаем:

$$\lim_{x\to-\infty}\left(x^3\cdot e^x\right)=-\lim_{t\to\infty}\frac{t^3}{e^t}=-\lim_{t\to\infty}\frac{3t^2}{e^t}=-\lim_{t\to\infty}\frac{6t}{e^t}=-6\cdot\lim_{t\to\infty}\frac{1}{e^t}=0.\otimes$$

Пример 3.3.11. Найти предел $\lim\limits_{x\to1}\left(\dfrac{1}{\ln x}-\dfrac{1}{x-1}\right)$.

Р е ш е н и е. Имеем неопределённость вида $[\infty-\infty]$. Для раскрытия неопределённости приводим выражения, стоящие в скобках, к общему знаменателю:

$$\lim_{x\to1}\left(\frac{1}{\ln x}-\frac{1}{x-1}\right)=\lim_{x\to1}\left(\frac{x-1-\ln x}{x\cdot\ln x-\ln x}\right).$$

Получаем неопределённость вида $\left[\dfrac{0}{0}\right]$. Применяя правило Лопиталя два раза, имеем:

$$\lim_{x\to1}\left(\frac{1}{\ln x}-\frac{1}{x-1}\right)=\lim_{x\to1}\left(\frac{x-1-\ln x}{x\cdot\ln x-\ln x}\right)=\lim_{x\to1}\left(\frac{1-\frac{1}{x}}{\ln x+1-\frac{1}{x}}\right)=$$

$$=\lim_{x\to1}\frac{x-1}{x\cdot\ln x+1-1}=\lim_{x\to1}\frac{1}{\ln x+2}=\frac{1}{2}.\otimes$$

Формула Тейлора и формула Маклорена

Пример 3.3.12. Разложить многочлен

$$P(x)=x^5-2x^4+x^3-x^2+2x-1$$

по степеням $x-1$ по формуле Тейлора.

Р е ш е н и е. В нашем случае формула Тейлора имеет вид:

$$f(x)=\sum_{k=0}^{n}\frac{f^{(k)}(x_0)}{k!}\cdot(x-x_0)^k=f(x_0)+\frac{f'(x_0)}{1!}\cdot(x-x_0)+$$

$$+\frac{f''(x_0)}{2!}\cdot(x-x_0)^2+\ldots\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}\cdot(x-x_0)^n,$$

где $x_0=1$. Находим значение многочлена и его производных в точке $x_0=1$:

$$P(x) = x^5 - 2x^4 + x^3 - x^2 + 2x - 1, \quad P(1) = 0;$$
$$P'(x) = 5x^4 - 8x^3 + 3x^2 - 2x + 2, \quad P'(1) = 0;$$
$$P''(x) = 20x^3 - 24x^2 + 6x - 2, \quad P''(1) = 0;$$
$$P'''(x) = 60x^2 - 48x + 6, \quad P'''(1) = 18;$$
$$P^{(4)}(x) = 120x - 48, \quad P^{(4)}(1) = 72;$$
$$P^{(5)}(x) = 120, \quad P^{(5)}(1) = 120.$$

Подставляя найденные производные в формулу Тейлора, получаем:

$$P(x) = 3 \cdot (x-1)^3 + 3 \cdot (x-1)^4 + (x-1)^5. \otimes$$

Пример 3.3.13. Разложить многочлен

$$P(x) = x^4 + 2x^3 - 8x^2 + 4x + 4$$

по степеням $x+1$ по формуле Тейлора.

Р е ш е н и е. Вычисляя значение многочлена и его производных в точке $x_0 = -1$, получаем:

$$P(x) = x^4 + 2x^3 - 8x^2 + 4x + 4, \quad P(-1) = -9;$$
$$P'(x) = 4x^3 + 6x^2 - 16x + 4, \quad P'(-1) = 22;$$
$$P''(x) = 12x^2 + 12x - 16, \quad P''(-1) = -16;$$
$$P'''(x) = 24x + 12, \quad P'''(-1) = -12;$$
$$P^{(4)}(x) = 24, \quad P^{(4)}(-1) = 24.$$

Подставляя найденные производные в формулу Тейлора, получаем:

$$P(x) = -9 + \frac{22}{1!} \cdot (x+1) + \frac{-16}{2!} \cdot (x+1)^2 + \frac{-12}{3!} \cdot (x+1)^3 +$$
$$+ \frac{24}{4!} \cdot (x+1)^4 = -9 + 22 \cdot (x+1) - 8 \cdot (x+1)^2 -$$
$$- 2 \cdot (x+1)^3 + (x+1)^4. \quad \otimes$$

Пример 3.3.14. Представить функцию $f(x) = e^x$ в виде разложения по формуле Маклорена.

Р е ш е н и е. Формула Маклорена имеет вид:

$$f(x) = f(0) + \sum_{k=1}^{n} \frac{d^k f}{dx^k}(0) \frac{x^k}{k!} + \frac{d^{n+1} f}{dx^{n+1}}(\xi) \frac{x^{n+1}}{(n+1)!}.$$

Очевидно выполнение равенств: $\forall n \in N$

$$f(0) = \frac{df}{dx}(0) = \frac{d^2 f}{d^2 x}(0) = \ldots = \frac{d^n f}{d^n x}(0) = e^0 = 1.$$

Кроме этого, очевидно, что $\frac{d^{n+1} f}{d^{n+1} x}(x) = e^x$.

Тогда формула Маклорена с остаточным членом в форме Лагранжа принимает вид:

$$e^x = 1 + \sum_{k=1}^{n} \frac{x^k}{k!} + e^{\xi} \frac{x^{n+1}}{(n+1)!}.$$

В этой формуле можно положить $\xi = \theta \cdot x$, где $0 < \theta < 1$. $\otimes$

Приведём вид формулы Тейлора с **остаточным членом в форме Пеано**:

$$f(x) = f(x_0) + \frac{df}{dx}(x_0) \cdot \frac{x - x_0}{1!} + \frac{d^2 f}{dx^2}(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^2}{2!} + \ldots +$$

$$+ \frac{d^n f}{dx^n}(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^n}{n!} + \frac{d^{n+1} f}{dx^{n+1}}(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^{n+1}}{(n+1)!}.$$

Здесь многочлен Тейлора

$$T_n(x_0, x) = \sum_{k=0}^{n} \frac{d^k f}{dx^k}(x_0) \frac{(x - x_0)^k}{k!} = f(x_0) + \frac{df}{dx}(x_0) \frac{(x - x_0)^1}{1!} +$$

$$+ \frac{d^2 f}{dx^k}(x_0) \frac{(x - x_0)^2}{2!} + \ldots + \frac{d^n f}{dx^n}(x_0) \frac{(x - x_0)^n}{n!},$$

а остаточный член в форме Лагранжа

$$R_n(x, n) = f(x) - T_n(x_0, x) = f(x) - \sum_{k=0}^{n} \frac{d^k f}{dx^k}(x_0) \cdot \frac{(x - x_0)^k}{k!}.$$

При условии $\Delta x \to 0$ выполняется

$$R_n(x, n) = f(x) - T_n(x_0, x) = o((x - x_0)^n) = o(\Delta x^n).$$

Теперь формулу Тейлора можно записать в виде

$$f(x) = \sum_{k=0}^{n} \frac{d^k f}{dx^k}(x_0)\frac{(x - x_0)^k}{k!} + o(\Delta x^n).$$

Последняя форма записи называется ***формулой Тейлора с остаточным членом в форме Пеано***.

Пример 3.3.15. Разложить функцию $f(x) = \sin x$ по формуле Маклорена.

Р е ш е н и е. Рассмотрим производные функции $f(x) = \sin x$ в точке x:

$$\frac{d}{dx}\sin x = \cos x = \sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right);$$

$$\frac{d^2}{dx^2}\sin x = \frac{d}{dx}\cos(x) = -\sin x = \sin(x + \pi) = \sin\left(x + 2\frac{\pi}{2}\right);$$

.....;

$$\frac{d^k}{dx^k}\sin x = \sin\left(x + k\frac{\pi}{2}\right).$$

Кроме этого, имеем

$$\frac{d^{2n+1}}{dx^{2n+1}}\sin(\theta x) = \sin\left(\theta x + (n+1)\frac{\pi}{2}\right) = (-1)^n \cos\theta x.$$

Действительно, видим, что

$$\sin\left((n+1)\frac{\pi}{2} + \theta x\right) = \sin\left(\pi n + \frac{\pi}{2} + \theta x\right) = (-1)^n \sin\left(\frac{\pi}{2} + \theta x\right) = (-1)^n \cos\theta x$$

.

Здесь мы положили $\xi = \theta x$, где $0 < \theta < 1$, $x \in (a, b)$.

Формула Маклорена принимает вид

$$\sin x = \sin 0 + \frac{1}{1!}x + 0 - \frac{x^3}{3!} + 0 + \frac{x^5}{5!} + 0 - \frac{x^7}{7!} + \ldots +$$

$$+ (-1)^{n-1}\frac{x^{2n-1}}{(n-1)!} + \alpha^{(n+1)}(x) =$$

$$= x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \ldots + (-1)^{n-1}\frac{x^{2n-1}}{(n-1)!} + (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(n+1)!}\cos\theta x.$$

В виде разложения по формуле Маклорена с остаточным членом в форме Пеано это разложение записывается так:

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \ldots + (-1)^{n-1} \frac{x^{2n-1}}{(2n-1)!} + o(x^{2n}). \otimes$$

Аналогично можно получить и разложение по формуле Маклорена функции $f(x) = \cos x$:

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \ldots + (-1)^n \frac{x^{2n}}{(2n)!} + o(x^{2n+1})$$

Пример 3.3.16. Найти предел: $\lim\limits_{x \to 0} \dfrac{\sin x - x}{x^3}$.

Р е ш е н и е. Записываем для $\sin x$ разложение по формуле Маклорена

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + o(x^4).$$

Подставляя это разложение, имеем:

$$\lim_{x \to 0} \frac{\sin x - x}{x^3} = \lim_{x \to 0} \frac{x - \frac{x^3}{3!} - x + o(x^4)}{x^3} = -\frac{1}{3!} - \lim_{x \to 0} \frac{o(x^4)}{x^3} = -\frac{1}{6}. \otimes$$

Пример 3.3.17. Найти предел: $\lim\limits_{x \to 0} \dfrac{e^{-\frac{x^2}{2}} - \cos x}{x^3 \cdot \sin x}$.

Р е ш е н и е. Используем разложение для e^x, $\sin x$ и $\cos x$. Получаем:

$$\lim_{x \to 0} \frac{e^{-\frac{x^2}{2}} - \cos x}{x^3 \cdot \sin x} = \lim_{x \to 0} \frac{1 - \frac{x^2}{2} + \frac{x^4}{8} + o(x^4) - 1 + \frac{x^2}{2} - \frac{x^4}{24}}{x^3 \cdot (x + \alpha_1(x))} =$$

$$= \lim_{x \to 0} \frac{\frac{x^4}{8} - \frac{x^4}{24} + o(x^4)}{x^4 + o(x^5)} = \lim_{x \to 0} \frac{\frac{1}{8} - \frac{1}{24} + \frac{o(x^4)}{x^4}}{1 + \frac{o(x^5)}{x^4}} = \frac{1}{12}. \otimes$$

Практическое занятие 4. Исследование функций одного переменного

Промежутки монотонности функции

Пример 3.4.1. Найти промежутки монотонности функции, определённой формулой

$$f(x) = x^3 + 3x^2 - 9x - 2.$$

Р е ш е н и е. Множеством определения функции является вся числовая ось. Находим первую производную функции

$$f' = 3x^2 + 6x - 9 = 3(x^2 + 2x - 3) = 3(x+1)^2 - 12.$$

Поэтому имеем:

$$f' > 0 \Rightarrow x^2 + 2x - 3 > 0 \Rightarrow 3\cdot(x+1)^2 - 12 > 0;$$

$$f' < 0 \Rightarrow x^2 + 2x - 3 < 0 \Rightarrow 3\cdot(x+1)^2 - 12 < 0.$$

Корни уравнения

$$x^2 + 2x - 3 = 0$$

есть

$$x_1 = -3,\ x_2 = 1.$$

График функции – парабола, ветви которой направлены вверх, а вершина находится в точке с координатами $x_0 = -1,\ y_0 = -12$. Следовательно, неравенство $f'(x) > 0$ выполняется при $x < -3$ и $x > 1$, а неравенство $f'(x) < 0$ при $-3 < x < 1.$

На множестве $(-\infty, -3) \cup (1, +\infty)$ функция строго монотонно возрастает, а на множестве $(-3, 1)$ строго монотонно убывает. $\otimes$

Пример 3.4.2. Предприятие производит x единиц продукции в месяц. Зависимость финансовых накоплений предприятия от объёма выпуска выражается формулой

$$\Phi = -0{,}01\cdot x^3 + 300\cdot x - 500.$$

Определить количество единиц продукции, начиная с которого финансовые накопления предприятия начинают убывать.

Р е ш е н и е. Производная от Φ равна:

$$\Phi' = -0{,}03\cdot x^2 + 300.$$

Финансовые накопления убывают, если

$$\Phi' = -0{,}03\cdot x^2 + 300 < 0,$$

откуда имеем $x^2 - 10000 > 0$. Из последнего неравенства получаем: $x_1 > 100$, $x_2 < -100$. Имеет экономический смысл только неравенство $x_1 > 100$. Следовательно, при $x > 100$ финансовые накопления предприятия начинают убывать, то есть повышать выпуск продукции свыше 100 единиц становится экономически не выгодно. $\otimes$

Схема исследования функции на локальные экстремумы с помощью первой производной

Пример 3.4.3. Исследовать на наличие локальных экстремумов функцию, заданную формулой $f(x) = x^3 - 5x + 2$.

Р е ш е н и е. 1) Производная функция для функции f есть

$$f'(x) = 3x^2 - 5.$$

2) Находим критические точки функции, решая уравнение

$$3x^2 - 5 = 0.$$

Корни уравнения (критические точки) есть $x_1 = -\sqrt{\frac{5}{3}}, x_2 = +\sqrt{\frac{5}{3}}$.

3) Выясняем вопрос о наличии локальных экстремумов функции согласно теореме, для чего определяем знаки производной $f'(x)$ справа и слева от каждой критической точки, результаты заносим в таблицу:

x	$x < -\sqrt{\frac{5}{3}}$	$x_1 = -\sqrt{\frac{5}{3}}$	$-\sqrt{\frac{5}{3}} < x < \sqrt{\frac{5}{3}}$	$x_2 = \sqrt{\frac{5}{3}}$	$x > \sqrt{\frac{5}{3}}$
$f'(x)$	+	0	−	0	+
f		Максимум $f(x_1) = 6{,}3$		Минимум $f(x_2) = -2{,}3$	

4. Вычисляем значения функции в точках x_1, x_2 и результаты вычислений тоже заносим в таблицу.

Получаем следующий результат: функция имеет в точке $x_1 = -\sqrt{\frac{5}{3}}$ локальный максимум $f(x_1) = 6{,}3$, а в точке $x_2 = +\sqrt{\frac{5}{3}}$ – локальный минимуму $f(x_2) = -2{,}3$. ⊗

Пример 3.4.4. Найти экстремумы функции, определённой формулой

$$f(x) = \frac{1}{3}x^3 + \frac{5}{2}x^2 + 4x + 3.$$

Р е ш е н и е. Множеством определения функции является вся числовая ось R.

1) Находим производную функции:

$$f'(x) = x^2 + 5x + 4.$$

2) Находим критические точки функции, для чего решаем уравнение

$$x^2 + 5x + 4 = 0.$$

В результате решения имеем корни: $x_1 = -1,\ x_2 = -4$. Критические точки разбивают R^1 на промежутки

$$-\infty < x < -4,\ -4 < x < -1,\ -1 < x < \infty.$$

3) Исследуем поведение первой производной функции в полученных промежутках:

в промежутке $(-\infty, -4)$ имеем $y' > 0$;

в промежутке $(-4, -1)$ имеем $y' < 0$;

в промежутке $(-1, \infty)$ имеем $y' > 0$.

Следовательно, в точке -4 имеем **максимум**; в точке -1 имеем **минимум**.

4) Вычисляем экстремальные значения функции:

$$\max f(x) = f(-4) \approx 5{,}67;\ \min f(x) = f(-1) = 1{,}17.\ \otimes$$

Пример 3.4.5. Найти экстремумы функции, определённой формулой

$$f(x) = 3x^5 - 5x^3 + 10.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим производную функции:

$$f'(x) = 15x^4 - 15x^2.$$

2) Находим критические точки функции, для чего решаем уравнение

$$15x^4 - 15x^2 = 0,\ x^4 - x^2 = 0,\ x^2 \cdot (x-1)(x+1) = 0.$$

Имеем три корня: $x_1 = 0,\ x_2 = 1,\ x_3 = -1.$

3) Находим вторую производную функцию:

$$f''(x) = 60 \cdot x^3 - 30 \cdot x.$$

4) Находим вторую производную в критических точках:

$$f''(0) = 0;\ f''(1) = 30;\ f''(-1) = -30.$$

В точке $x_2 = 1$ функция имеет **минимум**, а в точке $x_3 = -1$ - **максимум**. В точке $x_1 = 0$ функция экстремума не имеет, так как первая производная при переходе через эту точку не меняет своего знака. $\otimes$

Промежутки выпуклости и вогнутости и асимптоты графика функции

Пример 3.4.6. Найти промежутки выпуклости и вогнутости и точки перегиба графика функции, заданной формулой:

$$f(x) = (x^2 + 7x)\sqrt[3]{x} - 5x - 8.$$

Р е ш е н и е. Множество определения функции $M = R$. Преобразованная формула

$$f(x) = x^{\frac{7}{3}} + 7 \cdot x^{\frac{4}{3}} - 5x - 8.$$

1) Находим нули и точки разрыва второй производной функции, для чего находим $f''(x)$:

$$f'(x) = \frac{7}{3} \cdot x^{\frac{4}{3}} + \frac{28}{3} \cdot x^{\frac{1}{3}} - 5;$$

$$f''(x) = \frac{28}{9} \cdot x^{\frac{1}{3}} + \frac{28}{9} \cdot x^{-\frac{2}{3}} = \frac{28}{9} \cdot \frac{x+1}{\sqrt[3]{x^2}}.$$

Очевидно, что точка $x = -1$ является нулём второй производной $f''(x)$, а точка $x = 0$ является точкой разрыва второго рода второй производной $f''(x)$. Эти точки делят множество определения функции $f(x)$ на промежутки

$$(-\infty, -1),\ (-1, 0),\ (0, +\infty).$$

2) Определяем знак второй производной в полученных промежутках:

$$\forall x \in (-\infty, -1): f''(x) < 0;$$

$$\forall x \in (-1, 0): f''(x) > 0;$$

$$\forall x \in (0, +\infty): f''(x) > 0.$$

Следовательно: на $(-\infty, -1]$ график функции ***выпуклый***; на $[-1, 0] \cup [0, +\infty)$ график функции ***вогнутый***.

3) Так как функция в точке $x_0 = -1$ определена, а $f''(-1) = 0$, то в точке $x_0 = -1$ график функции испытывает перегиб, а точка

$$(x_0; f(x_0)) = (-1; 3)$$

является точкой перегиба графика функции. ⊗

Пример 3.4.7. Найти асимптоты графика функции, заданной формулой:

$$f(x) = \frac{-x^2 + 7x}{x - 3}.$$

Р е ш е н и е. 1) Точка $x = 3$ является точкой разрыва второго рода, следовательно, график функции имеет вертикальную асимптоту с уравнением $x = 3$.

2) По определению асимптоты, функция может быть представлена в виде

$$f(x) = (kx + b) + \alpha(x),$$

где $\alpha(x)$ – бесконечно малая функция при неограниченном удалении точки графика от начала системы координат более высокого порядка, чем x, то есть

$$\lim_{x \to \pm\infty} \frac{\alpha(x)}{x} = 0.$$

Чтобы записать функцию в указанном виде, разделим числитель на знаменатель с остатком:

$$\frac{-x^2 + 7x}{x - 3} = -x + 4 + \frac{12}{x - 3}.$$

Так как

$$\lim_{x \to \pm\infty} \frac{12}{x - 3} = 0,$$

график функции имеет наклонную асимптоту с уравнением $y = -x + 4$. ⊗

Пример 3.4.8. Найти асимптоты графика функции, заданной формулой:

$$f(x) = \sqrt{1+x^2} - 2x.$$

Р е ш е н и е. 1) Так как функция определена на всей числовой оси, вертикальных асимптот нет.

2) Из представления функции в виде

$$f(x) = (kx+b) + \alpha(x)$$

Следует, что для нахождения наклонных асимптот нужно найти правый и левый пределы, которые равны соответственно

$$k_+ = \lim_{x\to+\infty} \frac{f(x)}{x}, \; b_+ = \lim_{x\to+\infty} [f(x) - kx],$$

$$k_- = \lim_{x\to-\infty} \frac{f(x)}{x}, \; b_- = \lim_{x\to-\infty} [f(x) - kx].$$

Правый предел:

$$k_1 = \lim_{x\to+\infty} \frac{\sqrt{1+x^2} - 2x}{x} = \lim_{x\to+\infty} \left(\sqrt{\frac{1}{x^2} + 1} - 2 \right) = -1;$$

$$b_1 = \lim_{x\to+\infty} \left(\sqrt{1+x^2} - 2x + x \right) = \lim_{x\to+\infty} \left(\sqrt{1+x^2} - x \right) =$$

$$= \lim_{x\to+\infty} \frac{1}{\sqrt{1+x^2} + x} = 0.$$

Правая наклонная асимптота графика функции имеет уравнение

$$y = -x.$$

Левый предел:

$$k_2 = \lim_{x\to-\infty} \frac{\sqrt{1+x^2} - 2x}{x} = \{x = -z\} = \lim_{z\to+\infty} \frac{\sqrt{1+z^2} + 2z}{-z} =$$

$$= -\lim_{z\to+\infty} \left(\sqrt{\frac{1}{z^2} + 1} + 2 \right) = -3;$$

$$b_2 = \lim_{x\to-\infty} \left(\sqrt{1+x^2} - 2x + 3x \right) = \lim_{x\to-\infty} \left(\sqrt{1+x^2} + x \right) =$$

$$= \lim_{x\to-\infty} \frac{1}{\sqrt{1+x^2}-x} = 0.$$

Левая наклонная асимптота графика функции имеет уравнение

$$y = -3x. \otimes$$

Полное исследование функции

Пример 3.4.9. Исследовать функцию, заданную формулой $y(x) = x \cdot e^{-x}$.

Р е ш е н и е. 1) Множеством определения функции служит всё множество действительных чисел R.

2) Нуль функции – точка $x = 0$, причём $\lim\limits_{x\to 0} y(x) = 0$. Следовательно, функция в точке $x = 0$ асимптот не имеет.

3) Находим критические точки функции:

$$y'(x) = e^{-x} - x \cdot e^{-x} = e^{-x} \cdot (-x) \Rightarrow x = 1.$$

4) Имеем два промежутка $(-\infty, 1]$ и $[1, \infty)$. На этих промежутках

$$\forall x \in (-\infty, 1] \; y'(x) \geq 0,$$

$$\forall x \in [1, \infty) \; y'(x) \leq 0,$$

соответственно. Следовательно, при $x \in (-\infty, 1]$ функция строго монотонно возрастает, а при $x \in [1, \infty)$ функция строго убывает.

5) Вторая производная функции равна

$$y''(x) = -e^{-x} \cdot (-x) - e^{-x} = e^{-x} \cdot (x - 2).$$

Так как в точке $x = 1$ вторая производная равна

$$y''(1) = \frac{1-2}{e} = -\frac{1}{e} < 0,$$

то функция в этой точке имеет локальный максимум, равный $\frac{1}{e}$.

6) Вторая производная функции в точке $x = 2$ обращается в нуль, а при переходе через это точку меняет знак с минуса на плюс. Следовательно, график функции при $x = 2$ имеет

перегиб, причём при $x < 2$ график функции выпуклый, а при $x > 2$ – вогнутый. Значение функции в точке перегиба равно

$$y(2) = 2 \cdot e^{-2} = \frac{2}{e^2}. \otimes$$

Практическое занятие 5. Интегрируемость функций одного переменного

Непосредственное интегрирование

Пример 3.5.1. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \sqrt[3]{x^2}\, dx.$$

Р е ш е н и е. Непосредственно имеем:

$$\int \sqrt[3]{x^2}\, dx = \int x^{2/3} dx = \frac{x^{5/3}}{5/3} + C = \frac{3}{5}\sqrt[3]{x^5} + C. \otimes$$

Пример 3.5.2. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \left(6x^2 - 3\sqrt{x} + 5\right) dx.$$

Р е ш е н и е. Используя свойства неопределённого интеграла и таблицу первообразных, получаем:

$$\int \left(6x^2 - 3\sqrt{x} + 5\right) dx = 6\int x^2 dx - 3\int x^{\frac{1}{2}} dx + 5\int dx =$$

$$= 2x^3 - 2x^{3/2} + 5x + C = 2x^3 - 2\sqrt{x^3} + 5x + C,$$

где все постоянные интегрирования объедены в одну постоянную C. $\otimes$

Пример 3.5.3. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \left(5x^2 + 11 - 3\sin x + \frac{2}{x} - \frac{1}{\sin^2 x}\right) dx.$$

Р е ш е н и е. Используя свойства неопределённого интеграла и табличные первообразные, имеем:

$$\int \left(5x^2 + 11 - 3\sin x + \frac{2}{x} - \frac{1}{\sin^2 x}\right) dx =$$

$$= 5\int x^2 dx + 11\int dx - 3\int \sin x dx + 2\int \frac{dx}{x} - \int \frac{dx}{\sin^2 x} =$$

$$= \frac{5}{3}x^3 + 11x + 3\cos x + 2\ln|x| + ctgx + C. \otimes$$

Подведение под дифференциал

По определению логарифмической производной имеем:

$$y(x) = \ln(f(x)) \Rightarrow \frac{dy}{dx}(x) = \frac{d}{dx}(\ln(f(x))) = \frac{1}{f(x)} \cdot \frac{df}{dx}(x) \equiv \frac{f'(x)}{f(x)}.$$

Тогда по определению неопределённого интеграла имеем:

$$\int \ln f(x)\,'dx = \int \frac{f'(x)}{f(x)}dx = \int \frac{f'(x)\,dx}{f(x)} = \int \frac{df(x)}{f(x)} = \ln f(x) + C.$$

Этот метод нахождения неопределённого интеграла называется ***методом подведения под дифференциал***.

Пример 3.5.4. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \frac{dx}{x+1}.$$

Р е ш е н и е. Замечая, что $dx = d(x+1)$ и, используя табличную первообразную для функции $\frac{1}{x}$, в соответствии с формулой подведения под дифференциал получаем:

$$\int \frac{dx}{x+1} = \int \frac{d(x+1)}{x+1} = \ln|x+1| + C. \otimes$$

Пример 3.5.5. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \frac{dx}{ax+b}.$$

Р е ш е н и е. Замечая, что $dx = \frac{1}{a}d(ax+b)$, имеем:

$$\int \frac{dx}{ax+b} = \frac{1}{a}\int \frac{d(ax+b)}{ax+b} = \frac{1}{a}\ln|ax+b| + C. \otimes$$

Пример 3.5.6. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \frac{xdx}{1+x^2}.$$

Р е ш е н и е. Так как $xdx = \frac{1}{2} d\left(1+x^2\right)$, получаем:

$$\int \frac{xdx}{1+x^2} = \frac{1}{2}\int \frac{d\left(1+x^2\right)}{1+x^2} = \frac{1}{2}\ln\left(1+x^2\right) + C. \otimes$$

Пример 3.5.7. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \frac{3x+2}{x+5} dx.$$

Р е ш е н и е. Преобразуем подынтегральную функцию:

$$\frac{3x+2}{x+5} \equiv \frac{3x+15-13}{x+5} = \frac{3(x+5)}{x+5} - \frac{13}{x+5} = 3 - \frac{13}{x+5}.$$

Используя свойства неопределённого интеграла и табличные первообразные, получаем:

$$\int \frac{3x+2}{x+5} dx = \int\left(3 - \frac{13}{x+5}\right)dx = 3\int dx - 13\int \frac{1}{x+5} dx =$$

$$= 3x - 13\ln|x+5| + C. \otimes$$

Методы подстановки (замены переменной интегрирования)

и интегрирования по частям

Пример 3.5.8. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \sqrt{x+3} dx.$$

Р е ш е н и е. Заменяя переменную по формуле $t = x+3 \Rightarrow dx = dt$, получаем:

$$\int \sqrt{x+3} dx = \int \sqrt{t} dt = \int t^{1/2} dt = \frac{2}{3} t^{3/2} + C = \frac{2}{3}\sqrt{(x+3)^3} + C. \otimes$$

Пример 3.5.9. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int \frac{x^2+1}{\left(x^3+3x+1\right)^4} dx.$$

Р е ш е н и е. Заменяя переменную

$$t = x^3 + 3x + 1 \Rightarrow dx = \frac{1}{3}\frac{dt}{x^2 + 1},$$

получаем:

$$\int \frac{x^2 + 1}{(x^3 + 3x + 1)^4} dx = \frac{1}{3}\int \frac{dt}{t^4} = -\frac{1}{9t^3} + C = -\frac{1}{9(x^3 + 3x + 1)^3} + C. \otimes$$

Пример 3.5.10. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int x \cdot \cos x dx.$$

Р е ш е н и е. Замечая, что $\cos x dx = d(\sin x)$ и используя формулу интегрирования по частям, получаем:

$$\int x \cdot \cos x dx = \left\{ \begin{array}{cc} u = x, & du = dx, \\ dv = \cos x dx \equiv d(\sin x), & v = \sin x \end{array} \right\} =$$

$$= x \cdot \sin x - \int \sin x dx + C = x \cdot \sin x + \cos x + C. \otimes$$

Пример 3.5.11. Найти неопределённый интеграл

$$I = \int x \cdot \ln x dx.$$

Р е ш е н и е. Интегрируя по частям, получаем:

$$\int x \cdot \ln x dx = \left\{ \begin{array}{ll} u = \ln x, & du = \dfrac{dx}{x}, \\ dv = x dx, & v = \dfrac{x^2}{2} \end{array} \right\} = \frac{x^2}{2} \cdot \ln x - \frac{1}{2}\int x dx + C =$$

$$= \frac{x^2}{2} \cdot \ln x - \frac{x^2}{4} + C. \otimes$$

Формула Ньютона-Лейбница, вычисление определённого интеграла методом замены переменной и интегрирования по частям

Пример 3.5.12. Вычислить определённый интеграл

$$I = \int_0^1 x^2 dx$$

по формуле Ньютона-Лейбница, дать геометрическую интерпретацию.

Р е ш е н и е. Проводя непосредственное интегрирование и применяя формулу Ньютона-Лейбница, получаем: $\int_0^1 x^2 dx = \frac{x^3}{3}\Big|_0^1 = \frac{1}{3}$. Полученное число $\frac{1}{3}$ имеет смысл площади криволинейного треугольника с вершинами в точках

$O(0,0), A(1,0), B(0,0)$. $\otimes$

Пример 3.5.13. Вычислить определённый интеграл

$$I = \int_{\pi/6}^{\pi/4} \frac{dx}{\cos^2 x}.$$

Р е ш е н и е. Используя таблицу первообразных и формулу Ньютона-Лейбница, получаем:

$$\int_{\pi/6}^{\pi/4} \frac{dx}{\cos^2 x} = tgx\Big|_{\pi/6}^{\pi/4} = tg\frac{\pi}{4} - tg\frac{\pi}{6} = 1 - \frac{\sqrt{3}}{3}. \otimes$$

Пример 3.5.14. Вычислить определённый интеграл

$$I = \int_1^2 2^{3x-4} dx.$$

Р е ш е н и е. Используем методом “подведения под дифференциал”:

$$\int_1^2 2^{3x-4} dx = \left\{ dx = \frac{1}{3} d(3x-4) \right\} = \frac{1}{3}\int_1^2 2^{3x-4} d(3x-4) =$$

$$= \left\{ \int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + C \right\} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2^{3x-4}}{\ln 2}\Big|_1^2 = \frac{1}{3\ln 2}\left(4 - \frac{1}{2}\right) = \frac{7}{6\ln 2}. \otimes$$

Пример 3.5.15. Вычислить определённый интеграл

$$I = \int_0^1 x \cdot (2 - x^2)^5 dx.$$

Р е ш е н и е. Для решения воспользуемся методом замены переменной. Введём новую переменную $t = 2 - x^2$. Дифференциал новой переменной равен

$$dt = d(2 - x^2) = -2xdx \Rightarrow xdx = -\frac{1}{2}dt.$$

Пределы изменения новой переменной определяются так:

$$x=0\Rightarrow t=2;\ x=1\Rightarrow t=1.$$

Учитывая эти формулы, получаем:

$$\int_0^1 x\cdot\left(2-x^2\right)^5 dx=\left\{\begin{array}{l} dt=d\left(2-x^2\right)=-2xdx;\ xdx=-\dfrac{1}{2}dt;\\ x=0\Rightarrow t=2;\ x=1\Rightarrow t=1.\end{array}\right\}=$$

$$=-\frac{1}{2}\cdot\int_2^1 t^5dt=\frac{1}{2}\int_1^2 t^5dt=\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{6}\cdot t^6\Big|_1^2=\frac{1}{12}\cdot\left(64-1\right)=\frac{63}{12}=\frac{21}{4}.\otimes$$

Пример 3.5.16. Вычислить определённый интеграл

$$I=\int_1^e\frac{\ln^2 x}{x}dx.$$

Р е ш е н и е. Используя замену переменной интегрирования $t=\ln x$, имеем:

$$\int_1^e\frac{\ln^2 x}{x}dx=\left\{\begin{array}{l|l} t=\ln x, & x=1\Rightarrow t=0,\\ dt=\dfrac{dx}{x}, & x=e\Rightarrow t=1.\end{array}\right\}=\int_0^1 t^2dt=\frac{t^3}{3}\Big|_0^1=\frac{1}{3}.\otimes$$

Пример 3.5.17. Вычислить определённый интеграл

$$I=\int_0^1 x\cdot e^{-x}dx.$$

Р е ш е н и е. Данный интеграл вычисляется методом «интегрирования по частям»:

$$\int_0^1 x\cdot e^{-x}dx=\left\{\begin{array}{ll} u=x, & du=dx,\\ dv=e^{-x}dx, & v=\int e^{-x}dx=-e^{-x}.\end{array}\right\}=$$

$$=x\cdot e^{-x}\Big|_0^1-\int_0^1 e^{-x}d\left(-x\right)=-x\cdot e^{-x}\Big|_0^1-e^{-x}\Big|_0^1=$$

$$=-e^{-1}-e^{-1}+1=1-2\cdot e^{-1}=1-2/e=e-2/e.\otimes$$

Практическое занятие 6. Дифференцируемость функций нескольких переменных

Первые частные производные функций нескольких переменных

Пример 3.6.1. Используя определение, найти первые частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$z(x, y) = x^2 y + 4x - 2y + 5,$$

в точке $M_0\ (5;1)$.

Р е ш е н и е. Для частной производной по переменной x имеем по определению:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{z(x_0 + \Delta x, y_0) - z(x_0, y_0)}{\Delta x}.$$

Фиксируя значение $y = y_0$, находим сужение функции $z(x, y)$ на прямую линию $y = y_0$, параллельную оси Ox. На этой прямой сужение

$$z(x, y_0) = y_0 x^2 + 4x - 2y_0 + 5$$

функции $z(x, y)$ является функцией одной переменной x. Используем схему нахождения производной функции одного переменного для сужения $z(x, y_0)$.

1) Придавая переменной x приращение Δx в точке $(x_0; y_0)$, получим:

$$z(x_0 + \Delta x, y_0) = x_0^2 y_0 + 2x_0 y_0 \cdot \Delta x + y_0 (\Delta x)^2 +$$
$$+ 4x_0 + 4 \cdot \Delta x - 2y_0 + 5.$$

2) Находим приращение функции $z(x, y_0)$ в точке $(x_0; y_0)$, придавая переменной x приращение Δx:

$$z(x_0 + \Delta x, y_0) - z(x_0, y_0) = 2x_0 y_0 \cdot \Delta x + y_0 (\Delta x)^2 + 4 \cdot \Delta x.$$

3) Находим предел конечно-разностного отношения:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{z(x_0 + \Delta x, y_0) - z(x_0, y_0)}{\Delta x} =$$

$$= \lim_{\Delta x \to 0} \frac{2x_0 y_0 \cdot \Delta x + y_0 (\Delta x)^2 + 4\Delta x}{\Delta x} = 2x_0 y_0 + 4.$$

4) Подставляя координаты точки $(x_0; y_0) = (5; 1)$, получаем:

$$\frac{\partial z}{\partial x}(5,1) = (2x_0 y_0 + 4)\Big|_{\substack{x_0=5 \\ y_0=1}} = 14.$$

Аналогично находим частную производную в точке $(x_0; y_0) = (5; 1)$ по второй переменной y:

$$\frac{\partial z}{\partial y}(5, 1) = (x_0^2 - 2)\Big|_{\substack{x_0=5 \\ y_0=1}} = 23. \otimes$$

Пример 3.6.2. Используя таблицу и правила рациональных операций с производными, найти частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$u(x, y) = x^3 + 3x^2 y - y^3.$$

Р е ш е н и е. Фиксируя переменные и используя формулу вычисления производной степенной функции, получаем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = 3x^2 + 6xy; \frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = 3x^2 - 3y^2. \otimes$$

Пример 3.6.3. Используя таблицу и правила рациональных операций с производными, найти частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$u(x, y) = \frac{xy}{x + y}.$$

Р е ш е н и е. Фиксируя переменные и используя формулы вычисления производной частного и произведения двух функций, получаем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{xy}{x+y}\right) = \frac{y^2}{(x+y)^2};$$

$$\frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{xy}{x+y}\right) = \frac{x^2}{(x+y)^2}. \otimes$$

Пример 3.6.4. Используя таблицу и правила рациональных операций с производными, найти частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$u(x, y) = (-x)^{y^2}.$$

Р е ш е н и е. Для вычисления частной производной по переменной x фиксируем переменную y и используем формулу для производной степенной функции:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = -y^2 (-x)^{y^2 - 1}.$$

Для вычисления частной производной по переменной y фиксируем переменную x и используем формулу $(a^u)' = a^u \ln a \cdot u'$, получаем:

$$\frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = 2y \cdot (-x)^{y^2} \cdot \ln(-x). \otimes$$

Пример 3.6.5. Используя таблицу и правила рациональных операций с производными, найти частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$u(x, y) = x^3 y^2 + 2x \ln y + x^y.$$

Р е ш е н и е. Используя таблицу производных, получаем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = 3x^2 y^2 + 2\ln y + yx^{y-1},$$

$$\frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = 2x^3 y + \frac{2x}{y} + x^y \ln x. \otimes$$

Пример 3.6.6. Используя таблицу и правила рациональных операций с производными, найти частные производные функции двух переменных, заданной формулой

$$u(x, y) = (1 + xy)^y.$$

Р е ш е н и е. Фиксируя переменную y и используя формулу дифференцирования степенной функции, для частной производной по переменной x получаем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = y(1 + xy)^{y-1} \cdot y = y^2 (1 + xy)^{y-1}.$$

Для вычисления частной производной по переменной y фиксируем переменную x и используем понятие логарифмической производной:

$$z = \ln u(x, y) = y \ln(1 + xy) \to z'_y = \ln(1 + xy) + \frac{xy}{1 + xy} \to$$

$$z' = \frac{u'}{u} \to \frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = (1 + xy)^y \cdot \ln(1 + xy) + (1 + xy)^y \frac{xy}{1 + xy} =$$

$$= (1 + xy)^y \left[\ln(1 + xy) + \frac{x \cdot y}{(1 + xy)} \right]. \otimes$$

Пример 3.6.7. Найти частные производные первого порядка функции трёх переменных, заданной формулой

$$u(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}}$$

в точке $M_0\ 1; -1; -2$.

Р е ш е н и е. Для нахождения частных производных используем таблицу производных и правила дифференцирования функций:

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} = -\frac{1}{2}\frac{2x_1}{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{x_1}{\sqrt{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^3}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_2} = -\frac{1}{2}\frac{2x_2}{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{x_2}{\sqrt{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^3}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_3} = -\frac{1}{2}\frac{2x_3}{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{x_3}{\sqrt{(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)^3}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_1}\ 1; -1; -2\ = -\frac{1}{\sqrt{216}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_2}\ 1; -1; -2\ = \frac{1}{\sqrt{216}};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_3}\ 1; -1; -2\ = -\frac{2}{\sqrt{216}}.\otimes$$

Пример 3.6.8. Найти частные производные первого порядка функции трёх переменных

$$u(x_1, x_2, x_3) = \exp(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) \equiv e^{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}$$

в точке $M(0; 1; 2)$.

Р е ш е н и е. Для нахождения частных производных, используя таблицу производных и правила дифференцирования функций, дифференцируем сужения функции на отрезки прямых, параллельных осям системы координат:

$$1)\ \frac{\partial u}{\partial x_1}(x_1, x_2, x_3) = \frac{\partial}{\partial x_1} e^{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} = e^{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}\ \frac{\partial}{\partial x_1}(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) =$$

$$= 2x_1 e^{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_1}(M) = 0;$$

2) $$\frac{\partial u}{\partial x_2}(x_1, x_2, x_3) = \frac{\partial}{\partial x_2} e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2} = e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2} \frac{\partial}{\partial x_2}(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) =$$

$$= 2x_2 e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_2}(M) = 2e^5;$$

3) $$\frac{\partial u}{\partial x_3}(x_1, x_2, x_3) = \frac{\partial}{\partial x_3} e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2} = e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2} \frac{\partial}{\partial x_3}(x_1^2 + x_2^2 + x_3^2) =$$

$$= 2x_3 e^{x_1^2+x_2^2+x_3^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_3}(M) = 4e^5. \otimes$$

Пример 3.6.9. Показать, что функция, заданная формулой

$$z = \ln(x^2 + y^2)$$

удовлетворяет уравнению

$$y\frac{\partial z}{\partial x} - x\frac{\partial z}{\partial y} = 0.$$

Р е ш е н и е. Находим частные производные функции в произвольной точке (x, y):

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{2x}{x^2+y^2}; \frac{\partial z}{\partial y} = \frac{2y}{x^2+y^2}.$$

Подставляя в правую часть уравнения, получаем

$$y\frac{\partial z}{\partial x} - x\frac{\partial z}{\partial y} = \frac{2xy}{x^2+y^2} - \frac{2xy}{x^2+y^2} = 0. \otimes$$

Пример 3.6.10. Показать, что функция

$$u(x_1, x_2) = x_2 \ln(x_1^2 - x_2^2)$$

удовлетворяет уравнению

$$\frac{1}{x_1}\frac{\partial u}{\partial x_1}+\frac{1}{x_2}\frac{\partial u}{\partial x_2}=\frac{u}{x_2^2}.$$

Р е ш е н и е. Находим частные производные данной функции:

$$\frac{\partial u}{\partial x_1}(x_1, x_2)=x_2\frac{\partial}{\partial x_1}\ln(x_1^2-x_2^2)=x_2\frac{1}{x_1^2-x_2^2}\frac{\partial}{\partial x_1}(x_1^2-x_2^2)=\frac{2x_1x_2}{x_1^2-x_2^2};$$

$$\frac{\partial u}{\partial x_2}(x_1, x_2)=\ln(x_1^2-x_2^2)+x_2\frac{\partial}{\partial x_2}\ln(x_1^2-x_2^2)=$$

$$=\ln(x_1^2-x_2^2)+x_2\frac{1}{x_1^2-x_2^2}\frac{\partial}{\partial x_2}(x_1^2-x_2^2)=\ln(x_1^2-x_2^2)-\frac{2x_2^2}{x_1^2-x_2^2}.$$

Полученные выражения подставим в левую часть уравнения:

$$\frac{1}{x_1}\frac{2x_1x_2}{x_1^2-x_2^2}+\frac{1}{x_2}\left[\ln(x_1^2-x_2^2)-\frac{2x_2^2}{x_1^2-x_2^2}\right]=$$

$$=\frac{2x_2}{x_1^2-x_2^2}-\frac{2x_2}{x_1^2-x_2^2}+\frac{\ln(x_1^2-x_2^2)}{x_2}=\frac{u(x_1, x_2)}{x_2^2}.$$

Таким образом, приходим к тождеству:

$$\frac{u(x_1, x_2)}{x_2^2}=\frac{u(x_1, x_2)}{x_2^2}.$$

То есть функция $u(x_1, x_2)=x_2\ln(x_1^2-x_2^2)$ удовлетворяет данному уравнению

$$\frac{1}{x_1}\frac{\partial u}{\partial x_1}+\frac{1}{x_2}\frac{\partial u}{\partial x_2}=\frac{u}{x_2^2}.\otimes$$

Частные производные функций нескольких переменных

высших порядков

Пример 3.6.11. Найти частные производные до второго порядка включительно функции двух переменных, заданной формулой:

$$u(x, y)=x^4+5x^2y^2+6xy+5.$$

Р е ш е н и е. Имеем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = 4x^3 + 10xy^2 + 6y; \frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = 10x^2 y + 6x;$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, y) = 12x^2 + 10y^2; \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(x, y) = 10x^2;$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}(x, y) = \frac{\partial^2 u}{\partial y \partial x}(x, y) = 20xy + 6. \otimes$$

Пример 3.6.12. Найти частные производные до второго порядка включительно функции двух переменных

$$u(x, y) = e^x \ln y.$$

Р е ш е н и е. Имеем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = e^x \ln y; \frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = \frac{e^x}{y};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, y) = e^x \ln y; \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(x, y) = -\frac{e^x}{y^2};$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}(x, y) = \frac{e^x}{y}. \otimes$$

Пример 3.6.13. Найти частные производные до второго порядка включительно функции двух переменных $u(x, y) = \sin(x + y)$.

Р е ш е н и е. Имеем:

$$\frac{\partial u}{\partial x}(x, y) = \cos(x + y); \frac{\partial u}{\partial y}(x, y) = \cos(x + y);$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, y) = -\sin(x + y); \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}(x, y) = -\sin(x + y);$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}(x, y) = -\sin(x + y). \otimes$$

Пример 3.6.14. Найти частные производные до второго порядка включительно функции двух переменных

$$u(x_1, x_2) = x_1^{x_2}.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим частные производные первого порядка:

$$\frac{\partial u}{\partial x_1} = x_2 x_1^{x_2-1}, \frac{\partial u}{\partial x_2} = x_1^{x_2} \ln x_1.$$

2) Находим частные производные второго порядка, дифференцируя частные производные первого порядка:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1^2} = x_2 (x_2 - 1) x_1^{x_2-2},$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_2 \partial x_1} = x_1^{x_2-1} + x_2 x_1^{x_2-1} \ln x_1 = x_1^{x_2-1} (1 + x_2 \ln x_1),$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_1 \partial x_2} = x_2 x_1^{x_2-1} \ln x_1 + x_1^{x_2} \frac{1}{x_1} = x_1^{x_2-1} (1 + x_2 \ln x_1),$$

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x_2^2} = x_1^{x_2} (\ln x_1)^2. \otimes$$

Дифференцируемость функций нескольких переменных

Пример 3.6.15. Вычислить полный дифференциал функции двух переменных, заданной формулой

$$z = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2}}$$

в точке $M_0\ 1; -1$.

Р е ш е н и е. Находим частные производные функции:

1) $$\frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{1}{2} \frac{2x}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{x}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{x}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}},$$

$$\left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_{\substack{x=1 \\ y=-1}} = -\frac{1}{2^{\frac{3}{2}}} = -\frac{\sqrt{2}}{4};$$

2) $$\frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{1}{2} \frac{2y}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{y}{(x^2 + y^2)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{y}{\sqrt{(x^2 + y^2)^3}},$$

$$\left.\frac{\partial z}{\partial y}\right|_{\substack{x=1\\y=-1}} = \frac{1}{2^{\frac{3}{2}}} = \frac{\sqrt{2}}{4};$$

3) $dz\ (1,-1) = -\frac{\sqrt{2}}{4}dx + \frac{\sqrt{2}}{4}dy$. ⊗

Пример 3.6.16. Вычислить приближённо $(0{,}98)^{2{,}01}$.

Р е ш е н и е. Рассмотрим функцию $z = x^y$. В точке $(1; 2)$ значение функции $z(1; 2) = 1$. Вычислим значение функции в точке $(0{,}98; 2{,}01)$. Имеем $\Delta x = -0{,}02$, $\Delta y = 0{,}01$. Находим частные производные функции $z = x^y$ в точке $(1; 2)$:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = yx^{y-1} \Rightarrow \left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_{\substack{x=1\\y=2}} = 2;$$

$$\frac{\partial z}{\partial y} = x^y \ln x \Rightarrow \left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_{\substack{x=1\\y=2}} = 0.$$

Получаем:

$$(0{,}98)^{2{,}01} = z(1; 2) + \left.\frac{\partial z}{\partial x}\right|_{\substack{x=1\\y=2}} \cdot \Delta x + \left.\frac{\partial z}{\partial y}\right|_{\substack{x=1\\y=2}} \cdot \Delta y = 1 - 0{,}04 = 0{,}96. \otimes$$

Пример 3.6.17. Найти дифференциал функции

$$f = f(x + y^2,\ y + x^2)$$

в точке $M(-1; 1)$.

Р е ш е н и е. Обозначим, например,

$$u = x + y^2,\ v = y + x^2.$$

Для нахождения дифференциала используем формулу дифференциала и правило нахождения производной композиции функций:

$$df(u, v) = \frac{\partial f}{\partial x}dx + \frac{\partial f}{\partial y}dy = \left(\frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial x}\right)dx + \left(\frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial f}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial y}\right)dy;$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial u}\cdot 1 + \frac{\partial f}{\partial v}\cdot 2x;$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}=\frac{\partial f}{\partial u}\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial f}{\partial v}\frac{\partial v}{\partial y}=\frac{\partial f}{\partial u}\cdot 2y+\frac{\partial f}{\partial v}\cdot 1;$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}(M)=\frac{\partial f}{\partial u}(0;2)-\frac{\partial f}{\partial v}(0;2);$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}(M)=\frac{\partial f}{\partial u}(0;2)+\frac{\partial f}{\partial v}(0;2).$$

Подставляя в выражение для полного дифференциала, получаем:

$$df(M)=\frac{\partial f}{\partial x}(M)dx+\frac{\partial f}{\partial y}(M)dy=$$

$$=\left[\frac{\partial f}{\partial u}(0;2)-2\frac{\partial f}{\partial v}(0;2)\right]dx+\left[2\frac{\partial f}{\partial u}(0;2)+\frac{\partial f}{\partial v}(0;2)\right]dy.\otimes$$

Дифференциалы высших порядков

Пример 3.6.18. Найти дифференциал второго порядка функции

$$f=f(x+y,\ xy).$$

Р е ш е н и е. Обозначим $u=x+y$, $v=xy$. Теперь находим:

$$\frac{\partial f}{\partial x}=$$

$$\frac{\partial f}{\partial y}=\frac{\partial f}{\partial u}(x+y,\ xy)+\frac{\partial f}{\partial v}(x+y,\ xy)\cdot y;$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}=\frac{\partial f}{\partial u}(x+y,\ xy)+\frac{\partial f}{\partial v}(x+y,\ xy)\cdot x;$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x\partial y}=\frac{\partial^2 f}{\partial u^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial v\partial u}\cdot x+\frac{\partial^2 f}{\partial u\partial v}\cdot y+\frac{\partial^2 f}{\partial v^2}\cdot xy+\frac{\partial f}{\partial v}=$$

$$=\frac{\partial^2 f}{\partial u^2}+(x+y)\frac{\partial^2 f}{\partial u\partial v}+xy\frac{\partial^2 f}{\partial v^2}+\frac{\partial f}{\partial v};$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}=\frac{\partial^2 f}{\partial u^2}+\frac{\partial^2 f}{\partial v\partial u}\cdot x+\frac{\partial^2 f}{\partial u\partial v}\cdot x+\frac{\partial^2 f}{\partial v^2}\cdot x^2=$$

$$= \frac{\partial^2 f}{\partial u^2} + 2x \frac{\partial^{f\,2}}{\partial u \partial v} + x^2 \frac{\partial^2 f}{\partial v^2}. \otimes$$

Производные сложных и неявно заданных функций

Пусть функция $u = f(x, y)$ задана ***параметрическим способом***, то есть, с помощью формул

$$x = \varphi(t),\ y = \psi(t).$$

Тогда функция u является функцией одного переменного t:

$$u = f(\varphi(t), \psi(t))$$

Пусть функции $x = \varphi(t)$ и $y = \psi(t)$ дифференцируемы в некоторой точке t, то есть, существуют производные

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\varphi(t + \Delta t) - \varphi(t)}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}(t),$$

$$\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\psi(t + \Delta t) - \psi(t)}{\Delta t} = \frac{d\psi}{dt}(t).$$

Если функция $u = f(x, y)$ дифференцируема, то придавая переменной t приращение Δt, видим, что все функции получат соответствующие приращения Δx, Δy и Δu, причём по определению дифференцируемости

$$\Delta u = f(x + \Delta x, y + \Delta y) - f(x, y) =$$

$$= \frac{\partial f}{\partial x}(x, y)\Delta x + \frac{\partial f}{\partial y}(x, y)\Delta y + \alpha \cdot \Delta x + \beta \cdot \Delta y$$

где $\lim\limits_{\Delta t \to 0} \alpha = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \beta = 0$. Из последнего равенства вытекает, что

$$\frac{du}{dt} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta u}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \left\{ \frac{\partial f}{\partial x}(x, y)\frac{\Delta x}{\Delta t} + \frac{\partial f}{\partial y}(x, y)\frac{\Delta y}{\Delta t} + \alpha \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t} + \beta \cdot \frac{\Delta y}{\Delta t} \right\} =$$

$$= \frac{\partial f}{\partial x}(x, y)\frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y}(x, y)\frac{dy}{dt}.$$

Итак, имеем формулу:

$$\frac{du}{dt}=\frac{\partial f}{\partial x}\left(x,\,y\right)\frac{dx}{dt}+\frac{\partial f}{\partial y}\left(x,\,y\right)\frac{dy}{dt}.$$

Если $x=\varphi\left(t,\,s\right)$ и $y=\psi\left(t,\,s\right)$, то имеем две формулы:

$$\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t},$$

$$\frac{\partial u}{\partial s}=\frac{\partial u}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial s}+\frac{\partial u}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial s}.$$

Пример 3.6.19. Найти $\frac{dz}{dt}$, если

$$z=x^3-x^2y,\;x=1-t^2,\;y=t^4.$$

Р е ш е н и е. Находим непосредственно:

$$\frac{dz}{dt}=\frac{\partial z}{\partial x}\frac{dx}{dt}+\frac{\partial z}{\partial y}\frac{dy}{dt}=\left(3x^2-2xy\right)\left(2t\right)+\left(-x^2\right)\left(4t^3\right)=$$

$$=4t^7+2t^6+8t^5+4t^4-4t^3-12t^2+2t.\otimes$$

Пример 3.6.20. Найти $\frac{du}{dt}$, если

$$u=\ln\frac{x_1-x_2+x_3}{x_1^2+x_2^2+x_3^2}+\sin\left(x_1+x_2+x_3\right),$$

$$x_1=a\sin t,\;x_2=b\cos t,\;x_3=ce^{-kt},$$

где $a,\,b,\,c,\,k$ – некоторые постоянные.

Пример 3.6.21. Найти $\frac{\partial z}{\partial t}$ и $\frac{\partial z}{\partial s}$ для функции $z=x^3e^y$, если

$$x=ts,\;y=t^2-s^2.$$

Р е ш е н и е.

$$1)\;\frac{\partial z}{\partial t}=\frac{\partial z}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial t}+\frac{\partial z}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial t}=e^{t^2-s^2}t^2s^3\left(3+2t^2\right).$$

$$2)\;\frac{\partial z}{\partial s}=\frac{\partial z}{\partial x}\frac{\partial x}{\partial s}+\frac{\partial z}{\partial y}\frac{\partial y}{\partial s}=e^{t^2-s^2}t^3s^2\left(3-2s^2\right).\otimes$$

Пусть функция $y = f(x)$ ***задана неявно посредством уравнения***

$$F(x, y) = 0,$$

тогда её производная находится с использованием правила дифференцирования сложной функции путём прямого дифференцирования уравнения, определяющего функцию:

$$\frac{\partial F}{\partial x}(x, y) + \frac{\partial F}{\partial y}(x, y)\frac{dy}{dx} = 0,$$

где учтено, что $\frac{dx}{dx} = 1$. Если $\frac{\partial F}{\partial y}(x, y) \neq 0$, то получаем

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial x}(x, y)}{\frac{\partial F}{\partial y}(x, y)}.$$

Пусть теперь уравнение

$$F(x, y, u) = 0$$

задаёт функцию двух переменных $u = \varphi(x, y)$. Тогда

$$\frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial x}}{\frac{\partial F}{\partial u}}, \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\frac{\partial F}{\partial y}}{\frac{\partial F}{\partial u}}.$$

Пример 3.6.22. Найти частные производные функции $z = z(x, y)$, заданной неявно уравнением

$$x^2 + y^2 + z^2 + 2xy - 4y - 1 = 0.$$

Р е ш е н и е. Здесь

$$F(x, y, z) = x^2 + y^2 + z^2 + 2xy - 4y - 1,$$

следовательно, имеем:

$$\frac{\partial F}{\partial x} = 2x + 2y; \frac{\partial F}{\partial y} = 2x + 2y - 4; \frac{\partial F}{\partial z} = 2z.$$

Используя формулы дифференцирования неявно заданной функции, получаем:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{F'_x}{F'_z} = -\frac{x+y}{z};\ \frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{F'_y}{F'_z} = \frac{2-x-y}{z}. \otimes$$

Практическое занятие 6

Градиент функции и производная по направлению

Пример 3.7.1. Найти $\vec{grad}\ f$ и $\left\| \vec{grad}\ f \right\|$ для функции, определённой формулой

$$f(x, y, z) = x^2 + y^2 - z^2$$

в точке $M_0(-1; 2)$.

Р е ш е н и е. Находим частные производные и их значение в указанной точке:

$$\frac{\partial f}{\partial x}(x, y, z) = 2x,\ \frac{\partial f}{\partial y}(x, y, z) = 2y,\ \frac{\partial f}{\partial z}(x, y, z) = -2z;$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}(-1, 2) = 2,\ \frac{\partial f}{\partial y}(-1, 2) = -2,\ \frac{\partial f}{\partial z}(-1, 2) = -4.$$

Теперь имеем:

$$\vec{grad}\ f\ (M_0) = 2\vec{e}_1 - 2\vec{e}_2 - 4\vec{e}_3,$$

$$\left\| \vec{grad}\ f \right\| = \sqrt{4+4+16} = 2\sqrt{6}. \otimes$$

Пример 3.7.2. Найти производную функции, заданной формулой

$$u(x, y, z) = x^2 - 2xz + y^2$$

в точке $M_0(2; -1)$ по направлению вектора $\vec{M_0M}$, где $M(4; -3)$.

Р е ш е н и е. Находим вектор

$$\vec{M_0M} : \vec{M_0M} = \vec{e}_1 + 2\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Далее, находим градиент функции в произвольной точке и в точке $M_0(2; -1)$:

$$\vec{grad}\,u = \frac{\partial u}{\partial x}\vec{e}_1 + \frac{\partial u}{\partial y}\vec{e}_2 + \frac{\partial u}{\partial z}\vec{e}_3 = (x - 2z)\vec{e}_1 + 2y\,\vec{e}_2 - 2x\,\vec{e}_3,$$

$$\vec{grad}\,u\ \ M_0 = 4\vec{e}_1 + 4\vec{e}_2 - 2\vec{e}_3.$$

Находим производную по направлению вектора $\vec{M_0M}$:

$$\frac{\partial u}{\partial \vec{M_0M}}\ \ M_0 = \frac{\left(\vec{grad}\,u\Big|_M, \vec{M_0M}\right)}{\left\|\vec{M_0M}\right\|} = \frac{\begin{pmatrix}4 & 4 & -2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1\\2\\-2\end{pmatrix}}{\sqrt{1+4+4}} =$$

$$= \frac{4+8+4}{\sqrt{9}} = \frac{16}{3}. \otimes$$

Экстремум функции двух переменных

Пример 3.7.3. Исследовать на экстремум функцию, заданную формулой:

$$z(x, y) = x^2 + xy + y^2 - 2x - 3y.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим критические точки:

$$\begin{cases} z'_x = 0, \\ z'_y = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2x + y = 2, \\ x + 2y = 3. \end{cases}$$

Решение СЛАУ:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/3 \\ 4/3 \end{pmatrix}.$$

Имеем одну критическую точку $M_0\left(\frac{1}{3}; \frac{4}{3}\right)$.

2) Вычисляем определитель:

$$D=\begin{vmatrix} \dfrac{\partial^2 z}{\partial x^2}(M_0) & \dfrac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}(M_0) \\ \dfrac{\partial^2}{\partial x\partial y}(M_0) & \dfrac{\partial^2 z}{\partial y^2}(M_0) \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{vmatrix}=3>0.$$

Точка $M\left(\frac{1}{3};\frac{4}{3}\right)$ является точкой экстремума. Так как

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(M_0)>0,$$

то точка $M_0\left(\frac{1}{3};\frac{4}{3}\right)$ является точкой локального **минимума.**

3) Находим значение функции в точке локального минимума:

$$z(M_0)=\left(\frac{1}{3}\right)^2+\frac{1}{3}\cdot\frac{4}{3}+\left(\frac{4}{3}\right)^2-\frac{2}{3}-\frac{12}{3}=-\frac{7}{3}.\otimes$$

Пример 3.7.4. Исследовать на экстремуму функцию, заданную формулой:

$$z(x,y)=x^2+y^2+\frac{(x+2y-16)^2}{2}.$$

Р е ш е н и е. 1) Находим критические точки:

$$\begin{cases} z'_x=0, \\ z'_y=0, \end{cases}\Rightarrow\begin{cases} 3x+2y=16, \\ x+3y=16. \end{cases}$$

Эта СЛАУ имеет решение:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 16/7 \\ 32/7 \end{pmatrix}.$$

Таким образом, имеем одну критическую точку $M_0\left(\frac{16}{7};\frac{32}{7}\right)$.

2) Вычисляем определитель:

$$D=\begin{vmatrix} \dfrac{\partial^2 z}{\partial x^2}(M_0) & \dfrac{\partial^2 z}{\partial x\partial y}(M_0) \\ \dfrac{\partial^2}{\partial x\partial y}(M_0) & \dfrac{\partial^2 z}{\partial y^2}(M_0) \end{vmatrix}=\begin{vmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 6 \end{vmatrix}=14>0.$$

Точка $M_0\left(\frac{16}{7};\frac{32}{7}\right)$ является точкой локального экстремума. Так как

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}(M_0)>0,$$

то точка $M_0\left(\frac{16}{7};\frac{32}{7}\right)$ является точкой локального **минимума.**

3) Находим значение функции в точке локального минимума:

$$z(M_0)\approx 36{,}6.\otimes$$

Практическое занятие № 8

Непосредственное вычисление суммы числового ряда

Пример 3.8.1. Найти сумму ряда

$$\frac{1}{1\cdot 2}+\frac{1}{2\cdot 3}+\frac{1}{3\cdot 4}+\ldots+\frac{1}{n\cdot(n+1)}+\ldots.$$

Р е ш е н и е. Общий член ряда равен

$$a_n=\frac{1}{n\cdot(n+1)}=\frac{1}{n}-\frac{1}{n+1}.$$

Следовательно, для последовательности частичных сумм ряда имеем

$$s_n=\left(\frac{1}{1}-\frac{1}{2}\right)+\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\right)+\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{4}\right)+\ldots+\left(\frac{1}{n}-\frac{1}{n+1}\right)\ldots=1-\frac{1}{n+1}.$$

Сумма ряда находится путём непосредственного предельного перехода:

$$\lim_{n\to\infty} s_n=\lim_{n\to\infty}\left(1-\frac{1}{n+1}\right)=1.\otimes$$

Пример 3.8.2. Найти сумму ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{4n^2-1}$.

Р е ш е н и е. Общий член ряда можно представить в виде:

$$a_n=\frac{1}{4n^2-1}=\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2n-1}-\frac{1}{2n+1}\right).$$

Записывая общий член последовательности частичных сумм ряда в виде

$$s_n=\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{1}-\frac{1}{3}\right)+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{3}-\frac{1}{5}\right)+\ldots+\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{1}{2n-1}-\frac{1}{2n+1}\right)=\frac{1}{2}-\frac{1}{2(2n+1)}$$

и переходя непосредственно к пределу, получаем:

$$\lim_{n\to\infty}s_n=\lim_{n\to\infty}\left[\frac{1}{2}-\frac{1}{2(2n+1)}\right]=\frac{1}{2}.\ \otimes$$

Пример 3.8.3. Найти сумму ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^{n-1}}=1+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}+\ldots+\frac{1}{2^{n-1}}+\ldots.$$

Р е ш е н и е. Имеем геометрическую прогрессию, которая в силу неравенства $q=\frac{1}{2}<1$ сходится и имеет сумму

$$S=\frac{1}{1-q}=2.\ \otimes$$

Необходимый признак сходимости

Пример 3.8.4. Проверить выполнение необходимого признака сходимости для ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2n-1}$.

Р е ш е н и е. Вычисляя предел последовательности членов ряда, имеем

$$\lim_{n\to\infty}\frac{1}{2n-1}=\lim_{n\to\infty}\frac{\frac{1}{n}}{2-\frac{1}{n}}=\frac{0}{2}=0.$$

Необходимый признак сходимости выполняется. $\otimes$

Пример 3.8.5. Проверить выполнение необходимого признака сходимости для ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{n^2+1}$.

Р е ш е н и е. Вычисляя предел последовательности членов ряда, имеем

$$\lim_{n\to\infty}\frac{1}{n^2+1}=\lim_{n\to\infty}\frac{\frac{1}{n^2}}{1+\frac{1}{n^2}}=\frac{0}{1}=0.$$

Необходимый признак сходимости выполняется. ⊗

Признак сравнения

Пример 3.8.6. Исследовать сходимость ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n}{1+2^{2n}}$.

Р е ш е н и е. Для почти всех n выполняется неравенство

$$\frac{2^n}{1+2^{2n}}<\frac{2^n}{2^{2n}}=\frac{1}{2^n}.$$

Следовательно, ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n}{1+2^{2n}}$ является минорантой ряда геометрической прогрессии $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{2^n}$, который сходится, так как $q=\frac{1}{2}<1$.

Следовательно, ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n}{1+2^{2n}}$ по признаку сравнения сходится. ⊗

Пример 3.8.7. Исследовать на сходимость ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2(2+\sin n)}$.

Р е ш е н и е. Проверяем выполнение необходимого признака сходимости:

$$\lim_{n\to\infty}\frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2(2+\sin n)}=0.$$

Необходимый признак сходимости выполняется.

Общий член ряда удовлетворяет следующим условиям: $\forall n\in N$

$$-1 \le \sin n \le 1;\ 1 < 2 + \sin n < 3;\ \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2\left(2+\sin n\right)} > 0.$$

Имеем ряд с положительными членами, для которого можно применить признак сравнения.

Предположим, что ряд сходится, и попробуем подтвердить это предположение. Для этого заметим, что

$$\sqrt{n^3+1} < 2n^{3/2}.$$

Поэтому имеем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2\left(2+\sin n\right)} < \frac{2n^{3/2}}{n^2} = \frac{2}{n^{1/2}}.$$

Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n^{1/2}}$ является так называемым обобщённым гармоническим рядом $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a}{n^{\alpha}}$, который при $0 < \alpha < 1$ расходится. Поэтому предположение о сходимости исходного ряда подтвердить не удалось.

Предположим, что ряд расходится, и попробуем подтвердить это предположение. Для этого заметим, что

$$\sqrt{n^3+1} > \sqrt{n^3}.$$

Поэтому имеем:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2\left(2+\sin n\right)} > \frac{n^{3/2}}{3n^2} = \frac{1}{3n^{1/2}}.$$

Так как обобщённый гармонический ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3n^{1/2}}$ расходится, то и исходный ряд также расходится. ⊗

Признак Даламбера

Пример 3.8.8. Выяснить вопрос о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n}}{2^n}$.

Р е ш е н и е. Находя отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$, получаем:

$$a_n = \frac{\sqrt{n}}{2^n}, a_{n+1} = \frac{\sqrt{n+1}}{2^{n+1}};$$

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{\sqrt{n+1}\cdot 2^n}{2^n \cdot 2 \cdot \sqrt{n}} = \frac{1}{2}\cdot\frac{\sqrt{n+1}}{\sqrt{n}} = \frac{1}{2}\cdot\sqrt{\frac{n+1}{n}} = \frac{1}{2}\cdot\sqrt{1+\frac{1}{n}}.$$

Очевидно, что для всех n выполняется неравенство $\frac{a_{n+1}}{a_n} < 1$. Поэтому ряд сходится по признаку Даламбера. ⊗

Пример 3.8.9. Выяснить вопрос о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^n}{n!}$.

Р е ш е н и е. Находя отношение $\frac{a_{n+1}}{a_n}$, получаем:

$$a_n = \frac{n^n}{n!}, a_{n+1} = \frac{(n+1)^{n+1}}{(n+1)!};$$

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{(n+1)^{n+1}\cdot n!}{(n+1)!\cdot n^n} = \frac{(n+1)^n}{n^n} = \left(1+\frac{1}{n}\right)^n.$$

Очевидно, что для всех n выполняется неравенство

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \left(1+\frac{1}{n}\right)^n > 1.$$

Поэтому ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^n}{n!}$ по признаку Даламбера расходится. ⊗

Знакопеременные ряды

Пример 3.8.10. Выяснить вопрос о сходимости знакочередующегося ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{n}.$$

Р е ш е н и е. Члены ряда по абсолютной величине монотонно убывают:

$$1 > \frac{1}{2} > \frac{1}{3} > \frac{1}{4} > \ldots.$$

Последовательность абсолютных величин членов ряда сходится к нулю:

$$\lim_{n\to\infty}|a_n| = \lim_{n\to\infty}\left|(-1)^{n-1}\frac{1}{n}\right| = \lim_{n\to\infty}\frac{1}{n} = 0.$$

Поэтому ряд $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n}$ по признаку Лейбница сходится. ⊗

Пример 3.8.11. Оценить ошибку, допускаемую при замене суммы ряда

$$\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n}$$

суммой четырёх его первых членов.

Р е ш е н и е. Ряд сходится (см. предыдущую задачу). Ошибка, получающаяся при замене суммы ряда суммой четырёх его первых членов, меньше абсолютной величины пятого члена: $\Delta < 0{,}2$. ⊗

Пример 3.8.12. Выяснить вопрос о типе сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{n!}$.

Р е ш е н и е. Ряд сходится (см. задачу 8.11). Рассмотрим ряд, составленный из абсолютных величин членов данного ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n!}$. Вычисляем отношение

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{n!}{(n+1)!} = \frac{1}{n+1}.$$

Для всех n, очевидно, имеет место неравенство

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{1}{n+1} < 1.$$

Поэтому ряд сходится абсолютно. ⊗

Пример 3.8.13. Выяснить вопрос о типе сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{1}{\sqrt[3]{n}}$.

Р е ш е н и е. Ряд знакочередующийся, последовательность его членов монотонно убывает и сходится к нулю. Поэтому ряд сходится по признаку Лейбница.

Рассмотрим ряд, составленный из абсолютных величин его членов, то есть ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt[3]{n}}$.

Сравнивая его с гармоническим рядом, замечаем, что для почти всех n (начиная с $n=2$) каждый член этого ряда больше соответствующего члена гармонического ряда:

$$\frac{1}{\sqrt[3]{n}} > \frac{1}{n}.$$

Так как гармонический ряд расходится, то по признаку сравнения расходится и ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[3]{n}}$. Поэтому ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{1}{\sqrt[3]{n}}$ не является абсолютно сходящимся, то есть сходится условно. ⊗

Практическое занятие 9

Функциональные ряды

Пример 3.9.1. Исследовать сходимость функционального ряда

$$\frac{4-x}{7x+2} + \frac{1}{3}\cdot\left(\frac{4-x}{7x+2}\right)^2 + \frac{1}{5}\cdot\left(\frac{4-x}{7x+2}\right)^3 + \ldots + \frac{1}{2n-1}\cdot\left(\frac{4-x}{7x+2}\right)^n + \ldots$$

в точках $x_1 = 0$ и $x_2 = 1$.

Р е ш е н и е. 1) В точке $x_1 = 0$ имеем

$$2 + \frac{1}{3}\cdot 2^2 + \frac{1}{5}\cdot 2^3 + \ldots + \frac{1}{2n-1}\cdot 2^n + \ldots.$$

Это ряд с положительными членами. Применим признак Даламбера:

$$u_n = \frac{2^n}{2n-1};\ u_{n+1} = \frac{2^{n+1}}{2n+1};$$

$$\frac{u_{n+1}}{u_n} = \frac{2^{n+1}}{2n+1}\cdot\frac{2n-1}{2^n} = 2\cdot\frac{2n-1}{2n+1} = 2\cdot\frac{2n+1-2}{2n+1} = 2\cdot\left(1-\frac{2}{2n+1}\right) > 1.$$

Поэтому в точке $x_1 = 0$ ряд расходится.

2) В точке $x_2 = 1$ имеем

$$\frac{1}{3} + \frac{1}{3}\cdot\frac{1}{3^2} + \frac{1}{5}\cdot\frac{1}{3^3} + \ldots + \frac{1}{2n-1}\cdot\frac{1}{3^n} + \ldots.$$

Применяем признак Даламбера:

$$u_n = \frac{1}{3^n\cdot(2n-1)};\ u_{n+1} = \frac{1}{(2n+1)\cdot 3^{n+1}};$$

$$\frac{u_{n+1}}{u_n}=\frac{(2n-1)\cdot 3^n}{(2n+1)\cdot 3^{n+1}}=\frac{1}{3}\cdot\frac{2n-1}{2n+1}=\frac{1}{3}\cdot\frac{2n+1-2}{2n+1}=\frac{1}{3}\cdot\left(1-\frac{2}{2n+1}\right)<1.$$

Поэтому в точке $x_2=1$ ряд сходится. $\otimes$

Пример 3.9.2. Найти промежуток сходимости и сумму ряда

$$1+e^{-x}+e^{-2x}+\ldots+e^{-(n-1)x}+\ldots.$$

Р е ш е н и е. В точке $x=0$ не выполняется необходимый признак сходимости и ряд, очевидно, расходится. Рассмотрим промежутки $(-\infty, 0)$ и $(0, \infty)$.

1) На промежутке $(-\infty, 0)$ имеем:

$$\lim_{n\to\infty}u_n=\lim_{n\to\infty}e^{-(n-1)x}=\lim_{n\to\infty}e^{(n-1)\cdot(-x)}=\left\{x=t\right\}=\lim_{n\to\infty}e^{(n-1)t},$$

где $t\in(0,\infty)$. Поэтому $\lim\limits_{n\to\infty}u_n=\lim\limits_{n\to\infty}e^{(n-1)t}\neq 0$. Снова не выполняется необходимый признак сходимости. Ряд на промежутке $(-\infty, 0)$ расходится.

2) На промежутке $(0, \infty)$ выполняется необходимый признак сходимости. Далее имеем:

$$\frac{u_{n+1}}{u_n}=\frac{e^{-nx}}{e^{-(n-1)x}}=\frac{e^{(n-1)x}}{e^{nx}}=e^{-x}=\frac{1}{e^x}.$$

На $(0, \infty)$ всегда $\dfrac{1}{e^x}<1$. Поэтому ряд сходится.

Перепишем ряд в виде:

$$1+\frac{1}{e^x}+\left(\frac{1}{e^x}\right)^2+\ldots+\left(\frac{1}{e^x}\right)^n+\ldots.$$

Имеем геометрическую прогрессию со знаменателем $q=\dfrac{1}{e^x}<1$. Поэтому сумма ряда равна

$$S=\frac{1}{1-q}=\frac{1}{1-\frac{1}{e^x}}=\frac{e^x}{e^x-1}.\otimes$$

Пример 3.9.3. Исследовать сходимость степенного ряда

$$x+\frac{1}{2}x^2+\frac{1}{3}x^3+\ldots+\frac{1}{n}x^n+\ldots.$$

Р е ш е н и е. Здесь

$$a_n=\frac{1}{n},\ a_{n+1}=\frac{1}{n+1}.$$

Радиус сходимости

$$R=\lim_{n\to\infty}\left|\frac{a_n}{a_{n+1}}\right|=\lim_{n\to\infty}\frac{n+1}{n}=1.$$

Ряд сходится в промежутке $-1<x<1.$

Если $x=1$, имеем гармонический ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}$, который расходится.

Если $x=-1$, то получаем ряд

$$-1+\frac{1}{2}-\frac{1}{3}+\frac{1}{4}-\ldots.$$

Это ряд Лейбница и, следовательно, он сходится.

Таким образом, областью сходимости данного ряда является промежуток $x\in[-1,1)$, который можно задать двойным неравенством $-1\le x<1.\otimes$

Пример 3.9.4. Исследовать сходимость ряда

$$(x-2)+\frac{1}{2^2}(x-2)^2+\frac{1}{3^2}(x-2)^3+\ldots+\frac{1}{n^2}(x-2)^n+\ldots.$$

Р е ш е н и е. Коэффициенты ряда выражаются формулами:

$$a_n=\frac{1}{n^2};\ a_{n+1}=\frac{1}{(n+1)^2}.$$

Поэтому радиус сходимости

$$r=\lim_{n\to\infty}\frac{(n+1)^2}{n^2}=\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^2=\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{2}{n}+\frac{1}{n^2}\right)=1.$$

Таким образом, ряд сходится, если

$$-1<x-2<1\Rightarrow 1<x<3.$$

На левом конце промежутка сходимости $x=1$ имеем ряд

$$-1+\frac{1}{2^2}-\frac{1}{3^2}+\frac{1}{4^2}-\ldots.$$

Это знакочередующийся ряд Лейбница, который сходится, так как сходится ряд из абсолютных величин его членов.

На правом конце промежутка сходимости $x=3$ имеем ряд

$$1+\frac{1}{2^2}+\frac{1}{3^2}+\frac{1}{4^2}+\ldots.$$

Этот ряд сходится, так как при $p>1$ сходится ряд

$$1+\frac{1}{2^p}+\frac{1}{3^p}+\frac{1}{4^p}+\ldots,$$

что является табличным фактом.

Степенной ряд сходится для значений x, удовлетворяющих двойному неравенству $1\le x\le 3.\otimes$

Пример 3.9.5. Исследовать сходимость ряда

$$1!(x-5)+2!(x-5)^2+3!(x-5)^3+\ldots+n!(x-5)^n+\ldots.$$

Р е ш е н и е. Коэффициенты ряда

$$a_n=n!;\ a_{n+1}=(n+1)!.$$

Поэтому радиус сходимости

$$r=\lim_{n\to\infty}\frac{n!}{(n+1)!}=\lim_{n\to\infty}\frac{1\cdot 2\cdot 3\cdot\ldots\cdot n}{1\cdot 2\cdot 3\cdot\ldots\cdot n\cdot(n+1)}=\lim_{n\to\infty}\frac{1}{n+1}=0.$$

Ряд сходится только при $x-5=0$, то есть в точке $x=5.\otimes$

Пример 3.9.6. Показать, что ряд $\sum\limits_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n\cdot n}{x^4+n^2}$ сходится равномерно на промежутке $(-\infty,\infty)$.

Р е ш е н и е. Выпишем несколько первых членов ряда:

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n\cdot n}{x^4+n^2}=-\frac{1}{x^4+1^2}+\frac{2}{x^4+2^2}-\frac{3}{x^4+3^2}+\ldots.$$

Имеем знакочередующийся ряд, причём

$$|u_1|=\frac{1}{x^4+1}>|u_2|=\frac{2}{x^4+4}>|u_3|=\frac{3}{x^4+9}>\ldots$$

Применим признак Лейбница:

$$\lim_{n\to\infty}\left|\frac{(-1)^n\cdot n}{x^4+n^2}\right| = \lim_{n\to\infty}\frac{\frac{1}{n}}{\left(\frac{x^2}{n}\right)^2+1} = 0.$$

Ряд сходится для любых $x \in (-\infty, \infty)$.

Для остатка ряда имеем

$$|r_n| = \left|\sum_{n=m+1}^{\infty}\frac{(-1)^n\cdot n}{x^4+n^2}\right| < |u_{m+1}| = \left|\frac{(-1)^{m+1}\cdot(m+1)}{x^4+(m+1)^2}\right| < \frac{1}{m+1},$$

так как $x^4 > 0$. Рассмотрим неравенство $\frac{1}{m+1} < \varepsilon$. Из этого неравенства получаем $m > \frac{1}{\varepsilon} - 1$. Если теперь мы выберем $m_0 = \left[\frac{1}{\varepsilon} - 1\right] + 1$, то $(\forall m \geq m_0)$ получаем $|r_m| < \frac{1}{m+1} < \varepsilon$. Таким образом, ряд сходится на $(-\infty, \infty)$ независимо от x, то есть равномерно по $x \in (-\infty, \infty)$. $\otimes$

Ряд Тейлора (Маклорена)

Пример 3.9.7. Разложить функцию

$$f(x) = \frac{3}{2-x-x^2}$$

по степеням x $(x_0 = 0)$ в ряд Тейлора.

Р е ш е н и е. Данную функцию разложим на элементарные дроби:

$$f(x) = \frac{3}{2-x-x^2} = \frac{1}{1-x} + \frac{1}{x+2}.$$

Теперь можно использовать готовое табличное разложение

$$\frac{1}{1-t} = 1+t+t^2+t^3+\ldots = \sum_{n=0}^{\infty} t^n,\ t \in (-1,1).$$

Применяя это разложение, получаем:

$$\frac{1}{1-x} = 1 + x + x^2 + x^3 + \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} x^n;$$

$$\frac{1}{x+2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1+\frac{x}{2}} = \frac{1}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^n}{2^n} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n x^n}{2^{n+1}}, \; x \in (-2, 2).$$

Получаем разложение для исходной функции:

$$f(x) = \frac{3}{2-x-x^2} = \sum_{n=0}^{\infty} \left(1 + \frac{(-1)^n}{2^{n+1}} \right) x^n.$$

Область сходимости данного ряда – пересечение указанных областей сходимости:

$$M = (-1, 1) \cap (-2, 2) = (-1, 1). \otimes$$

Пример 3.9.8. Разложить в ряд Маклорена функцию, определённую формулой $f(x) = \sin^2 x$.

Р е ш е н и е. Вычисляем производные данной функции:

$$f^{(0)}(x) = \sin^2 x;$$

$$f'(x) = 2 \cdot \sin x \cdot \cos x = \sin 2x;$$

$$f''(x) = 2 \cdot \cos 2x = 2 \cdot \sin\left(2x + \frac{\pi}{2} \right);$$

$$f'''(x) = -4 \cdot \sin 2x = 2^2 \cdot \sin\left(2x + 2\frac{\pi}{2} \right);$$

$$f^{(4)}(x) = -8 \cdot \cos 2x = 2^3 \cdot \sin\left(2x + 3\frac{\pi}{2} \right);$$

.....;

$$f^{(n)}(x) = 2^{n-1} \cdot \sin\left[2x + (n-1)\frac{\pi}{2} \right];$$

$$f^{(n+1)}(x) = 2^n \cdot \sin\left[2x + n \cdot \frac{\pi}{2} \right];$$

.....

Вычисляем производные в точке $x = 0$:

$$f^{(0)}(0) = 0;$$

$$f'(0) = 0;$$

$$f''(0) = 2;$$

$$f'''(0) = 0;$$

$$f^{(4)}(0) = 2^3;$$

$$f^{(5)}(0) = 0;$$

$$f^{(6)}(0) = 2^5;$$

……..

Остаточный член в форме Лагранжа имеет вид

$$r_n = \frac{f^{(n+1)}(\xi)}{(n+1)!} \cdot x^{n+1} = \frac{2^n \cdot \sin\left(2 \cdot \xi + \frac{n \cdot \pi}{2}\right)}{(n+1)!} \cdot x^{n+1} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{(2 \cdot x)^{n+1}}{(n+1)!} \cdot \sin\left(2 \cdot \xi + \frac{n \cdot \pi}{2}\right).$$

Так как

$$\lim_{n \to \infty} \frac{(2 \cdot x)^{n+1}}{(n+1)!} = 0, \left|\sin\left(2 \cdot \xi + \frac{n \cdot \pi}{2}\right)\right| \le 1,$$

получаем $\lim\limits_{n \to \infty} r_n = 0$. Поэтому функция $f(x) = \sin^2 x$ может быть разложена в ряд Маклорена

$$\sin^2 x = \frac{2}{2!} \cdot x^2 - \frac{2^3}{4!} \cdot x^4 + \frac{2^5}{6!} \cdot x^6 - \frac{2^7}{8!} \cdot x^8 + \ldots$$

на любом промежутке $[-b, b]$. ⊗

Задания для самостоятельной работы

Предел и дифференцируемость функций одного переменного

1. Выяснить тип монотонности последовательностей:

1) $\left(\frac{n}{2n+1}\right)$; 2) $\left(\frac{n}{5^n}\right)$; 3) $\left(\frac{n}{4n-3}\right)$; 4) $\left(\frac{n}{n+1}\right)$; 5) $\left(1+\frac{1}{2^n}\right)$.

2. Используя определение, показать, что $\lim\limits_{n\to\infty} x_n = x_0$, если:

1) $x_n = \frac{3n+1}{5n+2}$, $x_0 = \frac{3}{5}$;

2) $x_n = \frac{2n-2}{3n-1}$, $x_0 = \frac{2}{3}$;

3) $x_n = \frac{4n-2}{2n+3}$, $x_0 = 2$;

4) $x_n = \frac{4n^2+1}{n^2+2}$, $x_0 = 4$;

5) $x_n = \frac{3-n^3}{1+n^3}$, $x_0 = -1$;

6) $x_n = \frac{6n-2}{2n+1}$, $x_0 = 3$;

7) $x_n = \frac{3+8n^2}{1+4n^2}$, $x_0 = 2$;

8) $x_n = \frac{5n+2}{3n+1}$, $x_0 = \frac{5}{3}$.

3. Вычислить предел последовательности:

1) $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{1-n}{n}$;

2) $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{3n-2}{2n+5}$;

3) $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{(6-n)^2+(6+n)^2}{(6-n)^2-(6+n)^2}$;

4) $\lim\limits_{n\to\infty} \frac{(4-n)^3-(2-n)^3}{(3-n)^2-(2+n)^4}$;

5) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{(3+n)^2-(2+n)^2}{(2+n)^2-(-n)^2}$;

6) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{(2+n)^3}{(n+2)^2-(n+1)^3}$;

7) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{(n+2)^2-(n+5)^3}{(3-n)^3}$;

8) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{n^2+\dfrac{n}{2^n}}{n^2-1}$;

9) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{n^3}{n^2+1}-\dfrac{3n^2}{3n-1}\right)$;

10) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\sqrt{a^2n^2+bn}-an\right)$;

11) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{n\sqrt[3]{3n^2}+\sqrt[4]{4n^8+1}}{(n+\sqrt{n})\sqrt{7-n+n^2}}$;

12) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{\sqrt{n-1}-\sqrt{2n^2+3}}{\sqrt[3]{n^3+3}+\sqrt[4]{n^5+2}}$;

13) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{10n^3-\sqrt{n^3+2}}{\sqrt{4n^6+3}-n}$;

14) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{\sqrt{n+2}-\sqrt[3]{8n^3+3}}{\sqrt[4]{n+5}+n}$;

15) $\lim\limits_{n\to\infty}\dfrac{2^{n+1}+5^{n+1}}{2^n+5^n}$;

16) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(2^{-n}\sin x\right)$;

17) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{n+2}{n-1}\right)^n$;

18) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{n^2+1}{n^2}\right)^{n^2}$;

19) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{n^2+n+3}{n^2+n-1}\right)^{-n^2}$;

20) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(\dfrac{2n^2+n+5}{2n^2+n+1}\right)^{3n^2}$;

21) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(1+\dfrac{1}{n}\right)^{n+1}$;

22) $\lim\limits_{n\to\infty}\left(1-\dfrac{1}{3n}\right)^{n}$.

23. Найти множество определения M и множество значений $f(M)$ функции $f(x)=\lg x$.

24. Найти множество определения M следующих функций:

1) $f(x)=\dfrac{x^2-1}{x-1}$; 2) $f(x)=\dfrac{2x}{x^2-5x+4}$; 3) $f(x)=(x-2)\cdot\sqrt{\dfrac{x+1}{1-x}}$;

4) $f(x)=\lg(x-2)-\sqrt{\dfrac{x+2}{1-x}}$; 5) $f(x)=\dfrac{3x^2-5x+2}{2x^3-3x^2+x}$.

25. Выяснить, какие из данных функций являются чётными, а какие нечётными:

1) $f(x)=1-x$; 2) $f(x)=x^3+x$; 3) $f(x)=\sqrt{2x-x^2}$;

4) $f(x)=x^5-x^3+x$; 5) $f(x)=x^2+x-1$.

26. Выяснить, является ли данная функция периодической и если функция является периодической, то найти её период:

1) $f(x)=5$; 2) $f(x)=\sin(6x+3)$; 3) $f(x)=\cos x^2$;

4) $f(x)=2[x]+1$, где $[x]$ – целая часть x.

27. Используя определение непрерывности функции по Гейне, доказать, что функция $f(x) = x^2 + 3x + 3$ непрерывна в любой точке действительной числовой оси $(-\infty, +\infty)$.

28. Используя определение непрерывности по Коши показать, что следующие функции непрерывны в заданных точках x_0:

1) $f(x) = 3x - 5,\ x_0 = 2$; 2) $f(x) = 4x^2 - 1,\ x_0 = 2$;

3) $f(x) = -3x^2 + 8,\ x_0 = 4$; 4) $f(x) = 4x^2 + 1,\ x_0 = 8$;

5) $f(x) = \sin x - \cos 2x,\ x_0 = \dfrac{\pi}{2}$.

29. Решить неравенство $\dfrac{x^2 - 5x + 6}{x^3 - 1} < 0$.

30. Найти предел данной функции при $x \to x_0$:

1) $\lim\limits_{x\to 1} \dfrac{3x^2 - 5x + 2}{2x^3 - 3x^2 + x}$; 2) $\lim\limits_{x\to -1} \dfrac{x^3 + 3x^2 + 7x + 5}{x^2 - x - 2}$;

3) $\lim\limits_{x\to -1} \dfrac{x^3 + x^2 - x - 1}{x^3 - 3x - 2}$; 4) $\lim\limits_{x\to 1} \dfrac{x^4 - 1}{x^4 - x^3 + x - 1}$;

5) $\lim\limits_{x\to -1} \dfrac{x^3 - x^2 - x - 2}{x^3 - 2x^2 + x - 2}$ 6) $\lim\limits_{x\to a} \dfrac{x^4 - a^4}{x^3 - a^3}$; 7) $\lim\limits_{x\to \frac{\pi}{2}} \dfrac{1 + \sin x}{1 - \cos 2x}$;

8) $\lim\limits_{x\to 0} \dfrac{\ln(+\sin 2x)}{\sin 3x}$; 9) $\lim\limits_{x\to 0} \dfrac{1 - \cos 2x}{\cos 5x - \cos 3x}$; 10) $\lim\limits_{x\to 0} \left(\dfrac{1 + x3^x}{1 + x2^x} \right)^{\frac{1}{x^2}}$;

12) $\lim\limits_{x\to 0} (-\ln\cos x)^{\frac{1}{\sin^2 x}}$.

31. Используя свойства бесконечно малых и бесконечно больших функций, найти следующие пределы:

1) $\lim\limits_{x\to 5} \dfrac{3x + 5}{x - 5}$; 2) $\lim\limits_{x\to \infty} \dfrac{\sin x}{x}$; 3) $\lim\limits_{x\to 0} \left(x \cdot \cos \dfrac{1}{x} \right)$;

4) $\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{2x^2-x-1}{(x-1)^2}$; 5) $\lim\limits_{x\to 2}\dfrac{\sqrt{x+2}-\sqrt{6-x}}{x^2-4}$;

6) $\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{3x^2+2}{4x^5+x+1}$; 7) $\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2^{x+1}+3^{x+1}}{2^x+3^x}$;

8) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(\sqrt{x^2+1}-\sqrt{x^2-1}\right)$; 9) $\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin 6x}{4x}$; 10) $\lim\limits_{x\to\infty}\left(1+\dfrac{5}{x}\right)^{3x}$.

32. Используя таблицу производных, найти первую производную функцию для заданной функции и, если требуется, её значение в заданных точках:

1) $f(x)=\ln\dfrac{5-4x^2}{3+7x^2}$, $x_0=3$; 2) $f(x)=\ln\dfrac{(1+x^2)\cdot(1-2x)^3}{(x^2-5)^2}$;

3) $f(x)=x\cdot\ln x$, $x=1$, $x=1x=e$, $x=\dfrac{1}{e}$, $x=\dfrac{1}{e^2}$;

4) $f(x)=\sqrt[8]{x^3}-4x^6+5\ln x-7\cos x+tg(3x^2+2)+ctg6x$;

5) $f(x)=\ln^2(1-\cos x)$; 6) $f(x)=\dfrac{3^x(\sin x+\cos x\cdot\ln 3)}{1+\ln^2 3}$;

7) $f(x)=\ln\sin 3-\dfrac{\cos^2 x}{\sin x}$; 8) $f(x)=\ln(1+\sqrt{thx})$.

33. Найти первую производную и дифференциал функции

$$f(x)=\frac{\ln x}{\sin x}+(1+x^2)\cdot ctgx.$$

34. Найти $f'(0)$ и $df(0)$, если $f(x)=\dfrac{1-10^x}{1+10^x}$.

35. Найти $f'(x)$ и $df(x)$, если $f(x)=\ln(e^x+7)$.

36. Пусть функции f и g, определённые на одном и том же множестве $M\subset R$, n-раз дифференцируемы на этом множестве. Показать, что сумма и произведение этих функций также n-раз дифференцируемы на M.

37. Найти производные указанных порядков для данных функций:

1) $f(x)=\ln(2x-3)$, $f''(x)=?$;

2) $f(x)=\sin 2x+\cos 3x,\ f'''(x)=?;$

3) $f(x)=\dfrac{x+1}{2x+3},\ f'''(x)=?;$

4) $f(x)=\ln(3x+1),\ f'''(x)=?;$

5) $f(x)=3^{2x+1},\ f'''(x)=?;$

6) $f(x)=x^2\cdot\sin x,\ f^{(8)}=?.$

38. Найти производные и дифференциалы указанных порядков:

1) $f(x)=\cos^2 x,\ f''(x)=?,\ d^2 f(x)=?;$

2) $f(x)=e^x\cos x,\ f^{(8)}(x)=?,\ d^{(8)}f(x)=?.$

Дифференцируемость функций нескольких переменных

Интегрируемость функций одного переменного

1. Найти частные производные первого порядка функций, заданных формулами:

1) $u(x,y)=x^3\sin y+y^4;$ 2) $u(x,y)=x^2\sqrt{\dfrac{x+y}{x-y}}.$

2. Найти частные производные в заданных точках:

1) $u(x,y)=\dfrac{1-xy}{1+xy},\ A(0;1);$

2) $u(x,y)=x\sqrt{y}+\dfrac{y}{\sqrt[3]{x}},\ A(1;1);$

3) $u(x,y)=\ln\sqrt{x^2+y^2},\ A(\sqrt{2};1).$

3. Найти полные дифференциалы следующих функций:

1) $u=\dfrac{x}{\sqrt{x^2+y^2}};$ 2) $u=\ln(x_1+\sqrt{x_1^2+x_2^2});$

3) $u=\ln\sin(x_1-2x_2);$ 4) $u=x^2yz^4;$ 5) $u=\ln(x^3-y^3+2z^3).$

4. Пусть функция задана формулой $f(x, y) = x^2 \sin^2 y$. Вычислить $df(x_0, y_0)$ в точке $(x_0, y_0) = \left(-1; \frac{\pi}{4}\right)$.

5. Вычислить значения полных дифференциалов функций, заданных формулами:

1) $u = \frac{x_2}{x_2 - x_1}$, $x_1 = 1$, $x_2 = 2$, $dx_1 = \frac{1}{2}$, $dx_2 = -\frac{1}{3}$;

2) $u = \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}$,

$x = 3$, $y = 4$, $z = 5$, $dx = -0{,}1$, $dy = 0{,}3$, $dz = 0{,}2$.

6. Вычислить приближённое значение выражения $(1{,}02)^3 \cdot (0{,}97)^2$.

7. Найти $\frac{du}{dt}$, если $u = e^{x-3y}$, $x = \sin t$, $y = t^2$.

8. Найти $\frac{\partial f}{\partial u}, \frac{\partial f}{\partial v}$, если $f = \ln(x^2 + y^2)$, $x = uv$, $y = \frac{u}{v}$.

9. Функция задана уравнением $e^u = \cos x \cos y$. Найти $\frac{\partial u}{\partial x}$ и $\frac{\partial u}{\partial y}$.

10. Проверить справедливость теоремы Ферма для функции $f(x) = 3x^2 - 1$ на промежутке $[-1, 2]$.

11. Проверить справедливость теоремы Ролля для функции $f(x) = x$ на промежутке $[0, 1]$.

12. Проверить справедливость первой теоремы о среднем для функции $f(x) = 2x - x^2$ на промежутке $[1, 3]$. Найти точку ξ, удовлетворяющую условию $\frac{f(b) - f(a)}{b - a} = f'(\xi)$.

13. Раскрыть неопределённости по правилам Лопиталя:

1) $\lim\limits_{x \to 0} \frac{\sin x}{x} = \left[\frac{0}{0}\right]$; 2) $\lim\limits_{x \to \infty} \frac{x^3 + 2x^2 + x - 1}{3x^3 - x^2 - x + 3} = \left[\frac{\infty}{\infty}\right]$;

3) $\lim\limits_{x \to 1} \left(\frac{1}{\ln x} - \frac{1}{x - 1}\right) = [\infty - \infty]$; 4) $\lim\limits_{x \to 0} \frac{1 - \cos x}{x^2} = \left[\frac{0}{0}\right]$;

5) $\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{x^3-3x^2+2}{x^3-4x^2+3}=\left[\dfrac{0}{0}\right]$; 6) $\lim\limits_{x\to+\infty}\dfrac{e^x}{x^2}=\left[\dfrac{\infty}{\infty}\right]$.

14. Показать, что разложение функции $f(x)=\cos x$ по формуле Маклорена имеет вид:

$$\cos x=1-\frac{x^2}{2!}+\frac{x^4}{4!}-\ldots+(-1)^{k-1}\frac{x^{2k-2}}{(2k-2)!}+(-1)^k\frac{x^{2k}}{(2k)!}\cos\theta x.$$

15. Показать, что разложение функции $\ln(1+x)$ по формуле Маклорена имеет вид:

$$\ln(1+x)=x-\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}-\ldots+(-1)^{n-1}\frac{x^n}{n}+(-1)^n\frac{x^{n+1}}{n+1}\left(\frac{1}{1+\theta x}\right)^{n+1}.$$

16. Написать разложение для функции $f(x)=e^{\sin x}$ по формуле Маклорена до степени x^3 включительно.

17. Найти промежутки монотонности функции:

1) $f(x)=x^3+3x^2-9x-2$; 2) $f(x)=\dfrac{1}{x^2+1}$;

3) $f(x)=x(1+\sqrt{x})$; 4) $f(x)=x-2\sin x,\ (0\le x\le 2\pi)$.

18. Исследовать на экстремум функцию:

1) $f(x)=\dfrac{1}{3}\cdot x^3+\dfrac{5}{2}\cdot x^2+4x+3$;

2) $f(x)=(x-5)e^x$;

3) $f(x)=(x-1)^4$;

4) $f(x)=\dfrac{1}{x}+\ln x$.

19. Определить наименьшее и наибольшее значения функции на заданном промежутке:

1) $f(x)=3x^5-5x^3+10,\ [-1,2]$;

2) $f(x)=1-\sqrt[3]{x^2-2x},\ [0,2]$;

3) $f(x)=\dfrac{4x^2}{3+x^2},\ [-1,1]$;

4) $f(x)=2-12x^2-8x^3,\ [-2,0]$;

5) $f(x)=\dfrac{x^3-9x^2}{6x-5}$, $[0,4]$;

6) $f(x)=2-12x^2-8x^3$, $[-2,0]$.

20*. Из прямоугольного куска жести шириной 50 см. и длиной 80 см. делают ящики: в углах вырезают квадраты, закрывают выступающие края и запаивают кромки. Определить, какого размера квадраты следует вырезать, чтобы объём ящика был максимальным.

21*. Разложить число 20 на два слагаемых так, чтобы их произведение было наибольшим.

22. Имеет ли точки перегиба функция $f(x)=x^3-6x^2+2x-1$?

23. Показать, что график функции

$$f(x)=\frac{1}{30}x^6-\frac{13}{12}x^4+18x^2-7x-1$$

имеет точки перегиба графика в точках $x_{1,2}=\pm 2$, $x_{3,4}=\pm 3$ множества определения функции.

24. Найти промежутки, на которых график функции является выпуклым и выгнутым:

1) $f(x)=x^3-6x^2+12x+4$; 2) $f(x)=x^4+8x^2+16$.

25. Найти асимптоты графика функции:

1) $f(x)=\dfrac{x^3}{x^2+1}+2$; 2) $f(x)=\sqrt{x^2-4x+3}$;

3) $f(x)=\dfrac{-5x+3}{x+2}$; 4) $f(x)=\dfrac{-x^2+7x}{x-3}$;

5) $f(x)=\sqrt{1+x^2}-2x$.

26*. Исследовать функцию и построить её график:

1) $f(x)=\dfrac{x^3+2x^2+7x-3}{2x^2}$; 2) $f(x)=-\dfrac{1}{3}x^3+2x^2-1$;

3) $f(x)=2x-1+(x+1)^{-1}$; 4) $f(x)=x(-x^2)^{-2}$;

5) $f(x)=x^4(+x)^{-3}$; 6) $f(x)=x^2(-x)(+x)^{-2}$.

27. Найти градиент функции $u=\sqrt{4+x^2+y^2}$ в точке $M(2;1)$.

Ответ: $\frac{2}{3}\vec{e}_1+\frac{1}{3}\vec{e}_2$.

28. Найти производную функции

$$u = x^2 + y^2 - 3x + 2y$$

по направлению радиус-вектора точки $M(3; 4)$ в начале координат.

Ответ: $\frac{1}{5}$.

29. Найти производную функции, определённой формулой

$$u = \frac{x_1 x_2 x_3}{3},$$

в точке $M_0(1; 2; 3)$ по направлению вектора $\vec{M_0M}$, если $M(4; 1; 6)$.

30. Исследовать на экстремум функцию, заданную формулой:

$$f(x, y) = 3x_1 + 6x_2 - x_1^2 - x_1x_2 - x_2^2.$$

Ответ: функция в точке $M(0; 3)$ имеет локальный максимум $f(0; 3) = 9$.

31. Исследовать на экстремум функцию, заданную формулой:

$$f(x, y) = e^{\frac{x}{2}}(x + y^2).$$

Ответ: функция в точке $M(-2; 0)$ имеет локальный минимум: $f(-2; 0) = -\frac{2}{e}$.

32*. Исследовать на экстремум функцию, заданную формулой

$$z = x^2 + y^2$$

при условии, что $\frac{x}{4}+\frac{y}{3}=1$.

Ответ: функция в точке $M\left(\frac{36}{25}; \frac{48}{25}\right)$ имеет локальный минимум

$$f\left(\frac{36}{25}; \frac{48}{25}\right) = \frac{144}{25}.$$

33*. Найти наибольшее и наименьшее значения функции, заданной формулой

$$f(x, y) = xy$$

в круге $x^2 + y^2 \le 1.$

Ответ: $f_{\min} = -\frac{1}{2};\ f_{\max} = \frac{1}{2}.$

34. Найти неопределённые интегралы непосредственным интегрированием, используя свойства неопределённого интеграла и таблицу первообразных:

1) $\int (x^6 - 6x^5 + 40x^3 - 24x^2)\,dx$; 2) $\int \sqrt[3]{x^2}\,(\sqrt[3]{x} - 1)\,dx$;

3) $\int \frac{(4 - 3\sqrt{x})^2}{x^2}\,dx$; 4) $\int \frac{x+2}{x+3}\,dx$; 5) $\int \left(\sum_{k=0}^{n} a_k x^k \right) dx$;

6) $\int (2x^2 + 1)^3\,dx$; 7) $\int (1 + \sqrt{x})^4\,dx$; 8) $\int \frac{(x+1)\cdot(x^2 - 3)}{3x^2}\,dx$;

9) $\int \frac{(x - \sqrt{x})\cdot(1 + \sqrt{x})}{\sqrt[3]{x}}\,dx$; 10) $\int (e^x - 1)(e^{-x} + 1)\,dx$;

11) $\int \frac{x^2 + 3}{x^2 + 1}\,dx$; 12) $\int \frac{\cos 2x}{\cos^2 x}\,dx$; 13) $\int \frac{\sin 3x - \sin 5x}{\cos 4x}\,dx$;

14) $\int \frac{2^{x+1} - 5^{x-1}}{10^x}\,dx$; 15) $\int \frac{dx}{2 + 3x^2}\,dx.$

35. Найти неопределённые интегралы методом подведения под дифференциал:

1) $\int \frac{dx}{ax + b}$, где a, b – постоянные;

2) $I = \int \frac{x\,dx}{1 + x^2}$;

3) $\int \sqrt{x + 3}\,dx$ (***Указание:*** использовать подстановку $t = x + 3$);

4) $I = \int \frac{dx}{e^x + e^{-x}}$ (***Указание:*** использовать подстановку $t = e^x$);

5) $\int \frac{x^2 + 1}{(x^3 + 3x + 1)^4}\,dx$; 6) $\int \frac{dx}{x\sqrt{\ln x}}$;

7) $\int \frac{3\sqrt{x}+1}{2x\sqrt{x}+x}dx$; 8) $\int \frac{xdx}{\sqrt{1-x^4}}$;

9) $\int \frac{x\cos x+\sin x}{(x\sin x)^3}dx$; 10) $\int \frac{\sin 2x-\cos x}{(\cos^2 x+\sin x)^2}dx$.

36. Найти неопределённые интегралы методом подстановки:

1) $\int x\cdot e^{x^2}dx$ (***Указание:*** использовать подстановку $t=x^2$);

2) $\int \frac{\ln^3 x}{x}dx$; 3) $\int (2x-5)^7 dx$; 4) $\int e^{4-3x}dx$;

5) $\int 6^{5x+2}dx$; 6) $\int \frac{6x-5}{\sqrt{3x^2-5x+4}}dx$; 7) $\int \frac{e^x dx}{2e^x+7}$; 8) $\int \frac{dx}{x\ln x}$;

9) $\int \frac{\sqrt[6]{\ln^5 x}}{x}dx$; 10) $\int \frac{e^{5x}}{4-e^{10x}}dx$; 11) $\int \sin x\cos^2 xdx$;

12) $\int \frac{\cos x}{\sqrt[3]{\sin x}}dx$; 13) $\int \frac{\sin x}{\cos^2 x\sqrt{\cos x}}dx$;

14) $\int \frac{\sqrt{5tgx}}{\cos^2 x}dx$; 15) $\int e^{4\cos x-1}\sin xdx$.

37. Найти неопределённый интеграл методом интегрирования по частям:

1) $\int x^2\cdot\cos xdx$; 2) $\int x^2\cdot\sin xdx$; 3) $\int x\cdot e^x dx$;

4) $\int (x^2+2x+3)\cdot\cos xdx$; 5) $\int \frac{x}{\sin^2 x}dx$; 6) $\int e^{2x}\cos xdx$;

7) $\int x^2 e^x dx$; 8) $\int x\ln xdx$.

38. Найти определённый интеграл:

1) $\int_0^1 x\cdot e^{-x}dx$;

2) $\int_1^e \frac{\ln^2 x}{x}dx$ (***Указание:*** использовать подстановку $t=\ln x$);

3) $\int_0^r \sqrt{r^2 - x^2}\,dx$ (***Указание:*** использовать замену переменной интегрирования $x = r \cdot \sin t$ и формулу интегрирования по частям);

4) $\int_0^{\pi/4} \frac{\sin x - \cos x}{(\cos x + \sin x)^3}\,dx$; 5) $\int_1^e \frac{1 + \ln^3 x}{x}\,dx$; 6) $\int_{-2}^{5} \sqrt[3]{5x+2}\,dx$;

7) $\int_{0,5}^{0,5} \frac{3^x}{1+9^x}\,dx$; 8) $\int_0^{0,5} e^{\sin \pi x} \cos \pi x\,dx$; 9) $\int_0^1 xe^{-x}\,dx$;

10) $\int_0^{\pi} e^x \cos^2 x\,dx$; 11) $\int_0^{\pi} (\pi - x)\sin x\,dx$; 12) $\int_{-1}^{0} (2x+3)e^{-x}\,dx$;

13) $\int_{\pi/6}^{\pi/2} \frac{x\,dx}{\sin^2 x}$; 14) $\int_{\pi/3}^{\pi/2} \frac{\cos x}{3 + \cos x}\,dx$; 15) $\int_{\pi/4}^{\pi/2} \frac{\cos^2 x}{\sin^4 x}\,dx$; 16) $\int_{\pi/4}^{\pi/3} \frac{1 + tgx}{\sin 2x}\,dx$.

Числовые ряды

1. Выяснить вопрос о сходимости и найти суммы рядов:

1) $1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \ldots$; 2) $1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{9} - \frac{1}{27} + \ldots$;

3) $1 + \frac{1}{\sqrt[3]{2}} + \frac{1}{\sqrt[3]{4}} + \frac{1}{\sqrt[3]{8}} + \ldots$; 4) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{6}{n^2 + 5n + 6}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3}{n^2 - 5n + 6}$; 6) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{30}{25n^2 + 5n - 6}$;

7) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{90}{4n^2 + 8n - 5}$; 8) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{18}{n^2 + 3n}$; 9) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3}{9n^2 - 3n - 2}$;

10) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4}{4n^2 - 1}$; 11) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{16}{16n^2 - 8n - 3}$; 12) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{60}{(2n+1)(2n+3)(2n+5)}$.

2. Проверить, выполнение необходимого признака сходимости для рядов:

1) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1}$; 2) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{2n+1}$;

3) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{n^2+1}$; 4) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\sqrt{n^3+1}}{n^2(2+\sin n)}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(4-n^3)-(2-n^3)}{(-n^2)-(2+n^4)}$; 6) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(3-n^3)-(2-n^3)}{(-n^3)-(1+n^3)}$.

3. Исследовать сходимость ряда, используя признак сравнения:

1) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n}{1+2^{2n}}$; 2) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n}{n\cdot(1+2^n)}$;

3) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4-2\sin n}{n-\ln n}$; 4) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2+\cos n}{n^2+3}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n^2\ln n}{n^3-2}$; 6) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\ln n}{\sqrt[4]{n^9}}$;

7) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\ln n}{\sqrt[3]{n+3}}$; 8) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\cos^2 n}{n^2+1}$;

9) $\sum_{n=1}^{\infty}\ln\frac{n^3+6}{n^3+5}$; 10) $\sum_{n=1}^{\infty}n\ln\frac{n^4+3}{n^4+2}$;

11) $\sum_{n=1}^{\infty}n\ln\frac{3^n+n}{7^n+2n}$; 12) $\sum_{n=1}^{\infty}n^2\left(e^{\frac{1}{2n^3}}-1\right)$.

4. Исследовать сходимость ряда, используя признак Даламбера:

1) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n!}$; 2) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5^n}{n^5}$; 3) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5^n}{(n!)^3}$;

4) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(3n+2)!}{2^n(2n+5)!}$; 5) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n(5^5-1)}{n!}$; 6) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5^n n!}{(2n)!}$;

7) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n n!}{(2n)!}$; 8) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2^n n!}{n^n}$.

5. Исследовать сходимость ряда, используя радикальный признак Коши:

1) $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n^2+1}{2n^2+1}\right)^{n^2}$; 2) $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{2n^3+n}{3n^3-1}\right)^{n^2}$;

3) $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{5n-3}{7n+1}\right)^{n^3}$; 4) $\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{3n+1}{5n+3}\right)^{n}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty}\sqrt{n}\left(\frac{n}{2n+1}\right)^{2n}$; 6) $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n^2 3^n}{5^{n+1}}$.

6. Исследовать сходимость знакопеременного ряда и выяснить тип сходимости (абсолютная или условная):

1) $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{3n-2}{3n-1}$; 2) $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\left(1+\frac{n}{10^n}\right)$;

3) $\sum_{n=1}^{\infty}(-1)^{n-1}\frac{n+1}{n^2+n+1}$.

Функциональные ряды

1. Исследовать сходимость функциональных рядов в указанных точках:

1) $\frac{3x+1}{x^2+x+1}+\left(\frac{3x+1}{x^2+x+1}\right)^2+\ldots+\left(\frac{3x+1}{x^2+x+1}\right)^n+\ldots,$

$x=1,\ x=2,\ x=3;$

2) $\frac{1!}{1}(x^2-4x+6)+\frac{2!}{2^2}(x^2-4x+6)^2+\ldots+\frac{n!}{n^2}(x^2-4x+6)^n+\ldots,$

$x=1,\ x=2,\ x=3.$

9. Найти область сходимости функционального ряда

1) $\frac{1}{1+x^2}+\frac{1}{2^2(1+x^2)^2}+\ldots+\frac{1}{n^2(1+x^2)^n}+\ldots;$

2) $1+\frac{1}{2^x}+\frac{1}{3^x}+\ldots+\frac{1}{n^x}+\ldots;$

3) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n}{n\left(x^2-6x+10\right)^n}$;

4) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^n}{n\left(x^2-5x+9\right)^n}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^n}{n^2\left(x^2+3\right)^n}$;

6) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^n}{n\left(x^2-4x+8\right)^n}$;

7) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{6^n}{n^2\left(x^2-2x+6\right)^n}$;

8) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{\left(n+\sqrt{n}\right)^x}$.

3. Найти радиус и промежуток сходимости степенного ряда:

1) $\frac{x}{1!}+\frac{x^2}{2!}+\frac{x^3}{3!}+\ldots+\frac{x^n}{n!}+\ldots$;

2) $1+\frac{x^3}{10}+\frac{x^6}{10^2}+\ldots+\frac{x^{3(n-1)}}{10^{n-1}}+\ldots$;

3) $2x^5+\frac{4x^{10}}{3}+\frac{8x^{15}}{5}+\ldots+\frac{2^n x^{5n}}{2n-1}+\ldots$;

4) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^{n(n-1)/2}}{n!}$;

5) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-2)^n}{n\cdot 9^n}$;

6) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+5)^{2n}}{4^n}$;

7) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x+1)^n}{(n+1)2^n}$;

8) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n}(x+3)^n}{n^2+1}$;

9) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(x-3)^{2n-1}}{(n^3+3n)4^n}$;

10) $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n(x+2)^n}{(n+1)3^n}$.

4. Разложить данную функцию в ряд Тейлора в окрестности данной точки, или в ряд Маклорена в окрестности нуля;

1) $f(x) = \frac{x}{\sqrt{9+x^2}}$;

2) $f(x) = \frac{x}{3+2x}$;

3) $f(x) = \sqrt[4]{16+x}$;

4) $f(x) = 2^x$;

5) $f(x) = \cos^2 x$;

6) $f(x) = e^{-x^2}$;

7) $f(x) = \frac{1}{x}$ по степеням $x-2$;

8) $f(x) = 3^x$;

9) $f(x) = e^{-2x}$;

10) $f(x) = \sqrt{x+2}$.

ЧАСТЬ 4. ТЕОРИЯ ПОЛЯ. ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ. ОБЫКНОВЕННЫЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Практическое занятие 1

Базисные векторные поля

Пример 4.1.1. Показать, что орты полярной системы координат связаны с ортами декартовой системы координат соотношениями

$$\vec{g}_{\langle r\rangle} = \cos\varphi\,\vec{e}_1 + \sin\varphi\,\vec{e}_2,\ \vec{g}_{\langle\varphi\rangle} = -\sin\varphi\,\vec{e}_1 + \cos\varphi\,\vec{e}_2. \qquad (1)$$

Р е ш е н и е. В полярной системе координат связь между старыми (декартовыми) и новыми (полярными) координатами даётся обратным отображением

$$x^1 = r\cos\varphi,\ x^2 = r\sin\varphi. \qquad (2)$$

Следовательно, для радиус-вектора получаем

$$\vec{r} = r\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\sin\varphi\cdot\vec{e}_2. \qquad (3)$$

Воспользуемся формулами связи базисных векторных полей:

$$\vec{g}_j \overset{def}{=} \frac{\partial\vec{x}}{\partial q^j} = \frac{\partial\vec{x}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial q^j} = \frac{\partial x^i}{\partial q^j}\vec{e}_i = A^{i\cdot}_{\cdot j}\vec{e}_i. \qquad (4)$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_r$ имеем:

$$\vec{g}_r = \frac{\partial\vec{r}}{\partial r} = \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial r} \equiv \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial r} + \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial r} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial r}\left(\cos\varphi\right)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial r}\left(\sin\varphi\right)\vec{e}_2 = \cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + \sin\varphi\cdot\vec{e}_2. \qquad (5)$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_\varphi$ имеем:

$$\vec{g}_{\varphi} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial \varphi} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial \varphi} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial \varphi} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial \varphi} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial \varphi}(r\cos\varphi)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial \varphi}(r\sin\varphi)\vec{e}_2 =$$

$$= -r\sin\varphi \cdot \vec{e}_1 + r\cos\varphi \cdot \vec{e}_2. \qquad (6)$$

Так как

$$\left\|\vec{g}_r\right\| = \sqrt{\left(\vec{g}_r, \vec{g}_r\right)} = \sqrt{\cos^2\varphi + \sin^2\varphi} = 1,$$

то базисное векторное поля $\vec{g}_r$ нормировано и, следовательно, имеем

$$\vec{g}_{\langle r\rangle} \equiv \vec{g}_r = \cos\varphi \cdot \vec{e}_1 + \sin\varphi \cdot \vec{e}_2. \qquad (7)$$

Векторное поле $\vec{g}_{\varphi}$ не нормировано, а его норма

$$\left\|\vec{g}_{\varphi}\right\| = \sqrt{\left(\vec{g}_{\varphi}, \vec{g}_{\varphi}\right)} = \sqrt{(r\sin\varphi)^2 + (\cos\varphi)^2} = r. \qquad (8)$$

Орт векторного поля $\vec{g}_{\varphi}$ равен

$$\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} = \frac{1}{\left\|\vec{g}_{\varphi}\right\|}\vec{g}_{\varphi} = \frac{1}{r}\left(-r\sin\varphi \cdot \vec{e}_1 + r\cos\varphi \cdot \vec{e}_2\right) =$$

$$= -\sin\varphi \cdot \vec{e}_1 + \cos\varphi \cdot \vec{e}_2. \qquad (9)$$

Формулы (7) и (9) решают поставленную задачу. $\otimes$

Пример 4.1.2. В полярной системе координат закон движения точки задан уравнениями

$$x^1(t) = r(t)\cos\varphi(t),\ x^2(t) = r(t)\sin\varphi(t), \qquad (1)$$

где t – время. Найти скорость и ускорение точки в декартовых и полярных координатах.

Р е ш е н и е. Векторная параметризация движения имеет вид

$$\vec{r} = r\cos\varphi \cdot \vec{e}_1 + r\sin\varphi \cdot \vec{e}_2. \qquad (2)$$

Вектор скорости

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(r\cos\varphi)\cdot\vec{e}_1 + \frac{d}{dt}(r\sin\varphi)\cdot\vec{e}_2 =$$

$$= \left(\frac{dr}{dt}\cdot\cos\varphi + r\cdot\frac{d}{d\varphi}(\cos\varphi)\cdot\frac{d\varphi}{dt}\right)\cdot\vec{e}_1 +$$

$$+ \left(\frac{dr}{dt}\cdot\sin\varphi + r\cdot\frac{d}{d\varphi}(\sin\varphi)\cdot\frac{d\varphi}{dt}\right)\cdot\vec{e}_2 =$$

$$= \left(\frac{dr}{dt}\cdot\cos\varphi - r\cdot\sin\varphi\cdot\frac{d\varphi}{dt}\right)\cdot\vec{e}_1 + \left(\frac{dr}{dt}\cdot\sin\varphi + r\cdot\cos\varphi\cdot\frac{d\varphi}{dt}\right)\cdot\vec{e}_2. \qquad (3)$$

Найдём проекции вектора скорости на оси полярной системы координат. Для этого вычислим значения скалярных произведений вектора скорости и ортов полярной системы координат, найденных в предыдущей задаче (формулы (7) и (9)):

$$v_r \equiv \Pr_{\vec{e}_r}\vec{v} = \left(\vec{v}, \vec{g}_{\langle r\rangle}\right) =$$

$$= \left(\frac{dr}{dt}\cos\varphi - r\frac{d\varphi}{dt}\sin\varphi\right)\cos\varphi + \left(\frac{dr}{dt}\sin\varphi + r\frac{d\varphi}{dt}\cos\varphi\right)\sin\varphi = \frac{dr}{dt}, \qquad (4)$$

$$v_\varphi \equiv \Pr_{\vec{e}_\varphi}\vec{v} = \left(\vec{v}, \vec{g}_{\langle\varphi\rangle}\right) =$$

$$= \left(\frac{dr}{dt}\cos\varphi - r\frac{d\varphi}{dt}\sin\varphi\right)(-\sin\varphi) + \left(\frac{dr}{dt}\sin\varphi + r\frac{d\varphi}{dt}\cos\varphi\right)\cos\varphi =$$

$$= r\frac{d\varphi}{dt}. \qquad (5)$$

Таким образом, вектор скорости в полярной системе координат имеет вид

$$\vec{v} = \frac{dr}{dt}\vec{g}_{\langle r\rangle} + r\frac{d\varphi}{dt}\vec{g}_{\langle\varphi\rangle}. \qquad (6)$$

Найдём разложение вектора ускорения по ортам полярной системы координат. Для этого используем формулы (7) и (9) из предыдущей задачи и формулу (6) из этой задачи:

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}\vec{g}_{\langle r\rangle} + \frac{dr}{dt}\frac{d\vec{g}_{\langle r\rangle}}{dt} + \frac{dr}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} + r\frac{d^2\varphi}{dt^2}\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} + r\frac{d\varphi}{dt}\frac{d\vec{g}_{\langle\varphi\rangle}}{dt};$$

$$\frac{d\vec{g}_{\langle r\rangle}}{dt} = -\sin\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_1 + \cos\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_2;$$

$$\frac{d\vec{g}_{\langle\varphi\rangle}}{dt} = -\cos\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_1 - \sin\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_2;$$

$$\vec{w} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2r}{dt^2}\vec{g}_{\langle r\rangle} + \frac{dr}{dt}\left(-\sin\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_1 + \cos\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_2\right) +$$

$$+\frac{dr}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} + r\frac{d^2\varphi}{dt^2}\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} +$$

$$+r\frac{d\varphi}{dt}\left(-\cos\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_1 - \sin\varphi\frac{d\varphi}{dt}\vec{e}_2\right) =$$

$$=\left(\frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right)\vec{g}_{\langle r\rangle} + \left(r\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\right)\vec{g}_{\langle\varphi\rangle}.$$

Итак, в полярной системе координат для ускорения получаем следующее выражение:

$$\vec{w} = \left(\frac{d^2r}{dt^2} - r\left(\frac{d\varphi}{dt}\right)^2\right)\vec{g}_{\langle r\rangle} + \left(r\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\frac{dr}{dt}\frac{d\varphi}{dt}\right)\vec{g}_{\langle\varphi\rangle}. \otimes \qquad (7)$$

Пример 4.1.3. Закон движения точки в полярных координатах имеет вид:

$$\begin{cases} r = t\cdot\sin 3t, \\ \varphi = t^3. \end{cases} \qquad (1)$$

Найти скорость и ускорение точки в полярных и декартовых координатах в момент времени $t = 1\,c$. Радиус дан в метрах.

Р е ш е н и е. 1) Полярные координаты точки в заданный момент времени:

$$r(1) = \sin 3 = 0{,}141;\ \varphi(1) = 1.$$

2) Дифференцируя уравнения движения (1) по времени, получаем:

$$\begin{cases} \dot{r} = \sin 3t + 3t\cos 3t, \\ \dot{\varphi} = 3t^2. \end{cases} \qquad (2)$$

При $t = 1\,c$ имеем:

$$\dot{r}(1) = -2{,}829,\ \dot{\varphi}(1) = 3.$$

3) По формулам (4) и (5) предыдущей задачи находим компоненты скорости в полярных координатах:

$$v_r(1) = \dot{r}(1) = -2{,}829\ \frac{м}{c};\ v_\varphi(1) = r(1)\cdot\dot{\varphi}(1) = 0{,}423\ \frac{м}{c}.$$

4) Норма скорости:

$$v(1) = \sqrt{v_r^2(1) + v_\varphi^2(1)} = 2{,}860\ \frac{м}{c}.$$

5) Дифференцируя формулы связи полярных и декартовых координат по времени, находим компоненты скорости в декартовых координатах:

$$v^1 = \dot{x}^1 = \dot{r}\cos\varphi - r\dot{\varphi}\sin\varphi = v_r\cos\varphi - v_\varphi\sin\varphi;$$

$$v^2 = \dot{x}^2 = \dot{r}\sin\varphi + r\dot{\varphi}\cos\varphi = v_r\sin\varphi + v_\varphi\cos\varphi.$$

В заданный момент времени имеем:

$$v^1(1) = -1{,}883\ \frac{м}{c};\ v^2(1) = -2{,}148\ \frac{м}{c}.$$

Проверка правильности вычислений (норма вектора скорости в декартовых и полярных координатах должна быть одинаковой):

$$v = \sqrt{(v^1)^2 + (v^2)^2} = 2{,}85\ \frac{м}{c}.$$

6) Находим вторые производные, дифференцируя (2):

$$\ddot{r} = 6\cos 3t - 9t\sin 3t;\ \ddot{\varphi} = 6t.$$

При $t = 1$ имеем:

$$\ddot{r}(1) = -9{,}74;\ \ddot{\varphi}(1) = 6.$$

7) Находим компоненты ускорения в полярных координатах:

$$w_r(1) = \ddot{r}(1) - r(1)\dot{\varphi}^2(1) = -11{,}01\ \frac{м}{c^2};$$

$$w_\varphi(1) = r(1)\ddot{\varphi}(1) + 2\dot{r}(1)\dot{\varphi}(1) = -16{,}128\ \frac{м}{c^2}.$$

8) Норма ускорения

$$w = \sqrt{w_r^2 + w_\varphi^2} = 19{,}52\ \frac{м}{c^2}.$$

9) Компоненты ускорения в декартовых координатах находим двукратным дифференцированием формулы (2) по времени:

$$w^1 = \left(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2\right)\cos\varphi - \left(r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}\right)\sin\varphi \equiv w_r\cos\varphi - w_\varphi\sin\varphi;$$

$$w^2 = \left(\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2\right)\sin\varphi + \left(r\ddot{\varphi} + 2\dot{r}\dot{\varphi}\right)\cos\varphi = w_r\sin\varphi + w_\varphi\cos\varphi.$$

При $t = 1$ имеем:

$$w^1(1) = 7{,}602;\ w^2(1) = -17{,}95.$$

Проверка:

$$w = \sqrt{(w^1)^2 + (w^2)^2} = 19{,}49. \otimes$$

Пример 4.1.4. Закон движения точки в полярных координатах имеет вид:

$$r = 22\cdot\frac{1-\dfrac{t^2}{121}}{t};\ \varphi = \arccos\left(\frac{t}{11}\right).$$

Найти скорость и ускорение точки в полярных и декартовых координатах в момент времени $t = 9\ c$. Радиус дан в метрах.

Ответ:

r	$\dot{r}$	φ	$\dot{\varphi}$	v_r	v_φ	v	v^1	v^2
м	м/с	рад	рад/сек			м/с		
0,81	-0,45	0,61	-0,16	-0,45	-0,13	0,47	-0,3	-0,37

Пример 4.1.5. Выразить базисные векторные поля цилиндрической системы координат в виде разложения по ортам декартовой системы координат.

Р е ш е н и е. Связь декартовых и цилиндрических координат имеет вид

$$\begin{cases} x^1 = r\cos\varphi, \\ x^2 = r\sin\varphi, \\ x^3 = h, \end{cases} \det\left(\frac{\partial(x^1, x^2, x^3)}{\partial(r, \varphi, h)}\right) = \begin{vmatrix} \cos\varphi & -r\sin\varphi & 0 \\ \sin\varphi & r\cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = r,$$

где для цилиндрических координат принимаются следующие пределы изменения:

$$D = \{r, \varphi, h\} \subset R_2^3 : 0 \le r < +\infty, 0 \le \varphi < 2\pi, -\infty < h < +\infty .$$

Для радиус-вектора имеем

$$\vec{r} = r\cos\varphi\,\vec{e}_1 + r\sin\varphi\,\vec{e}_2 + h\,\vec{e}_3.$$

Дифференцируем разложение радиус-вектора последовательно по цилиндрическим координатам и используем формулу разложения базисных векторных полей по ортам декартовой системы координат

$$\vec{g}_j \overset{def}{=} \frac{\partial \vec{x}}{\partial q^j} = \frac{\partial \vec{x}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial q^j} = \frac{\partial x^i}{\partial q^j}\vec{e}_i = \frac{\partial x^1}{\partial q^j}\vec{e}_1 + \frac{\partial x^2}{\partial q^j}\vec{e}_2 + \frac{\partial x^3}{\partial q^j}\vec{e}_3.$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_r$ имеем:

$$\vec{g}_r = \frac{\partial \vec{r}}{\partial r} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial r} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial r} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial r} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial r} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial r}(\cos\varphi)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial r}(\sin\varphi)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial r}h\cdot\vec{e}_3 = \cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + \sin\varphi\cdot\vec{e}_2.$$

Так как для векторного поля $\vec{g}_r$

$$\left\|\vec{g}_r\right\| = \sqrt{\left(\vec{g}_r, \vec{g}_r\right)} = \sqrt{\cos^2\varphi + \sin^2\varphi} = 1,$$

то базисное векторное поле $\vec{g}_r$ нормированное, то есть

$$\vec{g}_{\langle r\rangle} \equiv \vec{g}_r.$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_{\varphi}$ имеем:

$$\vec{g}_{\varphi} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial \varphi} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial \varphi} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial \varphi} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial \varphi} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial \varphi} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\cos\varphi\right)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\sin\varphi\right)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial \varphi}h\cdot\vec{e}_3 =$$

$$= -r\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\cos\varphi\cdot\vec{e}_2.$$

Так как для векторного поля $\vec{g}_{\varphi}$

$$\left\|\vec{g}_{\varphi}\right\| = \sqrt{\left(\vec{g}_{\varphi}, \vec{g}_{\varphi}\right)} = \sqrt{\left(r\sin\varphi\right)^2 + \left(\cos\varphi\right)^2} = r,$$

то поле $\vec{g}_{\varphi}$ ненормированное. Находим орт поля:

$$\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} = \frac{1}{\left\|\vec{g}_{\varphi}\right\|}\vec{g}_{\varphi} = \frac{1}{r}\left(-r\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\cos\varphi\cdot\vec{e}_2\right) =$$

$$= -\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + \cos\varphi\cdot\vec{e}_2.$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_h$ имеем:

$$\vec{g}_h = \frac{\partial \vec{r}}{\partial h} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial h} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial h} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial h} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial h} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial h}\left(\cos\varphi\right)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial h}\left(\sin\varphi\right)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial h}h\cdot\vec{e}_3 = \vec{e}_3.$$

Таким образом, базисное векторное поле $\vec{g}_h$ нормированное, то есть

$$\vec{g}_{\langle h\rangle} = \vec{e}_3. \otimes$$

Пример 4.1.6. Выразить базисные векторные поля сферической системы координат в виде разложения по ортам декартовой системы координат.

Р е ш е н и е. Связь декартовых и сферических координат имеет вид

$$\begin{cases} x^1 = r\sin\theta\cdot\cos\varphi, \\ x^2 = r\sin\theta\cdot\sin\varphi, \\ x^3 = r\cos\theta, \end{cases}$$

$$\det\left(\frac{\partial(x^1, x^2, x^3)}{\partial(r, \varphi, \theta)}\right) = \begin{vmatrix} \sin\theta\cos\varphi & -r\sin\theta\sin\varphi & r\cos\theta\cos\varphi \\ \sin\theta\sin\varphi & r\sin\theta\cos\varphi & r\cos\theta\sin\varphi \\ \cos\theta & 0 & -r\sin\theta \end{vmatrix} =$$

$$= -r^2\sin\theta,$$

где для сферических координат принимаются следующие пределы изменения:

$$D = \{\varphi, \vartheta\} \subset R_2^3 : 0 \le r < +\infty,\ 0 \le \varphi < 2\pi,\ 0 < \theta \le \pi\ .$$

Радиус-вектор имеет вид:

$$\vec{r} = r\sin\theta\cdot\cos\varphi\,\vec{e}_1 + r\sin\theta\cdot\sin\varphi\,\vec{e}_2 + r\cos\theta\,\vec{e}_3.$$

Дифференцируем разложение радиус-вектора последовательно по сферическим координатам и снова используем формулу разложения базисных векторных полей по ортам декартовой системы координат.

Для базисного векторного поля $\vec{g}_r$ имеем:

$$\vec{g}_r = \frac{\partial\vec{r}}{\partial r} = \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial r} \equiv \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial r} + \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial r} + \frac{\partial\vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial r} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial r}(\sin\theta\cos\varphi)\,\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial r}(\sin\theta\sin\varphi)\,\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial r}(\cos\theta)\,\vec{e}_3 =$$

$$= \sin\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + \sin\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_2 + \cos\theta\cdot\vec{e}_3.$$

Норма поля

$$\left\|\vec{g}_r\right\| = \sqrt{(\sin\theta\cos\varphi)^2 + (\sin\theta\sin\varphi)^2 + \cos^2\theta} = 1.$$

Поле нормированное. Следовательно, имеем:

$$\vec{g}_{\langle r\rangle} \equiv \vec{g}_r = \sin\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + \sin\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_2 + \cos\theta\cdot\vec{e}_3.$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_\varphi$ имеем:

$$\vec{g}_\varphi = \frac{\partial \vec{r}}{\partial \varphi} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial \varphi} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial \varphi} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial \varphi} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial \varphi} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\sin\theta\cos\varphi\right)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\sin\theta\sin\varphi\right)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\cos\theta\right)\vec{e}_3 =$$

$$= -r\sin\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\sin\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_2.$$

Норма поля

$$\left\|\vec{g}_\varphi\right\| = \sqrt{\left(-r\sin\theta\sin\varphi\right)^2 + \left(r\sin\theta\cos\varphi\right)^2} = \sqrt{r^2\sin^2\theta} = r\sin\theta.$$

Поле ненормированное. Находим орт поля:

$$\vec{g}_{\langle\varphi\rangle} = \frac{1}{\left\|\vec{g}_\varphi\right\|}\vec{g}_\varphi = \frac{1}{r\sin\theta}\left(-r\sin\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\sin\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_2\right) =$$

$$= -\sin\varphi\cdot\vec{e}_1 + \cos\varphi\cdot\vec{e}_2.$$

Для базисного векторного поля $\vec{g}_\theta$ имеем:

$$\vec{g}_\theta = \frac{\partial \vec{r}}{\partial \theta} = \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^i}\frac{\partial x^i}{\partial \theta} \equiv \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^1}\frac{\partial x^1}{\partial \theta} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^2}\frac{\partial x^2}{\partial \theta} + \frac{\partial \vec{r}}{\partial x^3}\frac{\partial x^3}{\partial \theta} =$$

$$= \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta\cos\varphi\right)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\sin\theta\sin\varphi\right)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial \theta}\left(\cos\theta\right)\vec{e}_3 =$$

$$= r\cos\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\cos\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_2 - r\sin\theta\cdot\vec{e}_3.$$

Норма поля

$$\left\|\vec{g}_\theta\right\| = \sqrt{\left(\cos\theta\cos\varphi\right)^2 + \left(\cos\theta\sin\varphi\right)^2 + \left(-r\sin\theta\right)^2} = r.$$

Поле ненормированное. Находим орт поля:

$$\vec{g}_{\langle\theta\rangle} = \frac{1}{\left\|\vec{g}_\theta\right\|}\vec{g}_\theta = \frac{1}{r}\left(r\cos\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + r\cos\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_2 - r\sin\theta\cdot\vec{e}_3 \right) =$$

$$= \cos\theta\cos\varphi\cdot\vec{e}_1 + \cos\theta\sin\varphi\cdot\vec{e}_2 - \sin\theta\cdot\vec{e}_3 . \otimes$$

Практическое занятие 2

Вычисление криволинейных интегралов

Пример 4.2.1. Вычислить криволинейный интеграл первого рода

$$I = \int_L (x + y)\,dl$$

по меньшей части окружности

$$\begin{cases} x^2 + y^2 + z^2 = R^2, \\ y = x, \end{cases}$$

ограниченной точками $A(0, 0, R)$, $B\left(\frac{R}{2}, \frac{R}{2}, \frac{R}{\sqrt{2}}\right)$.

Р е ш е н и е. Параметризация окружности:

$$x = t,\ y = t,\ z = \sqrt{R^2 - 2t^2},\ 0 \le t \le \frac{R}{2},$$

$$\sqrt{\left[\frac{dx}{dt}\right]^2 + \left[\frac{dy}{dt}\right]^2 + \left[\frac{dz}{dt}\right]^2} = \frac{\sqrt{2}R}{\sqrt{R^2 - 2t^2}}.$$

Используем формулу

$$\int_L f(x, y, z)\,dl = \int_\alpha^\beta f(x(t), y(t), z(t))\sqrt{\left[\frac{dx}{dt}\right]^2 + \left[\frac{dy}{dt}\right]^2 + \left[\frac{dz}{dt}\right]^2}\,dt.$$

Получаем:

$$I = \int_L (x + y)\,dl = \int_0^{R/2} 2t\,\frac{\sqrt{2}R\,dt}{\sqrt{R^2 - 2t^2}} = R^2(\sqrt{2} - 1). \otimes$$

Пример 4.2.2. Найти массу $1/4$ окружности

$$x_1^2 + x_2^2 = R^2,$$

если $\rho(x_1, x_2) = x_2$ и $x_1 \geq 0,\ x_2 \geq 0.$

Р е ш е н и е. Воспользуемся формулой для случая плоского пути, заданного непрерывно дифференцируемой параметризацией. Параметрические уравнения окружности

$$\begin{cases} x_1 = R\cos t, \\ x_2 = R\sin t. \end{cases}$$

Поэтому имеем:

$$M = \int_W \rho(x_1, x_2)\,dl =$$

$$= \int_0^{\pi/2} R\sin t\sqrt{(-R\sin t)^2 + (R\cos t)^2}\,dt = R^2\int_0^{\pi/2}\sin t\,dt = R^2. \otimes$$

Пример 4.2.3. Вычислить криволинейный интеграл

$$I = \int_W (x + y)\,dx - x\,dy,$$

где путь W – отрезок прямой, соединяющий точки $M_0(0; 0)$ и $M_1(4; 2)$.

Р е ш е н и е. Используем формулу (10.1.18) для случая плоского пути. Здесь

$$\vec{M_0M_1} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} = 4\vec{e}_1 + 3\vec{e}_2,\ \vec{M_0M} = x\vec{e}_1 + y\vec{e}_2,$$

$$\vec{M_0M} = t\cdot\vec{M_0M_1},\ \begin{cases} x = 4t, \\ y = 2t, \end{cases}\ y = \frac{1}{2}x,\ x \in [0, 4].$$

Имеем:

$$\int_W (x + y)\,dx - x\,dy = \int_0^4\left(\frac{3}{2}x - \frac{1}{2}x\right)dx = \int_0^4 x\,dx = \left.\frac{x^2}{2}\right|_0^4 = 8. \otimes$$

Пример 4.2.4. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$\int_W x^2 y\,dx + y^2 x\,dy$$

по пути с параметризацией $x = t,\ y = t^3,\ t \in [0, 1]$.

Р е ш е н и е. Используем формулу с естественной параметризацией для случая плоского пути:

$$\int\limits_{W_{\alpha,\beta}} F_1\left(\vec{x}\right)dx_1 + F_2\left(\vec{x}\right)dx_2 =$$

$$= \int\limits_{\alpha}^{\beta}\left[F_1\left(x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right)\frac{dx_1(t)}{dt} + F_2\left(x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right)\frac{dx_2(t)}{dt}\right]dt$$

Получаем:

$$\int\limits_W x^2 y dx + y^2 x dy = \int\limits_0^1 \left(t^5 + 3t^9\right)dt = \left(\frac{t^6}{6} + 3\frac{t^{10}}{10}\right)\Bigg|_0^1 = \frac{7}{15}. \otimes$$

Пример 4.2.5. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$\int\limits_{\hat{W}} \left(x_2^{\,2} - x_3^{\,2}\right)dx_1 + 2x_2x_3dx_2 - x_1^{\,2}dx_3$$

по замкнутому пути с параметризацией $x_1 = t,\ x_2 = t^2,\ x_3 = t^3$, начальной и конечными точками $M_0(0;0;0)$, $M_1(1;1;1)$ соответственно.

Р е ш е н и е. Для вычисления применим формулу:

$$I_{W_{a,b}} = \int\limits_{W_{a,b}} F_1\left(\vec{x}\right)dx_1 + F_2\left(\vec{x}\right)dx_2 + F_3\left(\vec{x}\right)dx_3 =$$

$$= \int\limits_{\alpha}^{\beta}\left[F_1\left(x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right)\frac{dx_1(t)}{dt} + F_2\left(x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right)\frac{dx_2(t)}{dt} + \right.$$

$$\left. + F_3\left(x_1(t), x_2(t), x_3(t)\right)\frac{dx_3(t)}{dt}\right]dt.$$

Пределы изменения параметра $t \in [0, 1]$, то есть $\alpha = 0,\ \beta = 1$. Подстановка данных задачи даёт:

$$\int\limits_{\hat{W}} \left(x_2^{\,2} - x_3^{\,2}\right)dx_1 + 2x_2x_3dx_2 - x_1^{\,2}dx_3 = \int\limits_0^1 \left[\left(t^4 - t^6\right) + 4t^6 - 3t^4\right]dt =$$

$$= \int\limits_0^1 \left(3t^6 - 2t^4\right)dt = \left(\frac{3}{7}t^7 - \frac{2}{5}t^5\right)\Bigg|_0^1 = \frac{1}{35}. \otimes$$

Пример 4.2.6. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$\oint_W (x+y)\,dx+(x-y)\,dy,$$

где W – окружность с уравнением $(x-1)^2+(y-1)^2=4.$

Р е ш е н и е. Запишем параметризацию окружности:

$$\vec{x}(t)=(1+2\cos t)\,\vec{e}_1+(1+2\sin t)\,\vec{e}_2,$$

$$0\le t\le 2\pi.$$

Интеграл вычисляем, пользуясь формулой

$$\int_W F_1\left(\vec{x}\right)dx+F_2\left(\vec{x}\right)dy=\int_\alpha^\beta\left[F_1\left(\vec{x}(t)\right)\frac{dx(t)}{dt}+F_2\left(\vec{x}(t)\right)\frac{dy(t)}{dt}\right]dt$$

и тем, что

$$\frac{dx(t)}{dt}=-2\sin t,\ \frac{dy(t)}{dt}=2\cos t.$$

Имеем:

$$\oint_W (x+y)\,dx+(x-y)\,dy=$$

$$=\int_0^{2\pi}\left[(1+2\cos t+2\sin t)(-2\sin t)+(1+\cos t-2\sin t)2\cos t\right]dt=$$

$$=\int_0^{2\pi}(-4\sin t-8\sin t\cdot\cos t+4\cos 2t)\,dt=0.\ \otimes$$

Практическое занятие 3

Кратные интегралы

Вычисление двойного интеграла в декартовых координатах

Пример 4.3.1. Изменить порядок интегрирования в интеграле

$$\int_{-1}^{1}dx\int_{-\sqrt{1-x^2}}^{1-x^2}f(x,y)\,dy.$$

Р е ш е н и е. Область интегрирования D ограничена линиями

$$x=-1,\ x=1,\ y=-\sqrt{1-x^2}\ ,\ y=1-x^2.$$

Первые две линии – вертикальные прямые линии, третья линия – нижняя полуокружность радиуса 1, четвёртая линия – парабола с вершиной в точке $(0;1)$, ветви параболы направлены вниз. Область D представим объединением двух областей: области D_1, ограниченной ветвями параболы $x=\pm\sqrt{1-y}$ и прямыми линиями $y=0$, $y=1$; области D_2, ограниченной линиями $x=\pm\sqrt{1-y^2}$, $y=-1$, $y=0$. Тогда имеем:

$$\int\limits_{-1}^{1}dx\int\limits_{-\sqrt{1-x^2}}^{1-x^2}f(x,y)dy=\int\limits_{0}^{1}dy\int\limits_{-\sqrt{1-y}}^{+\sqrt{1-y}}f(x,y)dx+\int\limits_{-1}^{0}dy\int\limits_{-\sqrt{1-y^2}}^{+\sqrt{1-y^2}}f(x,y)dx.\otimes$$

Пример 4.3.2. Вычислить двойной интеграл

$$\iint\limits_D x\ln y\,dxdy,$$

где $D=\{(x,y):0\le x\le 4;1\le y\le e\}$.

Р е ш е н и е. Так как область D является прямоугольником, то интеграл вычисляется непосредственно по формуле

$$\iint\limits_D f(x,y)dxdy=\int\limits_a^b dx\int\limits_c^d f(x,y)dy.$$

Имеем:

$$\iint\limits_D x\ln y\,dxdy=\int\limits_0^4 xdx\int\limits_1^e\ln y\,dy=\left\{\begin{array}{ll}u=\ln y, & du=\dfrac{dy}{y},\\ dv=dy, & v=y.\end{array}\right\}=$$

$$=\int\limits_0^4 xdx\left\{y\ln y\Big|_1^e-\int\limits_1^e dy\right\}=\frac{x^2}{2}\Big|_0^4\cdot\left\{y\ln y\Big|_1^e-y\Big|_1^e\right\}=8\cdot(e-e+1)=8.\otimes$$

Пример 4.3.3. Вычислить двойной интеграл $\iint\limits_D(x+2y)dxdy$ по области D, ограниченной линиями $y=x$, $y=2x$, $x=2$, $x=3$.

Р е ш е н и е. Область D ограничена, соответственно, слева – вертикальной прямой линией $x=2$, справа – вертикальной прямой линией $x=3$, сверху – прямой линией $y=2x$,

снизу – прямой линией $y = x$. Область простая относительно оси OY, следовательно, вычисляем интеграл по формуле

$$\iint\limits_D f(x, y)\,dxdy = \int\limits_a^b dx \int\limits_{g_1(x)}^{g_2(x)} f(x, y)\,dy.$$

Имеем:

$$\iint\limits_D (x + 2y)\,dxdy = \int\limits_2^3 dx \int\limits_x^{2x} (x + 2y)\,dy = \int\limits_2^3 dx \left(xy + y^2\right)\Big|_{y=x}^{y=2x} =$$

$$= \int\limits_2^3 \left(x^2 + 4x^2 - x^2 - x^2\right)dx = 4\int\limits_2^3 x^2 dx = \frac{4}{3}x^3\Big|_2^3 = \frac{76}{3}. \otimes$$

Пример 4.3.4. Вычислить двойной интеграл $\iint\limits_D (x - y)\,dxdy$ по области D, ограниченной линиями $x = 1,\ x = 2,\ y = x,\ y = x^2$.

Р е ш е н и е. Пользуясь формулой вычисления двойного интеграла по простой области, получаем:

$$\iint\limits_D (x - y)\,dxdy = \int\limits_1^2 dx \int\limits_x^{x^2} (x - y)\,dy = \int\limits_1^2 dx \left(2xy - \frac{y^2}{2}\right)\Big|_{y=x}^{y=x^2} =$$

$$= \int\limits_1^2 \left(2x^3 - \frac{x^4}{2} - \frac{3}{2}x^2\right)dx = \left(\frac{x^4}{2} - \frac{x^5}{10} - \frac{x^3}{2}\right)\Big|_1^2 = \frac{9}{10}. \otimes$$

Вычисление площади, объёма и массы

Пример 4.3.5. Вычислить площадь фигуры, ограниченной линиями

$$x = 4y - y^2,\ x + y = 6.$$

Р е ш е н и е. Решая систему уравнений

$$\begin{cases} y^2 - 4y + x = 0, \\ x + y = 6, \end{cases}$$

находим точки пересечения линий: $A(-4; 2)$, $B(3; 3)$. Поэтому площадь фигуры равна

$$S \equiv \mu(D) = \iint\limits_D dxdy = \int\limits_2^3 dy \int\limits_{6-y}^{4y-y^2} dx = \int\limits_2^3 \left(x \Big|_{6-y}^{4y-y^2} \right) dy =$$

$$= \int\limits_2^3 \left(-y^2 + 5y - 6 \right) dy = \left(-\frac{1}{3}y^3 + \frac{5}{2}y^2 - 6y \right) \Big|_2^3 = \frac{1}{6}. \otimes$$

Пример 4.3.6. Найти массу пластины D с поверхностной плотностью

$$\sigma(x, y) = 16x + \frac{9}{2}y^2$$

и ограниченной линиями с уравнениями

$$x = \frac{1}{4},\ y = 0,\ y^2 = 16x,\ y \geq 0.$$

Р е ш е н и е. Так как

$$x = \frac{1}{16}y^2,$$

то $x \geq 0$. Поэтому область D можно задать неравенствами

$$0 \leq x \leq \frac{1}{4},\ 0 \leq y \leq 4\sqrt{x}.$$

Вычисляя двойной интеграл в декартовых координатах, получаем:

$$m(D) = \iint\limits_D \sigma(x, y)\, dxdy = \iint\limits_D \left(16x + \frac{9}{2}y^2 \right) dxdy =$$

$$= \int\limits_0^{1/4} dx \int\limits_0^{4\sqrt{x}} \left(16x + \frac{9}{2}y^2 \right) dy = \int\limits_0^{1/4} \left(16xy + \frac{3}{2}y^3 \right) \Big|_0^{4\sqrt{x}} dx = 160 \int\limits_0^{1/4} x^{3/2} dx = 2. \otimes$$

Вычисление двойного интеграла в полярных координатах

Пример 4.3.7. Вычислить двойной интеграл

$$\iint\limits_D \sqrt{x^2 + y^2}\, dxdy,$$

переходя к полярным координатам, где область D – 1-я четверть круга

$$x^2 + y^2 \leq a^2.$$

Р е ш е н и е. Так как $x = r\cos\varphi$, $y = r\sin\varphi$, то область в полярных координатах имеет вид

$$\Omega = \left\{ (r;\varphi) : 0 \le r \le a;\ 0 < \varphi \frac{\pi}{2} \right\}$$

и, применяя формулу перехода к полярной системе координат, получаем:

$$\iint\limits_D \sqrt{x^2+y^2}\,dxdy = \iint\limits_\Omega \sqrt{r^2\cos^2\varphi + r^2\sin^2\varphi}\,rdrd\varphi = \int\limits_0^{\pi/2} d\varphi \int\limits_0^a r^2 dr =$$

$$= \frac{1}{3}\int\limits_0^{\pi/2} r^3 \Big|_0^a d\varphi = \frac{a^3}{3}\int\limits_0^{\pi/2} d\varphi = \frac{\pi a^3}{6}. \otimes$$

Пример 4.3.8. Вычислить двойной интеграл $\iint\limits_D \ln(x^2+y^2)\,dxdy$, переходя к полярным координатам, если область D – кольцо, заключённое между окружностями $x^2+y^2 = e^2$ и $x^2+y^2 = e^4$.

Р е ш е н и е. Переходя к полярным координатам, имеем:

$$\iint\limits_D \ln(x^2+y^2)\,dxdy = \iint\limits_\Omega \ln r^2\, rdrd\varphi = 2\iint\limits_\Omega r\ln r\,drd\varphi =$$

$$= \left\{ \Omega : 0 \le \varphi \le 2\pi;\ e \le r \le e^2 \right\}$$

$$= 2\int\limits_0^{2\pi} d\varphi \int\limits_e^{e^2} r\ln r\,dr = \left\{ \begin{array}{ll} u = \ln r, & du = \dfrac{dr}{r}, \\ dv = rdr, & v = \dfrac{r^2}{2}. \end{array} \right\} =$$

$$= 2\int\limits_0^{2\pi} d\varphi \left\{ \frac{r^2}{2}\ln r \Big|_e^{e^2} - \frac{1}{2}\int\limits_e^{e^2} r dr \right\} = 2\int\limits_0^{2\pi} \left[\frac{1}{4}e^2(2e^2-1) \right] d\varphi = \pi e^2(2e^2-1). \otimes$$

Пример 4.3.9. Вычислить объём тела, ограниченного поверхностями

$$x^2+y^2 = 8,\ x = 0,\ y = 0,\ z = 0,\ x+y+z = 4.$$

Р е ш е н и е. Тело ограничено кругом на плоскости XOY с центром в начале системы координат, координатными плоскостями и плоскостью

$$\frac{x}{4}+\frac{y}{4}+\frac{z}{4}=1.$$

Поэтому в полярных координатах имеем

$$V=\iint\limits_D f(x,y)\,dxdy=\iint\limits_\Omega f(r\cos\varphi, r\sin\varphi)\,r\,drd\varphi=$$

$$=\int\limits_0^{\pi/2}d\varphi\int\limits_0^{2\sqrt{2}}f(r\cos\varphi, r\sin\varphi)\,r\,dr=$$

$$=\int\limits_0^{\pi/2}d\varphi\int\limits_0^{2\sqrt{2}}(4-r\cos\varphi-r\sin\varphi)\,r\,dr=16\int\limits_0^{\pi/2}\left[1-\frac{\sqrt{2}}{3}(\cos\varphi+\sin\varphi)\right]d\varphi=$$

$$=16\left[\varphi-\frac{\sqrt{2}}{3}(\sin\varphi-\cos\varphi)\right]\Big|_0^{\pi/2}=8\pi-\frac{32\sqrt{2}}{3}.\otimes$$

Пример 4.3.10. Вычислить двойной интеграл

$$\iint\limits_D xdxdy,$$

где область D ограничена линиями с уравнениями:

$$y^2-4y+x^2=0;\ y^2-8y+x^2=0;\ y=\frac{1}{\sqrt{3}}x;\ x=0.$$

Р е ш е н и е. Задаём область D неравенствами в декартовой системе координат, для чего выделяем полные квадраты в уравнениях окружностей:

$$(y-2)^2+x^2=4;\ (y-4)^2+x^2=16,$$

Центры обеих окружностей имеют координаты $(0;2)$ и $(0;4)$, а сами окружности касаются начала системы координат. Первая окружность имеет радиус 2 и лежит, следовательно, внутри второй окружности с радиусом 4. Область D лежит между окружностями и координаты её точек удовлетворяют неравенствам

$$(y-2)^2+x^2\ge 4;\ (y-4)^2+x^2\le 16.$$

Кроме этого, область D лежит между указанными прямыми линиями, проходящими через начало системы координат. Так как окружности лежат выше оси OX, то область D ле-

жит над прямой линией $y = \frac{1}{\sqrt{3}}x$ и справа от прямой линии $x = 0$. Поэтому координаты точек области D удовлетворяют неравенствам

$$y \geq \frac{x}{\sqrt{3}},\ x \geq 0.$$

Таким образом,

$$D = \begin{cases} (y-2)^2 + x^2 \geq 4, \\ (x;\ y):\ (y-4)^2 + x^2 \leq 16, \\ y \geq \frac{x}{\sqrt{3}},\ x \geq 0. \end{cases}$$

Для вычисления используем полярную систему координат:

$$x = r\cos\varphi,\ y = r\sin\varphi.$$

Формула вычисления двойного интеграла принимает вид

$$\iint\limits_D x\,dx\,dy = \iint\limits_\Omega r\cos\varphi\, r\,dr\,d\varphi.$$

В неравенствах, определяющих область интегрирования, производим замену $x = r\cos\varphi,\ y = r\sin\varphi$, получаем

$$\Omega = \begin{cases} (r\sin\varphi - 2)^2 + r^2\cos^2\varphi \geq 4, \\ (r;\ \varphi):\ (r\sin\varphi - 4)^2 + r^2\cos^2\varphi \leq 16, \\ r\sin\varphi \geq \frac{r\cos\varphi}{\sqrt{3}},\ r\cos\varphi \geq 0. \end{cases}$$

Решение этих неравенств относительно r и φ имеет вид

$$\Omega = \begin{cases} (r;\ \varphi):\ \frac{\pi}{6} \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}, \\ 4\sin\varphi \leq r \leq 8\sin\varphi. \end{cases}$$

Переход от двойного интеграла к повторному интегралу даёт:

$$\iint\limits_D x\,dx\,dy = \iint\limits_\Omega r\cos\varphi\, r\,dr\,d\varphi = \int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} \cos\varphi\,d\varphi \int\limits_{4\sin\varphi}^{8\sin\varphi} r^2\,dr,$$

Интегрируя последовательно, получаем:

$$\int_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}} \cos\varphi d\varphi \int_{4\sin\varphi}^{8\sin\varphi} r^2 dr = 35. \otimes$$

Вычисление тройного интеграла в декартовых координатах

Пример 4.3.11. Вычислить тройной интеграл

$$I = \iiint_V (x - 2y + z)\,dxdydz,$$

где область V – параллелепипед, заданный неравенствами

$$-1 \le x \le 2,\ 1 \le y \le 3,\ 0 \le z \le 1.$$

Р е ш е н и е. Используя формулу (1.50)

$$\iiint_V f(x, y, z)\,dxdydz = \int_a^b dx \int_{y=g_1(x)}^{y=g_2(x)} dy \int_{z=u_1(x,y)}^{z=u_2(x,y)} f(x, y, z)\,dz,$$

получаем:

$$I = \iiint_V (x - 2y + z)\,dxdydz = \int_{-1}^{2} dx \int_{1}^{3} dy \int_{0}^{1} (x - 2y + z)\,dz = -18. \otimes$$

Пример 4.3.12. Вычислить тройной интеграл

$$I = \iiint_V (x + y + z)\,dxdydz,$$

где область V – пирамида, ограниченная плоскостями

$$x = 0,\ y = 0,\ z = 0,\ x + y + z = 2.$$

Р е ш е н и е. Запишем уравнение плоскости

$$z = 2 - x - y,$$

«ограничивающей пирамиду» сверху, в отрезках

$$\frac{x}{2} + \frac{y}{2} + \frac{z}{2} = 1.$$

Теперь можем изобразить пирамиду (рисунок 3.1).

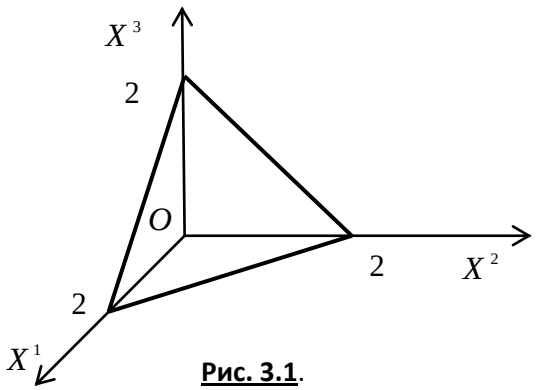


Рис. 3.1.

Применяем для решения формулу

$$\iiint_V f(x, y, z)\,dxdydz = \int_a^b dx \int_{y=g_1(x)}^{y=g_2(x)} dy \int_{z=u_1(x,y)}^{z=u_2(x,y)} f(x, y, z)\,dz,$$

расставляя пределы в соответствии с условиями задачи:

$$I = \iiint_V (x + y + z)\,dxdydz = \int_0^2 dx \int_0^{2-x} dy \int_0^{2-x-y} (x + y + z)\,dz =$$

$$= \int_0^2 dx \int_0^{2-x} \left[x \cdot z + y \cdot z + \frac{z^2}{2} \right]_0^{2-x-y} dy = \int_0^2 \left[2y - x \cdot \frac{y^2}{2} - y \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{y^3}{6} \right]_0^{2-x} dx =$$

$$= \int_0^2 \left(\frac{8}{3} - 2x + \frac{x^3}{6} \right) dx = \left[\frac{8}{3}x - x^2 + \frac{x^4}{24} \right]_0^2 = 2. \otimes$$

Вычисление тройного интеграла в цилиндрических

и сферических координатах

Пример 4.3.13. Найти объём кругового цилиндра высоты H с радиусом основания R.

Р е ш е н и е. Формула для вычисления тройного интеграла в цилиндрической системе координат имеет вид:

цилиндрических координатах:

$$V_V = \iiint_V dxdydz = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^R r dr \int_0^H dz = \pi R^2 H\,. \otimes$$

Пример 4.3.14. Найти объём шара радиуса R.

Р е ш е н и е. Для вычисления объёма шара используем формулу вычисления тройного интеграла в сферических координатах. Учитывая, что

$$f(x, y, z) = f(\sin\theta\cos\varphi, r\sin\theta\sin\varphi, r\cos\theta) \equiv 1,$$

получаем:

$$V_V = \iiint\limits_V dxdydz = \int\limits_0^{2\pi} d\varphi \int\limits_0^{\pi} \sin\theta d\theta \int\limits_0^{R} r^2 dr = \frac{4}{3}\pi R^3 . \otimes$$

Пример 4.3.15. Вычислить тройной интеграл

$$\iiint\limits_V \frac{x^2}{x^2+y^2} dxdydz,$$

где область V ограничена поверхностями

$$z = \frac{9}{2}\sqrt{x^2+y^2}$$ (конус),

$$z = \frac{11}{2} - x^2 - y^2$$ (эллиптический параболоид).

Р е ш е н и е. Область V – тело вращения вокруг оси OZ, поэтому переходим к цилиндрическим координатам:

$$\begin{cases} x = r\cos\varphi, \\ y = r\sin\varphi, \\ z = z. \end{cases}$$

Для искомого интеграла получаем:

$$\iiint\limits_V \frac{x^2}{x^2+y^2} dxdydz = \iiint\limits_\Omega \cos^2\varphi r dr d\varphi dz .$$

Задаём область Ω' неравенствами, заменяя в уравнениях поверхностей декартовы координаты цилиндрическими координатами:

$$x = r\cos\varphi,\ y = r\sin\varphi .$$

Получаем два двойных неравенства:

$$\frac{9}{2}r \le z \le \frac{11}{2} - r^2 \text{ и } \frac{11}{2} - r^2 \le z \le \frac{9}{2}r .$$

Для выбора верного неравенства решаем уравнение

$$\frac{9}{2}r = \frac{11}{2} - r^2.$$

Единственное положительное решение $r = 1$, следовательно, $0 \le r \le 1$. При этих значениях верное неравенство

$$\frac{9}{2}r \le z \le \frac{11}{2} - r^2.$$

Область

$$\Omega = \begin{cases} 0 \le r \le 1, \\ \frac{9}{2}r \le z \le \frac{11}{2} - r^2, \\ 0 \le \varphi \le 2\pi. \end{cases}$$

Переход к повторному интегралу даёт:

$$\iiint\limits_V \frac{x^2}{x^2 + y^2}\,dxdydz = \iiint\limits_\Omega \cos^2\varphi\, r dr d\varphi dz =$$

$$= \iiint\limits_{\Omega'} \frac{r^2\cos^2\varphi}{r^2\cos^2\varphi + r^2\sin^2\varphi}\, r dr d\varphi dz = \ldots = \pi\,. \otimes$$

Практическое занятие 4

Приложения криволинейных и кратных интегралов

Пример 4.4.1. Электрическое поле линейного непрерывно-распределённого электрического заряда вычисляется по формуле

$$\vec{E}\left(\vec{x}_0\right) = \int\limits_W \frac{\gamma\left(\vec{x}\right)\cdot\left(\vec{x}_0 - \vec{x}\right)}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0\left\|\vec{x}_0 - \vec{x}\right\|^3} dl\,, \qquad (1)$$

где $\vec{x}_0$ – точка наблюдения, а линейная плотность заряда равна

$$\gamma\left(\vec{x}\right)=\frac{dQ\left(\vec{x}\right)}{dl}.$$

Найти напряжённость электрического поля однородно заряженной проволоки длиной L, имеющей форму дуги окружности радиуса r, в центре окружности, считая линейную плотность заряда постоянной.

Р е ш е н и е. Так как $\gamma\left(\vec{x}\right)=const$, то формула (1) принимает вид

$$\vec{E}\left(\vec{x}_0\right)=\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\int_W\frac{\left(\vec{x}_0-\vec{x}\right)}{\left\|\vec{x}_0-\vec{x}\right\|^3}dl=$$

$$=\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\left(\int_W\frac{x_0-x}{\left\|\vec{x}_0-\vec{x}\right\|^3}dl\right)\vec{e}_1+\left(\int_W\frac{y_0-y}{\left\|\vec{x}_0-\vec{x}\right\|^3}dl\right)\vec{e}_2\right]. \qquad (2)$$

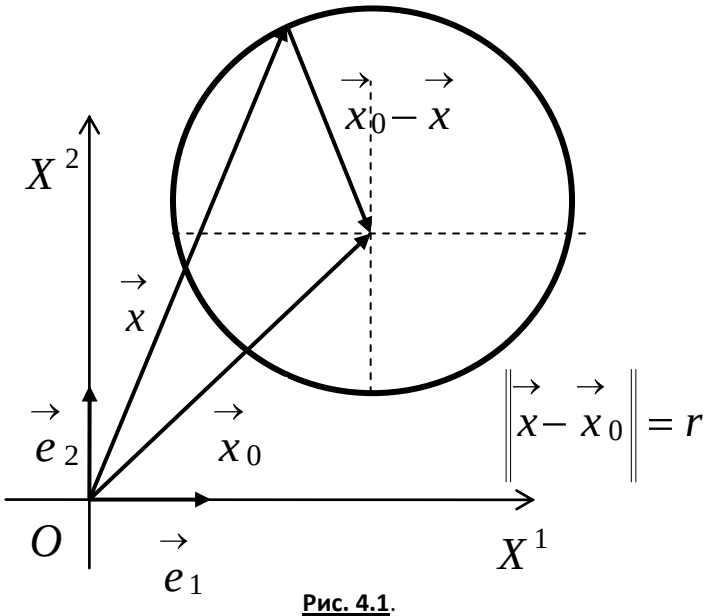


Рис. 4.1.

Вспомним параметрические уравнения окружности (рисунок 4.1):

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + r\cos t \cdot \vec{e}_1 + r\sin t \cdot \vec{e}_2 \qquad (3)$$

– векторная форма;

$$\begin{cases} x = x_0 + r\cos t, \\ y = y_0 + r\sin t \end{cases} \qquad (4)$$

– скалярная форма.

Чтобы воспользоваться для вычисления интеграла формулой

$$\int_W f(x, y)\,dl = \int_\alpha^\beta f(x(t), y(t))\sqrt{\left[\frac{dx}{dt}(t)\right]^2 + \left[\frac{dy}{dt}(t)\right]^2}\,dt,$$

нам нужен дифференциал длины дуги кривой $dl = \left\|\frac{d\vec{x}}{dt}\right\| dt$. По формуле (3) имеем:

$$\frac{d\vec{x}}{dt} = -r\sin t \cdot \vec{e}_1 + r\cos t \cdot \vec{e}_2.$$

Отсюда для нормы вектора скорости получаем

$$\left\|\frac{d\vec{x}}{dt}\right\| = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} = \sqrt{(-r\sin t)^2 + (r\cos t)^2} = r,$$

откуда имеем

$$dl = \left\|\frac{d\vec{x}}{dt}\right\| dt = r\,dt.$$

С учётом того, что в рассматриваемом случае точка наблюдения помещена в центр окружности, а точки источника поля находятся в точках самой окружности и очевидного равенства

$$\left\|\vec{x} - \vec{x}_0\right\| = \left\|\vec{x}_0 - \vec{x}\right\|,$$

дальнейшие вычисления напряжённости электрического поля в центре окружности проводятся так:

$$\vec{E}\left(\vec{x}_0\right)=\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\left(\int\limits_W\frac{x_0-x}{\left\|\vec{x}-\vec{x}_0\right\|^3}dl\right)\vec{e}_1+\left(\int\limits_W\frac{y_0-y}{\left\|\vec{x}-\vec{x}_0\right\|^3}dl\right)\vec{e}_2\right]=$$

$$=-\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\frac{r\cos t}{r^3}rdt\right)\vec{e}_1+\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\frac{r\sin t}{r^3}rdt\right)\vec{e}_2\right]=$$

$$=-\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\left[\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\frac{\cos t}{r}dt\right)\vec{e}_1+\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\frac{\sin t}{r}dt\right)\vec{e}_2\right]=$$

$$=-\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\left[\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\cos t dt\right)\vec{e}_1+\left(\int\limits_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\sin t dt\right)\vec{e}_2\right]=$$

$$=-\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\left[\left(\sin t\Big|_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\right)\vec{e}_1+\left(-\cos t\Big|_{-\alpha/2}^{\alpha/2}\right)\vec{e}_2\right]=$$

$$=-\frac{\gamma}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\left[2\sin\frac{\alpha}{2}\vec{e}_1-\underbrace{\left(\cos\frac{\alpha}{2}-\cos\left(-\frac{\alpha}{2}\right)\right)}_{=0}\vec{e}_2\right]=-\frac{\gamma}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\sin\frac{\alpha}{2}\vec{e}_1.$$

Получили следующую формулу для электрического поля, создаваемого в центре окружности линейным равномерным распределением заряда

$$\vec{E}\left(\vec{x}_0\right)=-\frac{\gamma}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\sin\frac{\alpha}{2}\cdot\vec{e}_1. \qquad (6)$$

Из формулы (6) легко получаем формулу для нормы напряжённости электрического поля

$$E=\left\|\vec{E}\left(\vec{x}_0\right)\right\|=\frac{\gamma}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}\sin\frac{\alpha}{2}, \qquad (7)$$

из которой следует:

1) $E=\dfrac{\gamma}{2\pi\varepsilon\varepsilon_0 r}$ при $\alpha=\pi$;

2) $E=0$ при $\alpha=2\pi$. $\otimes$

Пример 4.4.2. Найти площадь фигуры, ограниченной линиями с уравнениями

$$y^2-4y+x^2=0,\ y^2-8y+x^2=0,\ y=\frac{x}{\sqrt{3}},\ x=0.$$

Р е ш е н и е. Область ограничена окружностями и прямыми, поэтому решаем задачу в полярных координатах:

$$x=r\cos\varphi\ ,\ y=r\sin\varphi.$$

При переходе к полярным координатам область D перейдёт в область D', ограниченную линиями

$$r=4\cos\varphi,\ r=8\cos\varphi,\ \frac{\pi}{6}\le\varphi\le\frac{\pi}{2}.$$

Искомая площадь равна $S=\iint\limits_{D'}r^2drd\varphi$. В полярных координатах область D' задаётся неравенствами

$$D'=\begin{cases}\dfrac{\pi}{6}\le\varphi\le\dfrac{\pi}{2},\\ 4\cos\varphi\le r\le 8\cos\varphi.\end{cases}$$

Переход от двойного интеграла к повторному интегралу даёт:

$$S=\iint\limits_{D'}r^2drd\varphi=\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}d\varphi\int\limits_{4\cos\varphi}^{8\cos\varphi}rdr.$$

Результат получается интегрированием:

$$S=\iint\limits_{D'}r^2drd\varphi=\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}d\varphi\int\limits_{4\cos\varphi}^{8\cos\varphi}rdr=24\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}\cos^2\varphi=\left\{\cos^2\varphi=\frac{1+\cos2\varphi}{2}\right\}=$$

$$=12\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}d\varphi+6\int\limits_{\frac{\pi}{6}}^{\frac{\pi}{2}}\cos2\varphi d(2\varphi)=8\pi-(6+3\sqrt{3}).\otimes$$

Пример 4.4.3. Применяя формулу Грина, вычислить криволинейный интеграл

$$\oint\limits_{\Gamma}-x^2ydx+xy^2dy,\qquad(1)$$

где Γ – окружность с уравнением $x^2 + y^2 = R^2$, причём обход окружности осуществляется против часовой стрелки.

Р е ш е н и е. Формула Грина имеет вид:

$$\iint\limits_{\Omega}\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right)(x, y)\,dxdy = \oint\limits_{\Gamma} P(x, y)\,dx + Q(x, y)\,dy.$$

Сравнивая с (1), видим, что $P(x, y) = -x^2 y$, $Q(x, y) = xy^2$. Поэтому

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}\right)(x, y) = x^2 + y^2.$$

Следовательно, получаем

$$\oint\limits_{\Gamma} -x^2 y dx + xy^2 dy = \iint\limits_{\Omega}(x^2 + y^2)\,dxdy.$$

Вычисления проводим в полярных координатах:

$$x = R\cos\varphi,\ y = R\sin\varphi,\ 0 \le \varphi \le 2\pi,$$

$$\oint\limits_{\Gamma} -x^2 y dx + xy^2 dy = \iint r^2 r dr d\varphi = \int\limits_0^{2\pi} d\varphi \int\limits_0^R r^3 dr = \frac{1}{4}R^4 \int\limits_0^{2\pi} d\varphi = \frac{\pi R^4}{2}. \otimes$$

Пример 4.4.4. Применяя формулу Грина, вычислить площадь фигуры, ограниченной кривыми линиями с уравнениями

$$y = x^2,\ x = y^2,\ 8xy = 1,$$

примыкающей к началу системы координат.

Р е ш е н и е. Площадь плоской фигуры вычисляется по формуле:

$$S(\Omega) = \iint\limits_{\Omega} dxdy = \frac{1}{2}\oint\limits_{\Gamma} xdy - ydx.$$

Рассмотрим вид фигуры. Первая и вторая кривые линии – это стандартные параболы с осью OY и OX соответственно. Решая совместно уравнения кривых линий, найдём точки их пересечения:

$$A\left(\frac{1}{2}; \frac{1}{4}\right),\ B\left(\frac{1}{4}; \frac{1}{2}\right).$$

Применим формулу для вычисления площади плоской фигуры:

$$S(\Omega) = \frac{1}{2}\oint\limits_{\Gamma} xdy - ydx = \frac{1}{2}\int\limits_{OA} xdy - ydx + \frac{1}{2}\int\limits_{AB} xdy - ydx + \frac{1}{2}\int\limits_{BO} xdy - ydx =$$

$$= \frac{1}{2}\int_0^{1/2} x^2 dx - \frac{1}{8}\int_{1/2}^{1/4} \frac{dx}{x} - \frac{1}{4}\int_{1/4}^{0} \sqrt{x}\,dx = \frac{1+3\ln 2}{24} \approx 0{,}13. \otimes$$

Практическое занятие 5

Поверхностные интегралы первого и второго рода

Пример 4.5.1. Вычислить поверхностный интеграл первого рода

$$\iint_F (x^2 + y^2)\,dS,$$

где F – часть конической поверхности, заключённой между плоскостями с уравнениями $z = 0$ и $z = 1$.

Р е ш е н и е. Поверхностный интеграл первого рода вычисляется по формуле

$$\iint_F f(x, y, z)\,dS =$$

$$= \iint_{G^{12}} f(x, y, \varphi(x, y)) \sqrt{1 + \left[\frac{\partial \varphi}{\partial x}(x, y)\right]^2 + \left[\frac{\partial \varphi}{\partial y}(x, y)\right]^2}\,dxdy. \qquad (1)$$

В силу условий задачи выбираем верхнюю часть конической поверхности с уравнением

$$z = \varphi(x, y) = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Поэтому

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x}(x, y) = \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad \frac{\partial \varphi}{\partial y}(x, y) = \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}},$$

$$dS = \sqrt{1 + \left[\frac{\partial \varphi}{\partial x}(x, y)\right]^2 + \left[\frac{\partial \varphi}{\partial y}(x, y)\right]^2}\,dxdy =$$

$$= \sqrt{1 + \frac{x^2}{x^2 + y^2} + \frac{y^2}{x^2 + y^2}}\,dxdy = \sqrt{2}\,dxdy.$$

Искомый интеграл преобразуется в двойной интеграл по формуле (1):

$$\iint_F (x^2 + y^2)\,dS = \iint_{G^{12}} \sqrt{2} \cdot (x^2 + y^2)\,dxdy.$$

Так как область G^{12} – это круг, определённый неравенством $x^2 + y^2 \le 1$, то

$$\iint\limits_F (x^2 + y^2)\,dS = \iint\limits_{G^{12}} \sqrt{2}\cdot(x^2 + y^2)\,dxdy = 4\sqrt{2}\int\limits_0^{\pi/2} d\varphi \int\limits_0^1 r^3 dr = \frac{\sqrt{2}}{2}\cdot\pi\,. \otimes$$

Пример 4.5.2. Вычислить поверхностный интеграл первого рода

$$\iint\limits_F (\sqrt{a^2 - x^2} + z)\,ydS,$$

где F – поверхность цилиндра

$$x^2 + z^2 = a^2,$$

заключённая между плоскостями $y = b$ и $y = c$.

Р е ш е н и е. Из уравнения

$$x^2 + z^2 = a^2$$

следует

$$z = \varphi^3(x, y) = \pm\sqrt{a^2 - x^2}\,.$$

Поверхность F разбилась на две части: F_1 $(z \ge 0)$ и F_2 $(z \le 0)$. Определим элемент поверхности dS в соответствии с формулой вычисления поверхностного интеграла первого рода:

$$\frac{\partial\varphi(x, y)}{\partial x} = -\frac{x}{\sqrt{a^2 - x^2}};\ \frac{\partial\varphi(x, y)}{\partial y} = 0;$$

$$dS = \sqrt{1 + \left[\frac{\partial\varphi}{\partial x}(x, y)\right]^2 + \left[\frac{\partial\varphi}{\partial y}(x, y)\right]^2}\,dxdy = \frac{a\,dxdy}{\sqrt{a^2 - x^2}}.$$

Подставляя элемент поверхности в формулу для вычисления поверхностного интеграла первого рода

$$\iint\limits_F f(x, y, z)\,dS = \iint\limits_G f(x, y, \varphi(x, y))\sqrt{1 + \left[\frac{\partial\varphi}{\partial x}(x, y)\right]^2 + \left[\frac{\partial\varphi}{\partial y}(x, y)\right]^2}\,dxdy,$$

получим:

$$\iint\limits_F (\sqrt{a^2 - x^2} + z)\,ydS =$$

$$= \iint\limits_{F_1} \left(\sqrt{a^2 - x^2} + \sqrt{a^2 - x^2}\right) y dS + \iint\limits_{F_2} \left(\sqrt{a^2 - x^2} - \sqrt{a^2 - x^2}\right) y dS =$$

$$= \iint\limits_{G_1} 2\sqrt{a^2 - x^2}\, y \frac{a dx dy}{\sqrt{a^2 - x^2}} = 2a \iint\limits_{G_1} y dx dy =$$

$$= 2a \int\limits_{-a}^{a} dx \int\limits_{b}^{c} y dy = 2a^2 \left(c^2 - b^2\right). \otimes$$

Пример 4.5.3. Вычислить поверхностный интеграл второго рода

$$\iint\limits_F x^2 y^2 z dx dy$$

по верхней стороне верхней половины сферы с уравнением

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2.$$

Р е ш е н и е. Проекцией верхней полусферы на координатную плоскость XOY является круг, ограниченный окружностью

$$x^2 + y^2 = R^2.$$

Уравнение верхней полусферы

$$z = \varphi(x, y) = \sqrt{R^2 - x^2 - y^2}.$$

Следовательно, искомый интеграл преобразуется в двойной интеграл так:

$$\iint\limits_F x^2 y^2 z dx dy = \iint\limits_{G^{12}} x^2 y^2 \sqrt{R^2 - x^2 - y^2} dx dy.$$

Вычисления проводим в полярных координатах:

$$\iint\limits_{G^{12}} x^2 y^2 \sqrt{R^2 - x^2 - y^2} dx dy = \iint\limits_{G^{12}} r^5 \cos^2\varphi \cdot \sin^2\varphi \sqrt{R^2 - r^2} dr d\varphi =$$

$$= 4 \int\limits_0^{\pi/2} \cos^2\varphi \cdot \sin^2\varphi d\varphi \int\limits_0^R r^5 \sqrt{R^2 - r^2} dr =$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \sqrt{R^2 - r^2} = t;\ R^2 - r^2 = t^2; \\ r dr = -t dt;\ r^4 = \left(R^2 - t^2\right)^2. \end{array} \right\} == \int\limits_0^{\pi/2} \frac{1 - \cos 4\varphi}{2} d\varphi \int\limits_0^R \left(R^2 - t^2\right)^2 t^2 dt$$

$$= \frac{2}{105} \pi R^7. \otimes$$

Пример 4.5.4. Вычислить поверхностный интеграл второго рода

$$\iint\limits_F xdydz + ydzdx + zdxdy,$$

где F – верхняя сторона части плоскости с уравнением $x + z - 1 = 0$, отсечённая плоскостями с уравнениями $y = 0$, $y = 4$ и лежащая в первом октанте.

Р е ш е н и е. Заданная поверхность изображена на рисунке5.1. Для вычисления интеграла используем формулу вычисления общего поверхностного интеграла второго рода:

$$\iint\limits_F P(x, y, z)dydz + Q(x, y, z)dzdx + R(x, y, z)dxdy =$$

$$= \iint\limits_{G_{23}} P(\varphi(y, z), y, z)dydz + \iint\limits_{G_{13}} Q(x, \psi(x, z), z)dxdz +$$

$$+ \iint\limits_{G_{12}} R(x, y, \omega(x, y))dxdy.$$

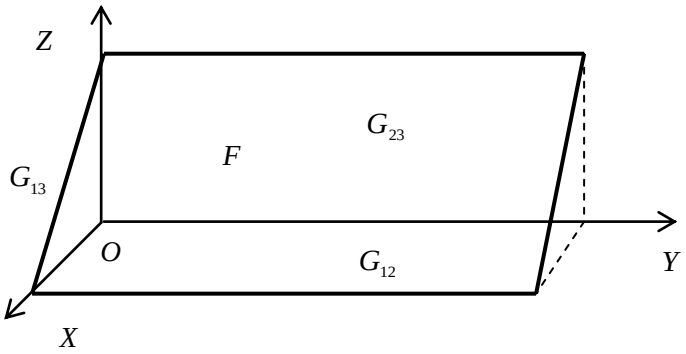


Рис. 5.1.

Так как плоскость параллельна оси OY, то

$$\iint\limits_{G_{13}} Q(x, \psi(x, z), z)dxdz = 0.$$

Получаем:

$$\iint\limits_F xdydz + ydzdx + zdxdy = \iint\limits_{G_{23}} (-z)dydz + \iint\limits_{G_{12}} (-x)dxdy = 4. \otimes$$

Практическое занятие 6

Векторный анализ

Пример 4.6.1. Найти градиент сферически-симметричного скалярного поля

$$u = \varphi(r),$$

где $r = \left\| \vec{r} \right\| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$.

Р е ш е н и е. По определению градиента имеем

$$\operatorname{grad} \varphi(r) = \frac{\partial}{\partial x}\varphi(r)\vec{e}_1 + \frac{\partial}{\partial y}\varphi(r)\vec{e}_2 + \frac{\partial}{\partial z}\varphi(r)\vec{e}_3 =$$

$$= \frac{d\varphi}{dr}\frac{x}{r}\vec{e}_1 + \frac{d\varphi}{dr}\frac{y}{r}\vec{e}_2 + \frac{d\varphi}{dr}\frac{z}{r}\vec{e}_3 = \frac{d\varphi}{dr}\cdot\frac{\vec{r}}{r}. \otimes$$

Отметим, что векторное поле, определяемое соотношением $\vec{a} = \operatorname{grad}\varphi$, называется ***потенциальным полем***, а скалярная функция φ называется ***потенциалом*** векторного поля $\vec{a}$. Само векторное поле $\vec{a} = \frac{d\varphi}{dr}\cdot\frac{\vec{r}}{r}$ называется ***потенциальным*** полем. Иногда потенциальное поле определяют соотношением $\vec{a} = -\operatorname{grad}\varphi$.

Пример 4.6.2. Найти дивергенцию сферически-симметричного векторного поля $\vec{a} = \varphi(r)\vec{r}$.

Р е ш е н и е. По определению дивергенции имеем:

$$\operatorname{div}\vec{a} = \left(\vec{\nabla}, \varphi(r)\vec{r}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left[\varphi(r)x\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\varphi(r)y\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[\varphi(r)z\right] =$$

$$= \frac{d\varphi}{dr}\frac{x^2}{r} + \varphi(r) + \frac{d\varphi}{dr}\frac{y^2}{r} + \varphi(r) + \frac{d\varphi}{dr}\frac{z^2}{r} + \varphi(r) = \frac{d\varphi}{dr}\cdot r + 3\varphi(r). \otimes$$

Векторное поле называется ***соленоидальным***, если выполнено условие $div\,\vec{a} = 0$. $\otimes$

Пример 4.6.3. Найти условие соленоидальности векторного поля из предыдущего примера.

Р е ш е н и е. Условие соленоидальности $\operatorname{div}\vec{a} = 0$ для поля $\vec{a} = \varphi(r)\vec{r}$ приводит к обыкновенному дифференциальному уравнению

$$\frac{d\varphi}{dr}\cdot r + 3\varphi(r) = 0$$

С разделяющимися переменными. Разделяя переменные и учитывая, что в случае функций одного переменного производная $\frac{d\varphi}{dr}$ – это отношение двух дифференциалов, получаем:

$$\frac{d\varphi}{\varphi} = -3\frac{dr}{r}. \qquad (1)$$

Интегрируя уравнение (1), получаем $\ln|\varphi| = -3\ln r + C_1$. Записывая произвольную постоянную в логарифмическом виде $C_1 = \ln C$, где C – произвольная положительная постоянная, получаем $\varphi = \frac{C}{r^3}$. Здесь C уже произвольная (не обязательно положительная) постоянная. $\otimes$

Пример 4.6.4. Найти ротор сферически-симметричного векторного поля

$$\vec{a} = \varphi(r)\vec{r},$$

где $r = \left\|\vec{r}\right\| = \sqrt{x^2+y^2+z^2}$.

Р е ш е н и е. Записывая векторное поле в разложении по декартовому базису

$$\vec{a} = \varphi(r)\vec{r} = \varphi(r)x\vec{e}_1 + \varphi(r)y\vec{e}_2 + \varphi(r)z\vec{e}_3,$$

и используя определение ротора, получаем:

$$\operatorname{rot}\vec{a} = \left[\vec{\nabla}, \vec{a}\right] = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ \varphi(r)x & \varphi(r)y & \varphi(r)z \end{vmatrix} =$$

$$= \left\{\frac{\partial}{\partial y}\left[\varphi(r)z\right] - \frac{\partial}{\partial z}\left[\varphi(r)y\right]\right\}\vec{e}_1 + \left\{\frac{\partial}{\partial z}\left[\varphi(r)x\right] - \frac{\partial}{\partial x}\left[\varphi(r)z\right]\right\}\vec{e}_2$$

$$+ \left\{\frac{\partial}{\partial x}\left[\varphi(r)y\right] - \frac{\partial}{\partial y}\left[\varphi(r)x\right]\right\}\vec{e}_3 = \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(\frac{yz}{r} - \frac{zy}{r}\right)\vec{e}_1 +$$

$$+ \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(\frac{zx}{r} - \frac{xz}{r}\right)\vec{e}_2 + \frac{d\varphi(r)}{dr}\left(\frac{xy}{r} - \frac{yx}{r}\right)\vec{e}_3 = \vec{0}. \otimes$$

Векторное поле, для которого выполнено соотношение $rot\,\vec{a} = \vec{0}$, называется ***безвихревым*** полем. Из предыдущей задачи следует, что сферически-симметричное векторное поле является безвихревым полем.

Пример 4.6.5. Доказать, что

$$\operatorname{div}\left[\vec{A}, \vec{B}\right] = \left(\vec{B}, \operatorname{rot}\vec{A}\right) - \left(\vec{A}, \operatorname{rot}\vec{B}\right). \qquad (1)$$

Р е ш е н и е. Для решения применим правило действия оператора $\vec{\nabla}$ на произведение функций

$$\vec{\nabla}\left(\varphi\cdot\omega\cdot\ldots\cdot\psi\right) =$$
$$= \vec{\nabla}\left(\overset{\vee}{\varphi}\cdot\omega\cdot\ldots\cdot\psi\right) + \vec{\nabla}\left(\varphi\cdot\overset{\vee}{\omega}\cdot\ldots\cdot\psi\right) + \ldots + \vec{\nabla}\left(\varphi\cdot\omega\cdot\ldots\cdot\overset{\vee}{\psi}\right), \qquad (2)$$

где символ $\vee$ над функцией устанавливает порядок действия оператора $\vec{\nabla}$ на соответствующую функцию. Для скалярных полей имеется в виду просто произведение функций, для векторных полей произведение может быть как скалярным, так и векторным.

Учитывая, что

$$\operatorname{div}\left[\vec{A}, \vec{B}\right] = \left(\vec{\nabla}, \left[\vec{A}, \vec{B}\right]\right),$$

в левой части (1) получаем:

$$\operatorname{div}\left[\vec{A}, \vec{B}\right] = \left(\vec{\nabla}, \left[\vec{A}, \vec{B}\right]\right) = \left(\vec{\nabla}, \left[\overset{\vee}{\vec{A}}, \vec{B}\right]\right) + \left(\vec{\nabla}, \left[\vec{A}, \overset{\vee}{\vec{B}}\right]\right),$$

Первое смешанное произведение в правой части последнего равенства преобразуется к виду:

$$\left(\vec{\nabla}, \left[\overset{\vee}{\vec{A}}, \vec{B}\right]\right) = \left(\left[\vec{\nabla}, \vec{A}\right], \vec{B}\right) = \left(\vec{B}, \left[\vec{\nabla}, \vec{A}\right]\right) = \left(\vec{B}, \operatorname{rot}\vec{A}\right). \qquad (3)$$

Аналогично, второе смешанное произведение в правой части того же равенства преобразуется к виду

$$\left(\vec{\nabla},\left[\vec{A},\overset{\vee}{\vec{B}}\right]\right)=-\left(\vec{\nabla},\left[\overset{\vee}{\vec{B}},\vec{A}\right]\right)=-\left(\vec{A},\left[\vec{\nabla},\vec{B}\right]\right)=-\left(\vec{A},\operatorname{rot}\vec{B}\right). \quad (4)$$

Складывая (3) и (4), получаем (1). ⊗

Пример 4.6.6. Доказать, что справедлива формула

$$\operatorname{rot}\left(u\cdot\vec{A}\right)=\left[\operatorname{grad}u,\vec{A}\right]+u\cdot\operatorname{rot}\vec{A},$$

где u – скалярное, а $\vec{A}$ – векторное поля.

Р е ш е н и е. Преобразуем левую часть:

$$\operatorname{rot}\left(u\cdot\vec{A}\right)=\left[\vec{\nabla},u\cdot\vec{A}\right]=\left[\vec{\nabla},\overset{\vee}{u}\cdot\vec{A}\right]+\left[\vec{\nabla},u\cdot\overset{\vee}{\vec{A}}\right]=$$

$$=\left[\vec{\nabla}u,\vec{A}\right]+u\cdot\left[\vec{\nabla},\vec{A}\right]=\left[\operatorname{grad}u,\vec{A}\right]+u\cdot\operatorname{rot}\vec{A}.\otimes$$

Пример 4.6.7. Доказать, что справедлива формула

$$\operatorname{rot}\ \operatorname{rot}\vec{A}=\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{A}-\Delta\vec{A},$$

где Δ – ***оператор Лапласа*** $\Delta=\left(\vec{\nabla},\vec{\nabla}\right)$.

Р е ш е н и е. Для доказательства используем формулу для двойного векторного произведения

$$\left[\vec{A},\left[\vec{B},\vec{C}\right]\right]=\vec{B}\left(\vec{A},\vec{C}\right)-\vec{C}\left(\vec{A},\vec{B}\right),$$

полагая $\vec{A}=\vec{B}=\nabla$, получим:

$$\operatorname{rot}\ \operatorname{rot}\vec{A}=\left[\vec{\nabla},\left[\vec{\nabla},\vec{A}\right]\right]=\vec{\nabla}\left(\vec{\nabla},\vec{A}\right)-\left(\vec{\nabla},\vec{\nabla}\right)\vec{A}=\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{A}-\Delta\vec{A}.\otimes$$

Пример 4.6.8. Найти циркуляцию векторного поля

$$\vec{A}=x^3\vec{e}_1-y^2\vec{e}_2+y\vec{e}_3$$

по замкнутому контуру $\Gamma \in [0, 2\pi]$, заданному уравнениями

$$x = \cos t,\ y = 3\sin t,\ z = \cos t - \sin t.$$

Р е ш е н и е. По определению циркуляция равна криволинейному интегралу второго рода

$$C = \oint_{\Gamma} \left(\vec{A}, d\vec{x} \right) = \oint_{\Gamma} x^3 dx - y^2 dy + y dz.$$

Криволинейный интеграл вычисляем, сводя его к определённому интегралу:

$$\oint_{\Gamma} x^3 dx - y^2 dx^2 + y dx^3 =$$

$$= \int_0^{2\pi} (-\cos^3 t \sin t - 27 \sin^2 t \cos t - 3\sin^2 t - 3\sin t \cos t)\, dt =$$

$$= -\int_0^{2\pi} \cos^3 t \sin t dt - 27 \int_0^{2\pi} \sin^2 t \cos t dt - 3 \int_0^{2\pi} \sin^2 t dt - 3 \int_0^{2\pi} \sin t \cos t dt =$$

$$= \int_0^{2\pi} \cos^3 t d(\cos t) - 27 \int_0^{2\pi} \sin^2 t d(\sin t) -$$

$$-\frac{3}{2} \int_0^{2\pi} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2t \right) d(2t) - 3 \int_0^{2\pi} \sin t d(\sin t) = -3\pi. \otimes$$

Пример 4.6.9. Найти циркуляцию векторного поля

$$\vec{F} = -\omega x_2 \vec{e}_1 + \omega x_1 \vec{e}_2$$

по простому замкнутому контуру, представляющему собой окружность с центром в начале системы координат и радиусом R, в положительном направлении.

Р е ш е н и е. Параметризация окружности

$$x_1 = R\cos t,\ x_2 = R\sin t,$$

где $t \in [0, 2\pi]$. Поэтому по определению циркуляции получаем:

$$C = \oint_{\Gamma} \left(\vec{F}, d\vec{x} \right) = \oint_{\Gamma} -\omega x_2 dx_1 + \omega x_1 dx_2 =$$

$$= \omega \int_0^{2\pi} (R^2 \sin^2 t + R^2 \cos^2 t)\, dt = 2\pi R^2 \omega. \otimes$$

Пример 4.6.10. Найти циркуляцию векторного поля

$$\vec{F} = (x_1 + 3x_2 + 2x_3)\vec{e}_1 + (2x_1 + x_3)\vec{e}_2 + (x_1 - x_2)\vec{e}_3$$

по контуру треугольника ABC, если $A(2; 0; 0)$, $B(0; 3; 0)$, $C(0; 0; 1)$.

Р е ш е н и е. Для решения применим формулу Стокса, согласно которой

$$C = \oint_{\Gamma}\left(\vec{F}, d\vec{x}\right) = \iint_{S}\left(\vec{n}, rot\,\vec{F}\right)ds.$$

Уравнение плоскости, в которой лежит треугольник, имеет вид

$$\frac{x_1}{2} + \frac{x_2}{3} + \frac{x_3}{1} = 1,$$

или

$$3x_1 + 2x_2 + 6x_3 = 6.$$

Находим ротор векторного поля:

$$rot\,\vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} \\ x_1 + 3x_2 + 2x_3 & 2x_1 + x_3 & x_1 - x_2 \end{vmatrix} =$$

$$= \left[\frac{\partial}{\partial x_2}(x_1 - x_2) - \frac{\partial}{\partial x_3}(2x_1 + x_3)\right]\vec{e}_1 -$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial x_1}(x_1 - x_2) - \frac{\partial}{\partial x_3}(x_1 + 3x_2 + 2x_3)\right]\vec{e}_2 +$$

$$-\left[\frac{\partial}{\partial x_1}(2x_1 + x_3) - \frac{\partial}{\partial x_2}(x_1 + 3x_2 + 2x_3)\right]\vec{e}_3 = -2\vec{e}_1 + \vec{e}_2 - \vec{e}_3.$$

Теперь циркуляция

$$C = \oint_{\Gamma}\left(\vec{F}, d\vec{x}\right) = \iint_{S}\left(\vec{n}, rot\,\vec{F}\right)ds =$$

$$= -2\iint_{G^{23}} dx_2 dx_3 + \iint_{G^{13}} dx_3 dx_1 - \iint_{G^{12}} dx_1 dx_2 =$$

$$= -2\int_0^3 dx_2 \int_0^{1-x_2/3} dx_3 + \int_0^1 dx_3 \int_0^{2-x_3} dx_1 - \int_0^2 dx_1 \int_0^{3-3x_1/2} dx_2 =$$

$$= -2\left[x_2 - \frac{1}{6}x_2^2 \right]_0^3 + \left[x_3 - x_3^2 \right]_0^1 - \left[3x_1 - \frac{3}{4}x_1^2 \right]_0^2 = -5. \otimes$$

Пример 4.6.11. Найти циркуляцию векторного поля

$$\vec{F} = x_2 \vec{e}_1 - x_1 \vec{e}_2 + a \vec{e}_3 \quad (a = const)$$

вдоль окружности с уравнением

$$x_1^2 + x_2^2 = 1,\ x_3 = 0$$

в положительном направлении двумя способами.

Р е ш е н и е. 1) Вычислим циркуляцию непосредственно, учитывая, что параметризация окружности имеет вид $(R = 1)$:

$$x_1 = \cos t,\ x_2 = \sin t.$$

Теперь имеем:

$$C = \oint_\Gamma \left(\vec{F}, d\vec{x} \right) = \oint_\Gamma F_1 dx_1 + F_2 dx_2 + F_3 dx_3 =$$

$$= \int_0^{2\pi} \left[\sin t \cdot (-\sin t) - \cos t \cos t \right] dt = -\int_0^{2\pi} \left(\sin^2 t + \cos^2 t \right) dt = -2\pi.$$

2) Вычислим циркуляцию по формуле Стокса. Сначала найдём ротор векторного поля:

$$rot\, \vec{F} = \begin{vmatrix} \vec{e}_1 & \vec{e}_2 & \vec{e}_3 \\ \dfrac{\partial}{\partial x_1} & \dfrac{\partial}{\partial x_2} & \dfrac{\partial}{\partial x_3} \\ x_2 & -x_1 & a \end{vmatrix} = -2\vec{e}_3.$$

Нормаль плоскости треугольника $\vec{n} = \vec{e}_3$. Следовательно, имеем

$$C = \oint_\Gamma \left(\vec{F}, d\vec{x} \right) = \iint_S \left(\vec{n}, rot\, \vec{F} \right) ds = -2 \iint_S \left(\vec{n}, \vec{e}_3 \right) ds = -2 \iint_S dx_1 dx_2 =$$

$$= -2 \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^2 r dr = -2 \cdot 2\pi \cdot \frac{1}{2} = -2\pi. \otimes$$

Пример 4.6.12. Найти поток радиус-вектора

$$\vec{r} = x\vec{e}_1 + y\vec{e}_2 + z\vec{e}_3$$

через произвольную гладкую замкнутую поверхность F, ограничивающую область Ω, имеющую объём V.

Р е ш е н и е. Находим дивергенцию поля радиус-вектора:

$$\operatorname{div}\vec{r} = 1+1+1 = 3.$$

Воспользуемся формулой Остроградского-Гаусса (10.10.13):

$$\oiint_F \left(\vec{r}, d\vec{s}\right) = \iiint_V \left(\vec{\nabla}, \vec{r}\right) dV = 3\iiint_V dV = 3V.$$

Из полученной формулы следует формула для вычисления объёма области Ω при помощи поверхностных интегралов

$$V = \frac{1}{3}\oiint_F \left(\vec{r}, \vec{n}\right) ds,$$

которая в декартовых координатах принимает вид

$$V = \frac{1}{3}\oiint_F \left(xn_1 + yn_2 + zn_3\right) ds = \frac{1}{3}\oiint_F \left(x\cos\alpha + y\cos\beta + z\cos\gamma\right) ds,$$

где $\cos\alpha$, $\cos\beta$, $\cos\gamma$ – координаты орта нормали $\vec{n}$. $\otimes$

Пример 4.6.13. Найти поток векторного поля радиус-вектора

$$\vec{r} = x\vec{e}_1 + y\vec{e}_2 + z\vec{e}_3$$

Через поверхность с уравнением

$$z = 1 - \sqrt{x^2 + y^2},\ z = 0\ \left(0 \le z \le 1\right).$$

Р е ш е н и е. Воспользуемся теоремой Остроградского-Гаусса:

$$\Phi = \oiint_S \left(\vec{F}, \vec{n}\right) ds = \iiint_V div\,\vec{F}\, dv.$$

Так как

$$\operatorname{div}\vec{r} = 1+1+1 = 3,$$

а поверхность – это конус с вершиной в точке $(0; 0; 1)$, ограниченный плоскостями с уравнениями $z = 0$ и $z = 1$, то переходя к цилиндрическим координатам, получаем:

$$\Phi = \oiint_S \left(\vec{r}, \vec{n}\right) ds = \iiint_V div\,\vec{r}\, dv = 3\iiint_V dv = 3\iiint_\Omega r\,d\varphi\,dr\,dz =$$

$$= 3\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^1 r dr \int_0^{1-r} dz = 3\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^1 r(1-r)\,dr = 3\cdot 2\pi\cdot\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{3}\right) = \pi. \otimes$$

Пример 4.6.14. Найти поток поля

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\frac{\vec{r}}{r}$$

точечного источника электрического поля через сферу с уравнением

$$x^2 + y^2 + z^2 = R^2.$$

Р е ш е н и е. Поток векторного поля через поверхность вычисляется по формуле

$$\Phi = \iint_S \left(\vec{F}, d\vec{s}\right) = \iint_S \left(\vec{F}, \vec{n}\right) ds = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\iint_S \frac{1}{r^2}\left(\frac{\vec{r}}{r}, \vec{n}\right) ds.$$

Так как $r = R = const$ и скалярное произведение ортов

$$\left(\frac{\vec{r}}{r}, \vec{n}\right) = 1,$$

получаем:

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\iint_S \frac{1}{r^2}\left(\frac{\vec{r}}{r}, \vec{n}\right) ds = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R^2}\iint_S ds = \frac{q4\pi R^2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R^2} = \frac{4\pi q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}. \otimes$$

Практическое занятие 7

Дифференциальные уравнения,

интегрируемые в квадратурах

Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными

Пример 4.7.1. Найти интегральные кривые дифференциального уравнения

$$6xdx - 6ydy = 2x^2 ydy - 3xy^2 dx.$$

Р е ш е н и е. 1) Перепишем данное уравнение в виде

$$2y\ \ x^2+3\ \ dy=3x\ \ 2+y^2\ \ dx.$$

2) Замечаем, что $x^2+3>0,\ 2+y^2>0.$ Поэтому можно разделить переменные, деля обе части уравнения на $\left(x^2+3\right)\left(2+y^2\right)$:

$$\frac{2y}{2+y^2}dy=\frac{3x}{x^2+3}dx.$$

3) Используем формулу для нахождения решения:

$$\int\frac{2y}{2+y^2}dy+C_1=\int\frac{3x}{x^2+3}dx+C_2;$$

$$\ln\ \ 2+y^2\ \ =\frac{3}{2}\ln\ \ x^2+3\ \ +C;$$

$$C=C_2-C_1.$$

4) Преобразуем полученный интеграл:

$$2\ln\ \ 2+y^2\ \ -3\ln\ \ x^2+3\ \ =C;$$

$$\ln\frac{2+y^2\ \ ^2}{x^2+3\ \ ^3}=C.$$

Ответ: Интегральные кривые определяются уравнением

$$\ln\frac{2+y^2\ \ ^2}{x^2+3\ \ ^3}=C$$

при всевозможных значениях параметра C. $\otimes$

Пример 4.7.2. Найти частное решение уравнения

$$\left(+y^2\right)dx=xydy,$$

если $y=1$ при $x=2$.

Р е ш е н и е. 1) Разделяем переменные:

$$\frac{y}{1+y^2}dy=\frac{dx}{x}.$$

2) Интегрируем полученное уравнение:

$$\int \frac{y}{1+y^2}\,dy = \int \frac{dx}{x} + \ln C;$$

$$\frac{1}{2}\ln\left|1+y^2\right| = \ln|x| + \ln C;$$

$$1+y^2 = Cx^2.$$

Так как C – произвольная постоянная, то имеем

$$y^2 = Cx^2 - 1$$

3) Используем начальные условия:

$$4 = 2C;\ C = 2;\ x^2 = 2\left(+y^2\right).$$

4) Частный интеграл:

$$y = \sqrt{\frac{x^2}{2} - 1}.$$

Ответ: $y = \sqrt{\frac{x^2}{2} - 1}.\ \otimes$

Дифференциальные уравнения с однородной правой частью

Пример 4.7.3. Найти интегральные кривые дифференциального уравнения

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x^2 + 2xy - 5y^2}{2x^2 - 6xy}.$$

Р е ш е н и е. Это уравнение с однородной правой частью.

1) Разделим числитель и знаменатель на x^2:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1 + 2\frac{y}{x} - 5\left(\frac{y}{x}\right)^2}{2 - 6\frac{y}{x}}.$$

2) Совершаем подстановку

$$u(x) = \frac{y}{x},$$

где $u(x)$ – новая искомая функция. Так как

$$y' = u + xu',$$

получаем новый вид уравнения:

$$u + x\frac{du}{dx} = \frac{1 + 2u - 5u^2}{2 - 6u}.$$

После простых преобразований получаем

$$\frac{du}{dx}x = \frac{1 + u^2}{2 - 6u}.$$

3) Разделяем переменные, предполагая, что $1 + u^2 \neq 0,\ x \neq 0$:

$$\frac{2 - 6u}{1 + u^2}du = \frac{dx}{x}.$$

4) Интегрируем:

$$2arctgu - 3\ln(1 + u^2) = \ln|x| + C.$$

Заменяя $u(x) = \frac{y}{x}$, получаем:

$$2arctg\frac{y}{x} - 3\ln\left(1 + \frac{y}{x^2}\right)^2 - \ln|x| = C.$$

Ответ: Интегральные кривые определяются уравнением

$$2arctg\frac{y}{x} - 3\ln\left(1 + \frac{y}{x^2}\right)^2 - \ln|x| = C. \otimes$$

Линейные дифференциальные уравнения первого порядка

Пример 4.7.4. Найти общее решение уравнения

$$\frac{dy}{dx} + 3y = e^{2x}.$$

Р е ш е н и е. Здесь $p(x) = 3,\ f(x) = e^{2x}$.

1) Сначала решаем однородное уравнение

$$\frac{dy}{dx} = -3y,$$

соответствующее данному неоднородному уравнению:

$$\frac{dy}{dx} = -3y;$$

$$\frac{dy}{y} = -3dx;$$

$$\ln|y| = -3x + \ln C_1;$$

$$|y| = C_1 e^{-3x};$$

$$y = C_2 e^{-3x}.$$

2) Ищем решение исходного уравнения в виде $z = C_2(x)e^{-3x}$. Подстановка в исходное уравнение даёт:

$$\frac{dC_2(x)}{dx} = e^{5x};$$

$$C_2(x) = \int e^{5x} dx + C;$$

$$C_2(x) = \frac{1}{5}e^{5x} + C.$$

3) Подставляем в решение:

$$z = \frac{1}{5}e^{2x} + Ce^{-3x}.$$

Ответ: общее решение имеет вид

$$z = \frac{1}{5}e^{2x} + Ce^{-3x}. \otimes$$

Пример 4.7.5. Найти решение задачи Коши для уравнения

$$\frac{dy}{dx} - \frac{1}{x}y = -\frac{2}{x^2}$$

с начальным условием $y(1) = 1$.

Р е ш е н и е. Воспользуемся формулой

$$y = e^{-\int p(x)dx}\left(\int q(x)e^{\int p(x)dx} + C\right),$$

следующей из метода вариации произвольной постоянной.

1) Находим общее решение:

$$z = e^{-\int p(x)dx}\left(\int q(x)e^{\int p(x)dx} + C\right) = e^{\int\frac{dx}{x}}\left(-2\int\frac{1}{x^2}e^{-\int\frac{1}{x}dx}\right) = \frac{1}{x} + Cx.$$

2) Используем начальное условие

$$\frac{1}{1^2} + C = 1,$$

откуда $C = 0$. Решение задачи Коши принимает вид:

$$z = \frac{1}{x}.$$

Ответ: $y = \frac{1}{x}.\otimes$

Неполные обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка

Пример 4.7.6. Найти частное решение ОДУ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = xe^x,$$

удовлетворяющее начальным условиям $y\big|_{x=0} = 1,\ \frac{dy}{dx}\big|_{x=0} = 0.$

Р е ш е н и е. Интегрируем уравнение последовательно:

1) $$\frac{dy}{dx} = \int xe^x dx + C_1 = \begin{Bmatrix} u = x, & du = dx, \\ dv = e^x dx, & v = e^x. \end{Bmatrix} = xe^x - \int e^x dx + C_1 =$$

$$= (x-1)e^x + C_1;$$

2) $$y = \int (x-1)e^x dx + C_1 x + C_2 = \begin{Bmatrix} u = x-1, & du = dx, \\ dv = e^x dx, & v = e^x. \end{Bmatrix} =$$

$$= (x-2)e^x + C_1 x + C_2.$$

Так как в силу первого начального условия $\left.\frac{dy}{dx}\right|_{x=0} = 0$, получаем:

$$(-1)e^0 + C_1 = 0,\ C_1 = 1.$$

Так как в силу второго начального условия $y|_{x=0} = 1$, получаем:

$$(-2)e^0 + C_1 \cdot 0 + C_2 = 1,\ C_2 = 3.$$

Теперь частное решение, удовлетворяющее заданным условиям, принимает вид

$$y = (x-2)e^x + x + 3. \otimes$$

Пример 4.7.7. Найти общее решение ОДУ

$$\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 - 3\frac{d^2y}{dx^2} + 2 = 0.$$

Р е ш е н и е. Решаем уравнение относительно $z = \frac{d^2y}{dx^2}$:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = 1,\ \frac{d^2y}{dx^2} = 2.$$

Интегрируем получившиеся ОДУ последовательно:

1) $\frac{d^2y}{dx^2} = 1,\ \frac{dy}{dx} = x + C_1,\ y = \frac{1}{2}x^2 + C_1 x + C_2;$

2) $\frac{d^2y}{dx^2} = 2,\ \frac{dy}{dx} = 2x + C_3,\ y = x^2 + C_3 x + C_4.$

Совокупность этих решений образует общий интеграл ОДУ.

Так как квадратный трёхчлен имеет разложение

$$z^2 - 3z + 2 = (z - z_1)(z - z_2),$$

то общий интеграл ОДУ имеет вид:

$$\left(y - \frac{1}{2}x^2 - C_1 x - C_2\right) \cdot (y - x^2 - C_3 x - C_4) = 0. \otimes$$

Пример 4.7.8. Найти общее решение ОДУ

$$\frac{d^3y}{dx^3} = -\frac{1}{2}\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^3.$$

Р е ш е н и е. Положим $\frac{d^2y}{dx^2} = z$, тогда из уравнения получаем

$$\frac{dz}{dx} = -\frac{1}{2}z^3.$$

Интегрируя получившееся уравнение, получаем

$$\frac{dz}{dx} = -\frac{1}{2}z^3,\ \frac{dz}{z^3} = -\frac{1}{2}dx,\ \frac{1}{z^2} = x + C_1,\ z^2 = \frac{1}{x + C_1}.$$

Заменяя $z = \frac{d^2y}{dx^2}$, получаем уравнение

$$\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right)^2 = \frac{1}{x + C_1}.$$

Уравнение содержит только x и y. Разрешая его относительно $\frac{d^2y}{dx^2}$, получаем

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{\pm 1}{\sqrt{x + C_1}}.$$

Это уравнение интегрируем последовательно:

$$\frac{dy}{dx} = \pm\int\frac{dx}{\sqrt{x + C_1}} + C_2 = \left\{dx = d\left(x + C_1\right)\right\} =$$

$$= \pm\int \left(x + C_1\right)^{-1/2} d\left(x + C_1\right) + C_2 = \pm\left(x + C_1\right)^{1/2} + C_2$$

$$y_1 = \int \left(x + C_1\right)^{1/2} dx + C_2x + C^3 = \left(x + C_1\right)^{3/2} + C_2x + C^3,$$

$$y_2 = -\int \left(x + C_1\right)^{1/2} dx + C_2x + C^3 = -\left(x + C_1\right)^{3/2} + C_2x + C^3. \otimes$$

Линейные однородные дифференциальные уравнения

второго порядка

Пример 4.7.9. Найти общее решение линейного однородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2y}{dx^2}+\frac{dy}{dx}-2y=0.$$

Р е ш е н и е. Характеристическое уравнение

$$k^2+k-2=0.$$

Корни характеристического уравнения

$$k_1=-2,\ k_2=1.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{-2x},\ e^{x}\ .$$

Общее решение имеет вид:

$$y(x)=C_1e^{-2x}+C_2e^{x}.\otimes$$

Пример 4.7.10. Найти общее решение линейного однородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2y}{dx^2}-2\frac{dy}{dx}+y=0.$$

Р е ш е н и е. Характеристическое уравнение

$$k^2-2k+1=0.$$

Корни характеристического уравнения

$$k_1=k_2=1.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{x},\ xe^{x}\ .$$

Общее решение имеет вид:

$$y(x)=(C_1+C_2x)e^{x}.\otimes$$

Пример 4.7.11. Найти общее решение линейного однородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2y}{dx^2}-4\frac{dy}{dx}+13y=0.$$

Р е ш е н и е. Характеристическое уравнение

$$k^2-4k+13=0.$$

Корни характеристического уравнения

$$k_1=2+3i,\ k_2=2-3i.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{2x}\cos 3x,\ e^{2x}\sin 3x\ .$$

Общее решение имеет вид:

$$y=e^{2x}\left(C_1\cos 3x+C_2\sin x\right).\otimes$$

Пример 4.7.12. Найти общее решение линейного однородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^3y}{dx^3}-2\frac{d^2y}{dx^2}-\frac{dy}{dx}+2y=0.$$

Р е ш е н и е. Характеристическое уравнение

$$k^3-2k^2-k+2=0.$$

Преобразуем характеристическое уравнение:

$$\left(k^2-1\right)\left(k-2\right)=0.$$

Корни характеристического уравнения

$$k_1=-1,\ k_2=1,\ k_3=2.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{-x},\ e^{x},\ e^{2x}\ .$$

Общее решение имеет вид:

$$y=C_1e^{-x}+C_2e^{x}+C_3e^{2x}.\otimes$$

Пример 4.7.13. Найти общее решение линейного однородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^3y}{dx^3}-4\frac{d^2y}{dx^2}+6\frac{dy}{dx}-4y=0.$$

Р е ш е н и е. Характеристическое уравнение

$$k^3-4k^2+6k-4=0.$$

Корень ищем среди множителей свободного члена, это 2 и 4. Проверяем 2, для чего делим уголком:

$$k^3-4k^2+6k-4=(k-2)(k^2-2k+2).$$

Уравнение принимает вид:

$$(k-2)(k^2-2k+2)=0.$$

Находим оставшиеся корни характеристического уравнения

$$k_1=2,\ k_2=1+i,\ k_3=1-i.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{2x},\ e^x\cos x,\ e^x\sin x\ .$$

Общее решение записывается в виде:

$$y(x)=C_1e^{2x}+e^x(C_2\cos x+C_3\sin x).\otimes$$

Линейные неоднородные дифференциальные уравнения

второго порядка. Метод Лагранжа

Пример 4.7.14. Найти общее решение линейного неоднородного дифференциального уравнения

$$\frac{d^2y}{dx^2}-y=x^2-x+1.$$

Р е ш е н и е. 1) Однородное уравнение

$$\frac{d^2y}{dx^2}-y=0.$$

Характеристическое уравнение

$$k^2-1=0.$$

Корни характеристического уравнения

$$k_1 = -1,\ k_2 = 1.$$

Фундаментальная система решений

$$e^{-x},\ e^{x}\ .$$

Общее решение имеет вид:

$$y(x) = C_1 e^{-x} + C_2 e^{x}.$$

2) Решение неоднородного уравнения ищем в виде

$$z(x) = C_1(x)e^{-x} + C_2(x)e^{x}.$$

Система линейных алгебраических уравнений для производных новых функций в общем виде

$$\begin{cases} y_1 \dfrac{dC_1}{dx} + y_2 \dfrac{dC_2}{dx} = 0, \\ \dfrac{dy_1}{dx}\dfrac{dC_1}{dx} + \dfrac{dy_2}{dx}\dfrac{dC_2}{dx} = f(x). \end{cases}$$

В нашем случае

$$\begin{cases} e^{-x} \dfrac{dC_1}{dx} + e^{x} \dfrac{dC_2}{dx} = 0, \\ -e^{-x} \dfrac{dC_1}{dx} + e^{x} \dfrac{dC_2}{dx} = x^2 - x + 1. \end{cases}$$

Решаем систему, например, по формулам Крамера, в результате получаем:

$$\frac{dC_1}{dx} = -\frac{1}{2}e^{x}(x^2 - x + 1);\ \frac{dC_2}{dx} = \frac{1}{2}e^{-x}(x^2 - x + 1).$$

3) Решение первого из уравнений:

$$C_1 = -\frac{1}{2}\int e^{x}(x^2 - x + 1)dx + A_1 = \ldots = \left(-\frac{1}{2}x^2 + \frac{3}{2}x - 2\right)e^{x} + A_1.$$

Решение второго уравнения:

$$C_2 = -\frac{1}{2}\int e^{-x}(x^2 - x + 1)dx + A_2 = \ldots = \left(-\frac{1}{2}x^2 - \frac{3}{2}x + 12\right)e^{-x} + A_2.$$

Общее решение неоднородного уравнения

$$z(x) = A_1 e^{-x} + A_2 e^{x} - x^2 + x - 1. \otimes$$

Примеры из механики

Пример 4.7.15. С аэростата, падающего с высоты H со скоростью v_0, сбросили балласт, после чего его падение замедлилось и через некоторое время сменилось подъёмом, так что через время t_0 аэростат поднялся на высоту, с которой сбросили балласт. Считая, что масса аэростата без балласта равна m, а сила сопротивления воздуха R и подъёмная сила аэростата T постоянны, определить, сколько времени после сброса балласта аэростат опускался.

Р е ш е н и е. Начало системы координат поместим в нижнюю точку траектории аэростата, ось OZ направим вертикально вверх (рисунок 1). По условию задачи силы, действующие на аэростат в течение всего времени движения остаются постоянными.

Уравнение второго закона динамики для опускающегося аэростата имеет вид:

$$m\ddot{z} = T + R - G, \qquad (1)$$

где $G = mg$ – сила тяжести. В начальный момент времени аэростат находился на высоте H, поэтому начальные условия запишутся в виде

$$z(0) = H,\ \dot{z}(0) = -v_0. \qquad (2)$$

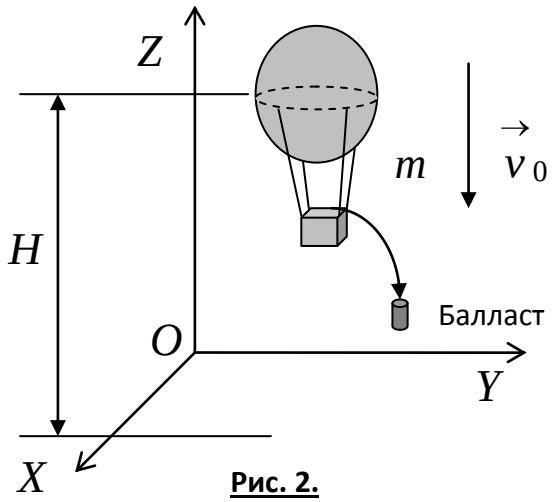


Рис. 2.

Уравнение (1) – это простейшее обыкновенное дифференциальное уравнение, не содержащее в правой части искомой функции и независимой переменной. Интегрируя два раза, получаем:

$$m\dot{z} = (T + R - G)t + C_1, \qquad (3)$$

$$mz = \frac{T+R-G}{2}t^2 + C_1 t + C_2 . \qquad (4)$$

Используя начальные условия (2), получаем для постоянных: $C_1 = -mv_0$, $C_2 = mH$. Теперь уравнения движения принимают вид:

$$\dot{z} = \frac{T+R-G}{m}t - v_0, \qquad (5)$$

$$z = \frac{T+R-G}{2m}t^2 - v_0 t + H . \qquad (6)$$

Для поднимающегося аэростата уравнение второго закона динамики и начальные условия имеют вид:

$$m\ddot{z} = T - R - G, \qquad (7)$$

$$z(0) = 0,\ \dot{z}(0) = 0. \qquad (8)$$

Интегрируя (7), получаем:

$$m\dot{z} = (T - R - G)t + C_1, \qquad (9)$$

$$mz = \frac{T-R-G}{2}t^2 + C_1 t + C_2 . \qquad (10)$$

Из начальных условий (8) для постоянных получаем $C_1 = 0$, $C_2 = 0$, откуда получаем уравнение движения:

$$z = \frac{T-R-G}{2m}t^2 . \qquad (11)$$

Обозначим время падения аэростата t_1, а время подъёма t_2. Из условия задачи $t_0 = t_1 + t_2$. Подставляя $t = t_1$, $\dot{z}(t_1) = 0$, $z(t_1) = 0$ в (5) и (6) и $t = t_2$, $z(t_2) = H$ в (11), получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{T+R-G}{m}t_1 - v_0 = 0, \\ \dfrac{T+R-G}{2m}t_1^2 - v_0 t_1 + H = 0, \\ \dfrac{T-R-G}{2m}t_2^2 = H. \end{cases} \qquad (12)$$

Исключая из уравнений системы (12) неизвестные H и v_0 с учётом того, что $t_2 = t_0 - t_1$, получаем:

$$t_1 = \frac{t_0}{1 + \frac{\sqrt{T+R-mg}}{T-R-mg}}. \otimes$$

Пример 4.7.16. Грузовик массой m имеет максимальную скорость $v_{\max}$ и разгоняется с места до скорости v_* за время t_*. Сила сопротивления пропорциональна скорости. Чему равняется средняя сила тяги двигателя грузовика?

Р е ш е н и е. Силы, действующие на грузовик, изображены на рисунке 2. При решении задачи предполагаем, что средняя сила тяги двигателя $\vec{F}$ постоянна.

После проектирования на оси системы координат дифференциальное уравнение движения имеет вид:

$$m\ddot{x} = F - R.$$

Здесь сила трения $\vec{R} = k\vec{v}$, где коэффициент динамического трения $k > 0$ неизвестен; $\vec{N}$ – сила реакции опоры (дороги); $\vec{G}$ – сила тяжести.

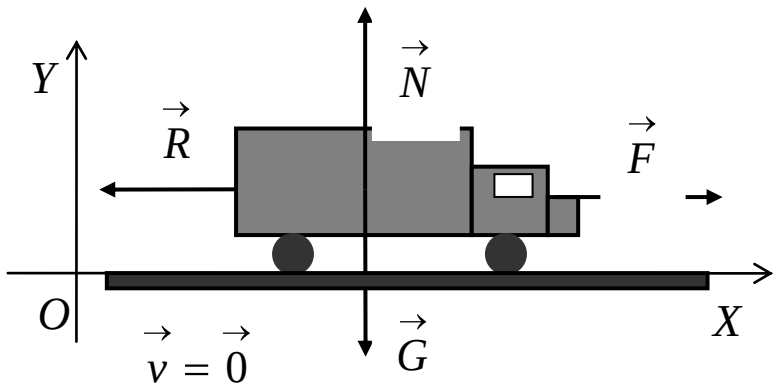


Рис. 2.

Обозначая $\dot{x} = v$, получаем:

$$m\dot{v} = F - kv \Rightarrow m\frac{dv}{dt} = F - kv \Rightarrow \frac{mdv}{F-kv} = dt \Rightarrow$$

$$-\frac{m}{k}\int\frac{d(F-kv)}{F-kv}=t+C \Rightarrow -\frac{m}{k}\ln(F-kv)=t+C.$$

Начальные условия $x(0)=0$ и $\dot{x}(0)=v(0)=0$. Из условия на скорость получаем, что $C=-\frac{m}{k}\ln F$. Подстановка даёт

$$t=-\frac{m}{k}\ln(F-kv)+\frac{m}{k}\ln F=-\frac{m}{k}\ln\frac{F-kv}{F} \Rightarrow t=-\frac{m}{k}\ln\left(1-\frac{kv}{F}\right). \quad (1)$$

Так как задана максимальная скорость $v_{\max}$, то из необходимого условия экстремума получаем:

$$\frac{dv}{dt}=0 \Rightarrow m\ddot{x}=F-kv_{\max}=0 \Rightarrow k=\frac{F}{v_{\max}}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), при $t=t_*$ и $v=v_*$, получаем:

$$t_*=-\frac{m}{F/v_{\max}}\ln\left(1-\frac{(F/v_{\max})v_*}{F}\right) \Rightarrow t_*=-\frac{mv_{\max}}{F}\ln\left(1-\frac{v_*}{v_{\max}}\right) \Rightarrow$$

$$F=-\frac{mv_{\max}}{t_*}\ln\frac{v_{\max}-v_*}{v_{\max}} \Rightarrow F=\frac{mv_{\max}}{t_*}\ln\frac{v_{\max}}{v_{\max}-v_*}. \otimes$$

Практическое занятие 8

Линейные системы ОДУ, методы Эйлера и Лагранжа

Пример 4.8.1. Дана система ОДУ

$$\begin{cases}\dfrac{dy^1}{dt}+y^1+2y^2=0,\\ \dfrac{dy^2}{dt}-3y^1-4y^2=0.\end{cases}$$

Найти общее решение этой системы.

Р е ш е н и е. Систему можно записать в матричном виде:

$$\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}\frac{d}{dt}\begin{pmatrix}y^1\\ y^2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}1 & 2\\ -3 & -4\end{pmatrix}\begin{pmatrix}y^1\\ y^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}0\\ 0\end{pmatrix}.$$

Частное решение ищем в виде

$$y^1(t)=x^1e^{-\mu t},\ y^2(t)=x^2e^{-\mu t}.$$

Подставляя в систему уравнений частное решение и сокращая на неравный нулю множитель $e^{-\mu t}$, получаем

$$\begin{cases}(-\mu)x^1+2x^2=0,\\ -3x^1-(\mu+4)x^2=0.\end{cases}$$

Это однородная СЛАУ, характеристическое уравнение для неё имеет вид

$$\begin{vmatrix}1-\mu & 2\\ -3 & -\mu-4\end{vmatrix}=0,$$

или

$$\mu^2+3\mu+2=0.$$

Характеристические числа (собственные значения)

$$\mu_1=-2,\ \mu_2=-1.$$

1) Для $\mu_1=-2$ имеем СЛАУ

$$\begin{cases}3x^1+2x^2=0,\\ -3x^1-2x^2=0,\end{cases}$$

которая сводится к уравнению

$$3x^1+2x^2=0.$$

Решение этого уравнения, полагая $x^2=a\in R^1$, запишем в виде

$$\begin{pmatrix}x^1\\ x^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac{2}{3}a\\ a\end{pmatrix}=a\begin{pmatrix}-\frac{2}{3}\\ 1\end{pmatrix},$$

Таким образом, имеем первый собственный вектор

$$\begin{pmatrix}x^1\\ x^2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}-\frac{2}{3}\\ 1\end{pmatrix}.$$

Частное решение, соответствующее первому собственному значению, имеет вид

$$\begin{pmatrix} y_1^1 \\ y_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3}e^{2t} \\ e^{2t} \end{pmatrix}.$$

2) Для $\mu_1 = -2$ имеем СЛАУ

$$\begin{cases} 2x^1 + 2x^2 = 0, \\ -3x^1 - 3x^2 = 0, \end{cases}$$

которая сводится к одному уравнению

$$x^1 + x^2 = 0.$$

Полагая $x^2 = b \in R^1$, получим

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -b \\ b \end{pmatrix} = b\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Второй собственный вектор имеет вид

$$\begin{pmatrix} x^1 \\ x^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Частное решение, соответствующее второму собственному вектору, имеет вид

$$\begin{pmatrix} y_2^1 \\ y_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -e^t \\ e^t \end{pmatrix}.$$

3) Составляем фундаментальную матрицу:

$$Y(t) = \begin{pmatrix} y_1^1 & y_2^1 \\ y_1^2 & y_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3}e^{2t} & -e^t \\ e^{2t} & e^t \end{pmatrix}.$$

Теперь общее решение находится по формуле

$$|y(t)\rangle = Y(t)|C\rangle.$$

Подставляя в эту формулу выражение для фундаментальной матрицы, получаем:

$$\begin{pmatrix} y^1 \\ y^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3}e^{2t} & -e^t \\ e^{2t} & e^t \end{pmatrix}\begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{2}{3}C_1e^{2t} - C_2e^t \\ C_1e^{2t} + C_2e^t \end{pmatrix}. \otimes$$

Пример 4.8.2. Найти общее решение системы ОДУ

$$\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - y_2 - y_3 = 0, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - y_1 - y_3 = 0, \\ \dfrac{dy_3}{dt} - y_1 - y_2 = 0. \end{cases} \qquad (1)$$

Р е ш е н и е. Решение ищем в виде

$$y_1 = x_1 e^{-\mu t},\ y_2 = x_2 e^{-\mu t},\ y_3 = x_3 e^{-\mu t}.$$

Подставляя в систему уравнений (1), получаем СЛАУ для определения собственных векторов

$$\begin{cases} -\mu x_1 - x_2 - x_3 = 0, \\ -x_1 - \mu x_2 - x_3 = 0, \\ -x_1 - x_2 - \mu x_3 = 0. \end{cases} \qquad (2)$$

Эта система уравнений нетривиально совместна, если выполнено условие

$$\begin{vmatrix} -\mu & -1 & -1 \\ -1 & -\mu & -1 \\ -1 & -1 & -\mu \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow \mu_1 = -2,\ \mu_2 = \mu_3 = 1.$$

Корню $\mu_1 = -2$ соответствует система уравнений

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 - x_3 = 0, \\ -x_1 + 2x_2 - x_3 = 0, \\ -x_1 - x_2 + 2x_3 = 0. \end{cases}$$

Если решать данную систему методом Гаусса, то получим

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Получаем одно решение исходной системы уравнений

$$|y_1\rangle = a|a_1\rangle = e^{2t} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{2t} \\ e^{2t} \\ e^{2t} \end{pmatrix}.$$

Так как ранг матрицы СЛАУ (2) при $\mu_2 = \mu_3 = 1$ равен 1, то система уравнений сводится к одному уравнению

$$x_1 + x_2 + x_3 = 0.$$

Полагая $x_2 = a$, $x_3 = b$, получаем решение в виде

$$|x\rangle = a|a_2\rangle + b|a_3\rangle \Rightarrow \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix} = b\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} + c\begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Каждому из базисных решений

$$|a_2\rangle = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} =, |a_3\rangle = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

соответствует одно частное решение

$$|y_2\rangle = e^{-t}\begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -e^{-t} \\ e^{-t} \\ 0 \end{pmatrix}, |y_3\rangle = e^{-t}\begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -e^{-t} \\ 0 \\ e^{-t} \end{pmatrix}.$$

Определитель, составленный из этих решений

$$\begin{vmatrix} e^{2t} & -e^{-t} & -e^{-t} \\ e^{2t} & e^{-t} & 0 \\ e^{2t} & 0 & e^{-t} \end{vmatrix} = 1 \neq 0,$$

следовательно, найденные решения образуют линейно независимую систему, то есть фундаментальную систему решений исходной системы ОДУ. Составим фундаментальную матрицу

$$Y(t) = \begin{pmatrix} e^{2t} & -e^{-t} & -e^{-t} \\ e^{2t} & e^{-t} & 0 \\ e^{2t} & 0 & e^{-t} \end{pmatrix}.$$

Теперь общее решение запишем в виде

$$|y\rangle = \begin{pmatrix} e^{2t} & -e^{-t} & -e^{-t} \\ e^{2t} & e^{-t} & 0 \\ e^{2t} & 0 & e^{-t} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 e^{2t} - C_2 e^{-t} - C_3 e^{-t} \\ C_1 e^{2t} + C_2 e^{-t} \\ C_1 e^{2t} + C_3 e^{-t} \end{pmatrix}. \otimes$$

Пример 4.8.3. Решить систему уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - y_2 = 0, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - y_1 = \dfrac{1}{t^2} + \ln t. \end{cases} \qquad (1)$$

Р е ш е н и е. Решаем систему методом Лагранжа. Для этого сначала находим общее решение соответствующей однородной системы

$$\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - y_2 = 0, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - y_1 = 0. \end{cases} \qquad (2)$$

Подставляя $y_1 = x_1 e^{-\mu t}$ и $y_2 = x_2 e^{-\mu t}$, записываем характеристическое уравнение:

$$\begin{vmatrix} \mu & 1 \\ 1 & \mu \end{vmatrix} = 0 \Rightarrow \mu^2 - 1 = 0 : \mu_1 = -1;\ \mu_2 = 1.$$

Находим собственные векторы.

1) Для $\mu_1 = -1$ система сводится к уравнению

$$\begin{cases} -x_1 + x_2 = 0 \\ x_1 - x_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow x_1 - x_2 = 0 \Rightarrow x_2 = a \Rightarrow x_1 = a.$$

Вектор решения принимает вид:

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = a \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Первый собственный вектор

$$|x_1\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

2) Для $\mu_2 = 1$ система сводится к уравнению

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 0 \\ x_1 + x_2 = 0 \end{cases} \Rightarrow x_1 + x_2 = 0 \Rightarrow x_2 = b \Rightarrow x_1 = -b.$$

Второй собственный вектор

$$|x_2\rangle = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Теперь частные решения имеют вид:

$$\mu_1 = -1 \Rightarrow |y_1\rangle = e^t \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^t \\ e^t \end{pmatrix};$$

$$\mu_2 = 1 \Rightarrow |y_2\rangle = e^{-t} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} e^{-t} \\ e^{-t} \end{pmatrix}.$$

Общее решение системы (2) записывается так:

$$|y(t)\rangle = C_1|y_1\rangle + C_2|y_2\rangle = C_1 e^{-\mu_1 t} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} + C_2 e^{-\mu_2 t} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix}?$$

откуда имеем

$$y_1(t) = C_1 e^t + C_2 e^{-t},\ y_2(t) = C_1 e^t - C_2 e^{-t}.$$

Общее решение неоднородной системы ищем в виде:

$$\begin{cases} z_1(t) = C_1(t) e^t + C_2(t) e^{-t}, \\ z_2(t) = C_1(t) e^t - C_2(t) e^{-t}. \end{cases} \qquad (3)$$

Подставляя в систему уравнений (1), получаем после дифференцирований и приведения подобных

$$\begin{cases} \dfrac{dC_1}{dt} e^t + \dfrac{dC_2}{dt} e^{-t} = 0, \\ \dfrac{dC_1}{dt} e^t - \dfrac{dC_2}{dt} e^{-t} = \dfrac{1}{t^2} + \ln t. \end{cases}$$

Определитель системы

$$\begin{vmatrix} e^t & e^{-t} \\ e^t & -e^{-t} \end{vmatrix} = -1 - 1 = -2.$$

Решение системы по формулам Крамера имеет вид:

$$\frac{dC_1}{dt}(t) = -\frac{1}{2}\begin{vmatrix} 0 & e^{-t} \\ \frac{1}{t^2}+\ln t & -e^{-t} \end{vmatrix} = \frac{1}{2}e^{-t}\left(\frac{1}{t^2}+\ln t\right),$$

$$\frac{dC_2}{dt}(t) = -\frac{1}{2}\begin{vmatrix} 0 & e^{-t} \\ \frac{1}{t^2}+\ln t & -e^{-t} \end{vmatrix} = \frac{1}{2}e^{t}\left(\frac{1}{t^2}+\ln t\right).$$

Откуда, после интегрирования получаем

$$C_1(t) = -\frac{1}{2}e^{-t}\left(\frac{1}{t}+\ln t\right)+A_1,\ C_2(t) = \frac{1}{2}e^{t}\left(\frac{1}{t}-\ln t\right)+A_2.$$

Подставляя в формулы (3), получаем общее решение неоднородной системы уравнений (1) в виде:

$$\begin{cases} z_1(t) = A_1e^{t} + A_2e^{-t} - \ln t, \\ z_2(t) = A_1e^{t} - A_2e^{-t} - \frac{1}{t}. \end{cases} \otimes$$

Задания для самостоятельной работы

Интегрирование и теория поля

1. Вычислить криволинейный интеграл первого рода

$$I = \int_W xydl,$$

где путь W – контур треугольника с вершинами: $A(-1;0)$, $B(0;0)$, $C(0;1)$.

2. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$I = \int_W (x+y)dx - xdy,$$

где путь W – отрезок ломаной линии, соединяющий точки

$$A(0;0), B(2;0), C(4;2).$$

3. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$I = \int_W xdy - ydx,$$

где $W-$ путь, заданный неявным уравнением $y=x^3$, соединяющий точки $A(0;0)$ и $B(2;8)$.

4. Вычислить криволинейный интеграл второго рода

$$I=\int\limits_W x^2dx+y^2dy,$$

где $W-$ путь, заданный неявным уравнением $y=\sqrt{x}$, соединяющий точки $A(0;0)$ и $B(1;1)$.

5. Вычислить двойной интеграл

$$I=\iint\limits_D (x^2y-2y^3)dxdy$$

по прямоугольнику $D=\{(x,y)\in R_2: 2\le x\le 5\wedge 1\le y\le 3\}$.

6. Вычислить двойной интеграл

$$I=\iint\limits_D (x^2+y)dxdy$$

по области, ограниченной параболами $y=x^2$ и $y^2=x$.

7. Вычислить двойные интегралы, переходя к полярным координатам:

а) $\iint\limits_D e^{x^2+y^2}dxdy$, где D – круг $x^2+y^2\le 1$;

б) $\iint\limits_D (x^2+y^2)dxdy$, где D – круг $x^2+y^2\le 4$;

в) $\iint\limits_D (x^2+y^2)dxdy$, где D – круг $x^2+y^2\le 2x$;

г) $\iint\limits_D \sqrt{1+x^2+y^2}dxdy$, где D – первая четверть круга $x^2+y^2\le 1$.

8. Вычислить площадь фигуры, ограниченной линиями с уравнениями:

а) $y=\ln x$, $x-y=1$, $y=-1$;

б) $y=x^2$, $4y=x^2$, $x=2$, $x=-2$.

9. Вычислить тройные интегралы:

а) $\iiint\limits_V \frac{dxdydz}{(1+x+y+z)^3}$, где область V ограничена плоскостями с уравнениями

$x=0,\ y=0, z=0,\ x+y+z=1;$

б) $\iiint\limits_V (x+y)\,dxdydz$, где область V ограничена плоскостями с уравнениями

$x=0,\ y=0, z=0,\ x=1,\ y=1,\ z=1.$

10. Переходя к цилиндрическим координатам, вычислить тройные интегралы:

а) $\iiint\limits_V (x^2+y^2)\,dxdydz$, где область V ограничена поверхностями с уравнениями

$x^2+y^2=1,\ z=2;$

б) $\iiint\limits_V z\,dxdydz$, где область V ограничена поверхностями с уравнениями

$x^2+y^2=1,\ z=0,\ z=a\ (a>0)$.

11. Переходя к сферическим координатам, вычислить тройные интегралы:

а) $\iiint\limits_V (x^2+y^2+z^2)\,dxdydz$, где область V – это шар $x^2+y^2+z^2\le R^2$;

б) $\iiint\limits_V (x^2+y^2)\,dxdydz$, где область V – это верхняя половина шара

$x^2+y^2+z^2\le R^2.$

12. Вычислить поверхностные интегралы первого рода:

а) $\iint\limits_F (x+18y+24z)\,ds$, где поверхность F задана неявным уравнением

$x+2y+3z=1,$

и неравенствами $x\ge 0,\ y\ge 0, z\ge 0;$

б) $\iint\limits_F (x^2+y^2)\,ds$, где поверхность F задана неявным уравнением

$x^2+y^2-z^2=0,$

и неравенствами $0\le z\le 1.$

13. Вычислить поверхностные интегралы второго рода:

а) $\iint\limits_F z\,dxdy$, где поверхность F – верхняя сторона верхней половины сферы

$x^2+y^2+z^2=9;$

б) $\iint\limits_F (x^2+y^2)\,dxdy$, где поверхность F – верхняя сторона части параболоида с уравнением

$$z=1-x^2-y^2,$$

отсечённая плоскостью $z=0$.

14. Найти производную скалярного поля $u=x^2+y^2-3x+2y$ по направлению радиуса-вектора точки $M(3;4)$ в начале координат.

15. Найти градиент плоского скалярного поля $u=\sqrt{4+x^2+y^2}$ в точке $M(2;1)$.

16. Найти производную функции, определённой формулой $u=\dfrac{xyz}{3}$, в точке $M_0(1;2;3)$ по направлению вектора $\overrightarrow{M_0M}$, если $M(4;1;6)$.

17. Доказать, что

а) $\operatorname{grad} r=\dfrac{\vec{r}}{r}$; б) $\operatorname{grad}\dfrac{1}{r}=-\dfrac{\vec{r}}{r^3}$.

18. Показать, что

$$\operatorname{grad} f(u,v)=\frac{\partial f}{\partial u}\operatorname{grad}u+\frac{\partial f}{\partial v}\operatorname{grad}v.$$

19. Найти

а) $\operatorname{div}\vec{r}$; б) $\operatorname{div}\left(r^4\vec{r}\right)$; в) $\operatorname{div}\left(\left(\vec{A},\vec{r}\right)\vec{B}\right)$.

20. Найти $\operatorname{div}\vec{A}$, если:

а) $\vec{A}=(x-y)(y-z)\vec{e}_1+(y-z)(z-x)\vec{e}_2+(z-x)(x-y)\vec{e}_3$;

б) $\vec{A}=(x^2+y^2)(y-z)\vec{e}_1+(y^2+z^2)(z-x)\vec{e}_2+(z^2+x^2)(x-y)\vec{e}_3$.

21. Найти ротор векторного поля $\vec{A}(M)$:

а) $\vec{A}=\dfrac{y}{x}\vec{e}_1+\dfrac{z}{y}\vec{e}_2+\dfrac{x}{z}\vec{e}_3$;

б) $\vec{A} = yz\,\vec{e}_1 + z(x + 2y)\,\vec{e}_2 + y(x + y)\,\vec{e}_3$.

22. Доказать двумя способами (в декартовых координатах и с помощью оператора Гамильтона), что для произвольного скалярного поля $\varphi(M)$ и для произвольных векторных полей $\vec{A}(M)$ и $\vec{B}(M)$ справедливы следующие формулы:

а) $\left(\vec{A}, \nabla\right)\varphi\vec{B} = \vec{B}\left(\vec{A}, \nabla\varphi\right) + \varphi\left(\vec{A}, \nabla\right)\vec{B}$;

б) $\vec{C}\cdot\nabla\left(\vec{A}, \vec{B}\right) = \vec{A}\cdot\left(\left(\vec{C}, \nabla\right), \vec{B}\right) + \vec{B}\cdot\left(\left(\vec{C}, \nabla\right), \vec{A}\right)$;

в) $\left(\vec{C}, \nabla\right)\left[\vec{A}, \vec{B}\right] = \left[\vec{A}, \left(\vec{C}, \nabla\right)\vec{B}\right] - \left[\vec{B}, \left(\vec{C}, \nabla\right)\vec{A}\right]$.

23. Найти результат действия векторных дифференциальных операций:

а) $\operatorname{div}(\operatorname{grad}\varphi)$;

б) $\operatorname{rot}(\operatorname{grad}\psi)$;

в) $\operatorname{rot}\left[\vec{A}, \operatorname{rot}\vec{B}\right]$.

24. Найти векторные линии векторных полей:

а) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = 2y\,\vec{e}_1 + 6x\,\vec{e}_2$;

б) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = 2x\,\vec{e}_1 + 3y\,\vec{e}_2$;

в) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = 2y\,\vec{e}_2 + 6z\,\vec{e}_3$.

25. Найти циркуляцию векторного поля $\vec{A}\left(\vec{x}\right)$ вдоль заданного замкнутого контура с заданной параметризацией:

а) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = y\,\vec{e}_1 - z\,\vec{e}_2 + x^2 y\,\vec{e}_3,$

$x = 2\cos t,\ y = \sin t,\ z = 1,\ t \in [0, 2\pi];$

б) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = z\,\vec{e}_1 - x\,\vec{e}_2 + yz\,\vec{e}_3,$

$x = 2\cos t,\ y = 6\sin t,\ z = 3,\ t \in [0, 2\pi];$

в) $\vec{A}\left(\vec{x}\right) = 4y\,\vec{e}_1 + x\,\vec{e}_2 + y\,\vec{e}_3,$

$x = \cos t,\ y = \sin t,\ z = 2 - \cos t - \sin t,\ t \in [0, 2\pi].$

Обыкновенные дифференциальные уравнения

1. Найти общее решение обыкновенного дифференциального уравнения с разделяющимися переменными.

1) Решить уравнение $(+y)dx - (-x)dy = 0.$

Ответ: $(+y)(-x) = C.$

2) Решить уравнение $(+e^x)yy' = e^x.$

Ответ: $\frac{y^2}{2} = \ln(+e^x) + C.$

3) Решить уравнение $x\sqrt{1+y^2} + yy'\sqrt{1+x^2} = 0.$

Ответ: $\sqrt{1+y^2} + \sqrt{1+x^2} = C.$

2. Найти общее решение уравнения с однородной правой частью.

1) Найти интегральные кривые уравнения $y' = e^{\frac{y}{x}} + \frac{y}{x}.$

Ответ: Интегральные кривые определяются уравнением $e^{-\frac{y}{x}} + \ln|x| = C.$

2) Найти интегральные кривые уравнения $y' = \frac{y}{x} - 1.$

Ответ: Интегральные кривые определяются уравнением $xe^{\frac{y}{x}} = C$.

3) Найти интегральные кривые уравнения

$$(x^2 + 2xy)dx + xydy = 0.$$

Ответ: Интегральные кривые определяются уравнением

$$\ln|x+y| + \frac{x}{x+y} = C.$$

3. Найти общее решение линейного дифференциального уравнения первого порядка. Если указаны начальные условия, то найти частное решение, удовлетворяющее начальному условию.

1) $(x+1)\frac{dy}{dx} = 4x + 2y.$

2) $\frac{dy}{dx} - \frac{y}{1-x^2} - 1 - x = 0,\ y(0) = 0.$

3) $x\frac{dy}{dx} + y - e^x = 0,\ y(a) = b.$

4) $\frac{dy}{dx}\cos^2 x + y = \operatorname{tg} x,\ y(0) = 0.$

5) $\frac{dy}{dx} - \frac{y}{x\ln x} = x\ln x,\ y(e) = \frac{e^2}{2}.$

6) $\frac{dy}{dx} - y\operatorname{tg} x = \cos x,\ y(0) = 0.$

7) $\frac{dy}{dx} + y\cos x = e^{\sin x},\ y(0) = 0.$

8) $x\frac{dy}{dx} + y = x^2.$

9) $x^2\frac{dy}{dx} - 2xy = 3.$

10) $x^2\frac{dy}{dx} - 2xy = 3y.$

11) $\frac{dy}{dx} - ay = e^{bx}$.

4. Найти общее решение линейного однородного обыкновенного дифференциального уравнения порядка выше второго.

1) $\frac{d^3y}{dx^3} - 8y = 0.$

2) $\frac{d^4y}{dx^3} - y = 0.$

3) $\frac{d^4y}{dx^4} - 5\frac{d^2y}{dx^2} + 4y = 0.$

4) $\frac{d^4y}{dx^4} + \frac{d^3y}{dx^3} + 8\frac{d^2y}{dx^2} + 8\frac{dy}{dx} + 4y = 0.$

5) $\frac{d^5y}{dx^5} - 6\frac{d^4y}{dx^4} + 9\frac{d^2y}{dx^2} = 0.$

5. Найти общее решение линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения.

1) $\frac{d^2y}{dx^2} - 4y = -12x^2 + 6x - 4.$

2) $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} + y = 4e^x.$

3) $\frac{d^2y}{dx^2} - 2\frac{dy}{dx} - 3y = -4e^x + 3.$

4) $\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{dy}{dx} = 6\sin 2x.$

5) $\frac{d^2y}{dx^2} - \frac{dy}{dx} + y = -13\sin 2x.$

6. Найти общее решение однородных систем ОДУ методом Эйлера и, если указано, выделить частное решение, удовлетворяющее поставленным начальным условиям.

1) $\begin{cases} \dfrac{dy^1}{dt} - 2y^1 + 3y^2 = 0, \\ \dfrac{dy^2}{dt} - 3y^1 - 2y^2 = 0. \end{cases}$

2) $\begin{cases} \dfrac{dy^1}{dt} - 2y^1 + 3y^2 = 0, \\ \dfrac{dy^2}{dt} - 3y^1 - 2y^2 = 0. \end{cases}$

3) $\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - 4y_1 + y_2 = 0, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - 3y_1 - y_2 + y_3 = 0, \\ \dfrac{dy_3}{dt} - y_1 - y_3 = 0. \end{cases}$

4) $\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} + y_1 - y_2 - y_3 = 0, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - y_1 + y_2 - y_3 = 0, \\ \dfrac{dy_3}{dt} - y_1 - y_2 + y_3 = 0. \end{cases}$

5) $\dfrac{d}{dt}|y\rangle = A|y\rangle, |y\rangle = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 3 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$

6) $\dfrac{d}{dt}|y\rangle = A|y\rangle, |y\rangle = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}, A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$

7. Решить неоднородные системы ОДУ методом Лагранжа.

1) $\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - y_2 = \cos t, \\ \dfrac{dy_2}{dt} + y_1 = 1. \end{cases}$

2) $\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - 2y_1 + 4y_2 = 4e^{-2t}, \\ \dfrac{dy_2}{dt} - 2y_1 + 2y_2 = 0. \end{cases}$

3) $\begin{cases} \dfrac{dy_1}{dt} - 2y_1 - y_2 + 2y_3 = -t + 2, \\ \dfrac{dy_2}{dt} + y_1 = 1, \\ \dfrac{dy_3}{dt} - y_1 - y_2 + y_3 = -t + 1. \end{cases}$



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный университет»

О. В. Садырева, И. Г. Коршунов

Ф И З И К А

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург

2019

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Учебно-методическим советом УГГУ

Председатель совета
_____Упоров С.А.

ФИЗИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ ВСЕХ НАПРАВЛЕНИЙ ПОДГОТОВКИ

Екатеринбург, 2019

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры физики 26 марта 2019 года (протокол № 19) и рекомендованы для издания в УГГУ

ФИЗИКА. Методические указания для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки/Садырева О.В., Коршунов И.Г.; Урал.гос. горный ун-т.– Екатеринбург, 2019.– 29 стр.

Методические указания составлены в соответствии с программами по курсу физики для студентов всех направлений подготовки в УГГУ. Они содержат условия задач для самостоятельной работы, при выполнении контрольных работ студентами по следующим темам курса физики: механика; молекулярная физика и термодинамика; электричество и магнетизм; механические и электромагнитные колебания и волны; волновая и квантовая оптика; квантовая физика и физика атома; элементы ядерной физики. Также в них содержатся методические указания к решению задач, их оформлению, список рекомендуемой литературы и справочные данные, необходимые для решения задач.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ ДОМАШНИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются преподавателем в начале соответствующего семестра.
2. Контрольные работы нужно выполнять чернилами в школьной тетради, на обложке указывается фамилия и инициалы студента, номер группы.
3. Условия задач в контрольной работе необходимо переписать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради нужно оставлять поля.
4. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить ее на повторную рецензию, включив в нее те задачи, при решении которых допущены ошибки.
5. При решении задач необходимо пользоваться следующей схемой:

- Внимательно прочитать условие задачи.
- Выписать столбиком все величины, входящие в условие, и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
- Если это возможно, представить условие задачи в виде четкого рисунка. Правильно сделанный рисунок – это наполовину решенная задача.
- Уяснить физическую сущность задачи, установить основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи.
- Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физический закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести.
- Если равенства векторные, то их необходимо спроектировать но оси координат и записать в скалярной форме.
- Решить задачу сначала в общем виде, то есть, в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин.
- После получения расчетной формулы для проверки ее правильности следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин их размерности, произвести с ними необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это означает, что задача решена неверно.
- Подставить в конечную формулу числовые значения, выраженные в единицах СИ. В виде исключения допускается выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющих одинаковые степени.

- При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать $3{,}52 \cdot 10^3$, вместо 0,00129 записать $1{,}29 \cdot 10^{-3}$ и т. п.
- Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.
- Решение задачи должно сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями и комментариями.

1. МЕХАНИКА

1. Расстояние между двумя станциями метрополитена 1,5 км. Первую половину этого расстояния поезд проходит равноускоренно, вторую - равнозамедленно с тем же по модулю ускорением. Максимальная скорость поезда 50 км/ч. Найти ускорение и время движения поезда между станциями.

2. Шахтная клеть поднимается со скоростью 12 м/с. После выключения двигателя, двигаясь с отрицательным ускорением 1,2 м/с2 , останавливается у верхней приемной площадки. На каком расстоянии от нее находилась клеть в момент выключения двигателя и сколько времени двигалась до остановки?

3. С башни высотой 30 м в горизонтальном направлении брошено тело с начальной скоростью 10 м/с. Определить уравнение траектории тела, скорость тела в момент падения.

4. Для добывания руды открытым способом произвели взрыв породы. Подъем кусков породы, выброшенных вертикально вверх, длился 5 с. Определить их начальную скорость и высоту подъема.

5. При взрыве серии скважин камень, находящийся на уступе высотой 45 м, получил скорость 100 м/с в горизонтальном направлении. Какова дальность полета камня, сколько времени он будет падать, с какой скоростью упадет на землю?

6. Рассчитать скорость движения и полное ускорение шахтного электровоза в момент времени 5 с, если он движется по криволинейному участку радиусом 15 м. Закон движения электровоза выражается формулой $S = 800 + 8t - 0{,}5\,t^2$, м.

7. Во сколько раз тангенциальное ускорение точки, лежащей на ободе вращающегося колеса, больше ее нормального ускорения для того момента времени, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости?

8. Под действием постоянной силы 118 Н вагонетка приобрела скорость 2 м/с, пройдя путь 10 м. Определить силу трения и коэффициент трения, если масса вагонетки 400 кг.

9. В шахте опускается равноускоренно лифт массой 280 кг, в первые 10 с он проходит 35 м. Найти натяжение каната, на котором висит лифт.

10. На горизонтальной платформе шахтной клети находится груз 60 кг. Определить силу давления груза на платформу: при равномерном подъеме и спуске, при подъеме и спуске с ускорением 3 м/^{2} , при спуске с ускорением 9,8 м/с^2.

11. Тело скользит по наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол 45° . Пройдя путь 36,4 см, тело приобретает скорость 2 м/с. Найти коэффициент трения тела о плоскость.

12. Найти закон движения (зависимость пройденного расстояния от времени) куска антрацита при скольжении его с нулевой начальной скоростью по стальному желобу с углом наклона 30° . Коэффициент трения 0,3.

13. Рудничный поезд массой 450 т движется со скоростью 30 км/ч, развивая мощность 150 л. с. (1 л. с. =736 Вт). Определить коэффициент трения.

14. Определить силу тяги, которую развивает лебедка при подъеме вагонетки массой 2 т с ускорением 0,5 м/^{2}, если коэффициент трения 0,03, а угол наклона железнодорожного полотна 30°.

15. Вагонетка скатывается по наклонной горке длиной 5 м. Определить путь, проходимый вагонеткой по горизонтали до остановки, и наибольшую скорость движения, если коэффициент сопротивления 0,0095. Угол наклона 5°.

16. Маховик, приведенный в равноускоренное вращение, сделав 40 полных оборотов, стал вращаться с частотой 480 мин$^{-1}$.Определить угловое ускорение маховика и продолжительность равноускоренного вращения.

17. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

18. Крутящий момент двигателя электрической лебедки 1,2 кН·м. Для остановки двигателя служат тормозные деревянные колодки, прижимающиеся с двух сторон к тормозному чугунному диску радиусом 0,6 м, жестко связанному с ротором двигателя. Найти силу давления, необходимую для остановки ротора, если коэффициент трения равен 0,5.

19. Двигатель мощностью 3 кВт за 12 с разогнал маховик до 10 об/с. Найти момент инерции маховика.

20. Была произведена работа в 1 кДж, чтобы из состояния покоя привести маховик во вращение с частотой $8с^{-1}$.Какой момент импульса (количества движения) приобрел маховик?

21. Шар и цилиндр имеют одинаковую массу 5кг и катятся со скоростью 10 м/с по горизонтальной плоскости. Найти кинетическую энергию этих тел.

22. Какую работу надо произвести, чтобы раскрутить маховик массой 80 кг до 180об/мин? Массу маховика считать равномерно распределенной по ободу с диаметром 1м.

23. Ротор шахтного электродвигателя совершает 960 об/мин. После выключения он останавливается через 10с. Считая вращение равнозамедленным, найти угловое ускорение ротора. Сколько оборотов сделал ротор до остановки?

24. Шар и сплошной цилиндр катятся по горизонтальной плоскости. Какую часть энергия поступательного движения каждого тела составляет от общей кинетической энергии?

25. Маховик, выполненный в виде диска радиусом 0,4м и имеющий массу 100 кг, был раскручен до 480 оборотов в минуту и предоставлен самому себе. Под действием трения вала о подшипники маховик остановился через 80 с. Определить момент сил трения.

2.МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

26. Какой объем занимает 1 кг водорода при давлении 106 Па и температуре 20°С? Молярная масса водорода $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

27. Для автогенной сварки привезли баллон кислорода вместимостью 100 л. Найти массу кислорода, если его давление 12 МПа и темпера-тура 16°С. Молярная масса кислорода $32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

28. Определить среднюю плотность сжатого воздуха в рудничной воздухопроводной сети, если давление воздуха в компрессоре составляет $7 \cdot 10^5$ Па, а давление у воздухоприемников $6 \cdot 10^5$ Па. Температура воздуха в начале и конце сети равна 27°С и 7°С. Молярная масса воздуха равна 0,029 кг/моль.

29. Стальной баллон емкостью 25 л наполнен ацетиленом $C_2 H_2$ при температуре 27° С до давления 20 МПа. Часть ацетилена использовали для автогенной сварки подкрановых путей в шахте. Какая масса ацетилена из-расходована, если давление в баллоне при температуре 23°С стало равным 14 МПа ? Молярная масса ацетилена 0,026 кг/моль.

30. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°С. Во время пожара температура воздуха в баллоне поднялась до 450° С. Взорвется ли баллон, если известно, что при этой температуре он может выдержать давление не более 9,8 МПа? Начальное давление в баллоне 4,8 МПа.

31. Температура взрыва гремучей смеси, то есть температура, до которой нагреты в первый момент газообразные продукты взрыва, достигает в среднем 2600° С, если взрыв происходит внутри замкнутого пространства. Во сколько раз давление при взрыве гремучего газа превосходит давление смеси до взрыва, если последнее равно 10^5 Па, а начальная температура 17° С?

32. Компрессор, обеспечивающий работу отбойных молотков в забое, засасывает из атмосферы 100 л воздуха в секунду при давлении 1 атм. Сколько отбойных молотков может работать от этого компрессора, если для каждого молотка необходимо 100 $см^3$ воздуха в секунду при давлении 50 атм ?

33. В двигателе Дизеля сжимается адиабатически воздух, в результате чего его температура поднимается, достигая температуры воспламенения нефти 800° С. До какого давления сжимается при этом воздух и во сколько раз уменьшается его объем, если начальное давление 1 атм, начальная температура 80°С, γ=1,4?

34. Современные вакуумные насосы позволяют понижать давление до 10^{-15} мм рт. ст. Сколько молекул газа содержится в объеме 1 $см^3$ при указанном давлении и температуре 27° С ?

35. Определить средние квадратичные скорости молекул метана CH_4 до взрыва и после него, если температура до взрыва равна 20° С, а после него 2600° С. Молярная масса 0,016 кг/моль.

36. Найти среднюю кинетическую энергию вращательного движения одной молекулы кислорода при температуре 350 К, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в 4 г кислорода.

37. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме и при постоянном давлении окиси углерода CO, принимая этот газ за идеальный.

38. На сжатие азота при постоянном давлении была затрачена работа 12 кДж. Найти изменение внутренней энергии и затраченное количество теплоты.

39. Какое количество теплоты для нагревания от 50°C до 100° C надо сообщить азоту массой 28 г, который находится в цилиндре с подвижным поршнем? Чему равна при этом процессе работа расширения?

40. При адиабатическом процессе расширения внутренняя энергия кислорода уменьшилась на 8,38 кДж. Вычислить массу кислорода, если начальная температура его 47° C, а объем увеличился в 10 раз.

41. В двигателе внутреннего сгорания температура газообразных продуктов сгорания поднимается от 600° C до 2000° C. Найти количество теплоты, подведенное к 1 кг газа при постоянном давлении, изменение его внутренней энергии и совершенную работу, если удельные теплоемкости при постоянных давлении и объеме соответственно равны 1,25 кДж/(кг·К) и 0,96 кДж/(кг·К).

42. Определить мощность на валу компрессора производительностью 25 $м^3$ в минуту, работающего на подземную воздушную сеть, если первоначальное давление 1 атм, а давление, развиваемое компрессором в конце изотермического сжатия, составляет 7 атм.

43. Тепловая машина работает по обратимому циклу Карно. Температура нагревателя 227° C. Определить термический коэффициент полезного действия цикла и температуру охладителя, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

44. От идеальной теплосиловой установки, работающей по циклу Карно, отводится ежечасно 270 МДж теплоты с помощью холодильника при 9° C. Определить полезную мощность установки, если количество подводимой в час теплоты равно 900 МДж. При какой температуре подводится теплота?

45. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура холодильника. Нагреватель передал газу 42 кДж теплоты. Какую работу совершил газ?

46. При прямом цикле Карно тепловая машина совершает работу, равную 200 Дж. Температура нагревателя 375 К, холодильника 300 К. Найти количество теплоты, получаемое машиной от нагревателя.

3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

47. Вследствие трения о шкив ремень заряжается, причем каждый квадратный метр ремня содержит 0,02Кл заряда. Ширина ремня 0,3м, скорость его движения 20 м/с. Какой заряд проходит ежесекундно через любую неподвижную плоскость, перпендикулярную ремню?

48. Определить заряд, емкость и потенциал Земли, считая ее шаром радиусом $6 \cdot 10^3$ км и зная, что напряженность поля около поверхности равна 100 В/м.

49. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора 6 кВ, заряд каждой пластины 10 нКл. Найти энергию конденсатора и силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними 2 см.

50. Какое количество теплоты выделится при разрядке плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами 15 кВ, расстояние 1 мм, диэлектрик слюда ($\varepsilon = 6$), площадь каждой пластины 300 $см^2$?

51. Какую работу надо совершить , чтобы увеличить расстояние между пластинами воздушного конденсатора от 0,03 м до 0,1 м? Площадь пластин 100 $см^2$. Конденсатор подключен к источнику напряжения 220 В.

52. Камнедробилка должна работать под напряжением 100 В, потребляя ток в 40 А. Напряжение на электростанции 120 В, а расстояние до нее 1 км. Определить сечение медных соединительных проводов ($\rho = 1{,}7 \cdot 10^{-8}$ Ом м).

53. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром 1,5 мм для изготовления спирали вулканизатора , применяемого при сращивании кабелей, если сопротивление спирали 5,5 Ом, а удельное сопротивление нихрома $1{,}1 \cdot 10^{-6}$ Ом м?

54. Цена деления прибора $1,5 \cdot 10^{-5}$ А /дел. Шкала прибора имеет 200 делений, его внутреннее сопротивление 100 Ом. Какие сопротивления нужно подключить к этому прибору и каким образом, чтобы можно было измерять напряжение до 200 В или ток до 4 А?

55. Определить сопротивление медных магистральных проводов при температуре 30^0 С. Расстояние от места расположения проводов до взрывной станции 400 м. Площадь сечения проводов 0,8 $мм^2$, $\rho = 0{,}017$(Ом· $мм^2$ /м), $\alpha = 0{,}0044$ град-1.

56. ЭДС батареи 12 В, ток короткого замыкания 5 А. Какую наибольшую мощность может дать батарея во внешней цепи?

57. Найти ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе 5 А она дает во внешнюю цепь мощность 9,5 Вт, а при токе 8 А мощность 14,4 Вт.

58. Ток в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от 0 до 10 А в течение 30 с. Чему равно количество теплоты, выделившееся за это время в проводнике?

59. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 50 А. Найти магнитную индукцию в точке, удаленной на расстояние 5 см от проводника.

60. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи 50 А и 100 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на 25 см от первого и на 40 см от второго провода.

61. Найти число витков в катушке диаметром 10 см, если магнитная стрелка, помещенная в ее центре, отклонилась от плоскости магнитного меридиана на 38° при токе 0,2 А. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля 12,8 А /м . Плоскость катушки совпадает с плоскостью магнитного меридиана.

62. Определить горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли,
если обмотка тангенс–буссоли имеет 10 витков радиусом 25 см. При токе 0,64 А стрелка отклоняется на угол 45°.

63. Плоский контур площадью 20 см ² находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,03 Тл. Найти магнитный поток, пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол 60° с линиями индукции.

64. Электромагнит изготовлен в виде тороида со средним диаметром 51 см и вакуумным зазором 2 мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в зазоре, если при неизменном токе в обмотке зазор увеличить в три раза? Магнитная проницаемость сердечника тороида 800.

65. Найти напряженность магнитного поля между полюсами электромагнита , если проводник массой 10 г и длиной 1м при токе в нем 19,6 А висит в поле , не падая.

66. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл движется проводник длиной 10 см со скоростью 15 м /с, направленной перпендикулярно к магнитному полю. Найти ЭДС, индуцированную в проводнике.

67. Обмотка электромагнита содержит 800 витков. Площадь сечения сердечника 15 $см^2$, Индукция магнитного поля в сердечнике 1,4 Тл. Вычислить величину средней ЭДС , возникающей в обмотке при размыкании тока, если ток уменьшается до нуля в течение 0,001с.

68. На железное кольцо намотано в один слой 200 витков провода. Чему равна энергия Магнитного поля, если при токе 2,5 А магнитный поток в железе 0,5 мВб?

69. Замкнутый соленоид намотан на немагнитный каркас и содержит 20 витков на каждый сантиметр длины. Найти объемную плотность энергии поля при токе 1 А.

70. С какой скоростью должен нарастать ток в катушке с числом витков 800, площадью поперечного сечения 10 $см^2$, длиной 30 см, чтобы величина ЭДС самоиндукции, возникшей в ней, была равна 25 мВ?

4. МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

71. Маятник для гравиметрической съемки за сутки совершил 57600 колебаний. Найти ускорение свободного падения, если длина маятника
0,56м.

72. Днище вибролюка, применяемого для погрузки руды в бункер поезда из очистной камеры, совершает гармоническое колебательное движение с амплитудой 5 мм и частотой 1500 $мин^{-1}$. Написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

73. Стол питателя, предназначенного для погрузки руды в вагонетки, колеблется с частотой 45 $мин^{-1}$. Определить максимальные скорость и ускорение стола, полную энергию колебаний, если масса питателя 1000 кг, амплитуда колебаний 72 мм.

74. Решето рудообогатительного грохота совершает вертикальное колебательное движение с амплитудой 5 см. Найти наименьшую частоту колебаний, при которой куски руды, лежащие на решете, будут отделяться от него и подбрасываться вверх.

75. Для погружения обсадных труб в глинистые отложения применяется вибровозбудитель ВО-10, амплитуда колебаний которого 0,13 см, частота вращения дебалансов 1200 $мин^{-1.}$ Определить максимальные скорость и ускорение, написать уравнение колебаний, если начальная фаза равна нулю.

76. Определить полную энергию колебаний и максимальную силу взаимодействия между подъемным сосудом массой 90 тонн и армировкой ствола шахты, если амплитуда горизонтальных колебаний сосуда 3 см, а циклическая частота 7 $с^{-1}$.

77. Точка одновременно совершает два гармонических колебания, происходящих по взаимно перпендикулярным направлениям и выражаемых уравнениями: $x = 0{,}5\sin t$, $y = 2\cos t$. Найти уравнение траектории точки, построить график ее движения.

78. Два одинаково направленных гармонических колебания одного периода с амплитудами 10 см и 6 см складываются в одно колебание с амплитудой 14 см. Определить разность фаз складываемых колебаний.

79. Груз, подвешенный к пружине, гармонически колеблется по вертикали с периодом 0,5 с. Коэффициент упругости пружины 4 Н/м. Определить массу груза.

80. Амплитуда затухающих колебаний маятника за 5 мин уменьшилась в два раза. За какое время, считая от начального момента, амплитуда уменьшится в восемь раз?

81. Источник незатухающих гармонических колебаний подчиняется закону $x = 5\sin 3140t$ (м). Определить смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии 340м от источника, через 1 с от начала колебаний, если скорость волны 340 м/с.

82. Уравнение незатухающих колебаний $y = 0{,}1\sin 0{,}5\pi t$ (м). Скорость волны 300 м/с. Написать уравнение колебаний для точек волны в момент времени 4 с после начала колебаний. Найти разность фаз для источника и точки на расстоянии 200 м от него.

83. Звуковые колебания с частотой 500 Гц и амплитудой 0,25 мм, распространяются в воздухе. Длина волны 70 см. Определить скорость распространения волны и наибольшую скорость колебаний частиц воздуха.

84. Определить коэффициент сжатия горной породы - величину, обратную модулю Юнга, если скорость распространения звуковых волн в горной породе равна 4500 м/с, а плотность породы составляет $2{,}3\cdot 10^3$ кг/м^3.

85. К одному из концов длинного стержня прикреплен вибратор, колеблющийся по закону $y = 10^{-6}\sin 10^4\pi t$ (м). Найти скорость точек в сечении стержня, отстоящем от вибратора на расстоянии 25см, в момент времени 10^{-4} с. Скорость волны $5\cdot 10^3$ м/с.

86. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 2 мГн и конденсатора емкостью 888 пФ. На какую длину волны настроен контур?

87. Найти частоту собственных колебаний в контуре, состоящем из катушки индуктивности и плоского конденсатора. Площадь каждой пластины конденсатора 30 см^2 и расстояние между ними 0,1 см. Число витков катушки 1000, длина ее 30 см, сечение 1 см^2.

88. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 0,025 мкФ. Заряд на конденсаторе равен $2{,}5\cdot^{10\text{-}6}$ Кл. Какова зависимость разности потенциалов на конденсаторе от времени?

89. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух

пластин площадью 75 см^2 каждая, рас-стояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

90. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 1,02 Гн и конденсатора емкостью 25 нФ. На обкладках конденсатора сосредоточен заряд 2,5 мкКл. Написать уравнение изменения тока в цепи в зависимости от времени.

91. Разность потенциалов на конденсаторе в контуре за 1 мс уменьшается в три раза. Найти коэффициент затухания.

92. Электромагнитные волны распространяются в некоторой однородной среде со скоростью $2{,}5\cdot10^8$ м/с. Какую длину волны имеют электромагнитные колебания в данной среде, если частота колебаний 1 МГц?

93. Катушка с индуктивностью 30 мкГн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 0,01 м^2 и расстоянием между ними 0,1 мм. Найти диэлектрическую проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур настроен на длину волны 750 м.

94. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 80 пФ и катушки индуктивностью 0,5 мГн. Найти максимальный ток в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 300 В. На какую длину волны резонирует данный контур?

95. Закон изменения разности потенциалов на обкладках конденсатора в контуре задан уравнением $U = 50\cos10^4\pi t$(В). Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность, длину волны. Написать закон изменения тока в контуре.

96. Колебательный контур состоит из конденсатора переменной емкости от 12 пФ до 80пФ и катушки с индуктивностью 1,2 мГн. Найти диапазон длин электромагнитных волн, которые могут вызывать резонанс в этом контуре.

97. Индуктивность колебательного контура 0,5 мГн. Какова должна быть электроемкость контура, чтобы он резонировал на длину волны 300 м?

98. Катушка (без сердечника) длиной 50 см и площадью поперечного сечения 3 см^2 имеет 1000 витков и соединена параллельно с конденсатором. Он состоит из двух пластин площадью 75 см^2 каждая, расстояние между пластинами 5 мм, диэлектрик - воздух. Найти период колебаний контура и длину волны, на которую он настроен.

99. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить частоту 1000 Гц?

100. Индуктивность катушки в колебательном контуре 20 мкГн. Требуется настроить этот контур на частоту 5 МГц. Какую емкость следует выбрать?

101. Колебательный контур, состоящий из воздушного конденсатора с двумя пластинами по 100 $см^2$ каждая и катушки с индуктивностью 1 мкГн резонирует на волну длиной 10м. Найти расстояние между пластинами конденсатора.

5. ВОЛНОВАЯ И КВАНТОВАЯ ОПТИКА

102. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга I мм, расстояние от щелей до экрана 3м, расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране 1,5 мм. Найти длину волны источника монохроматического света.

103. Оранжевые лучи с длиной волны 650 нм от двух когерентных источников, расстояние между которыми 120 мкм, падают на экран. Расстояние от источников до экрана 3,6 м. Найти расстояние между центрами соседних темных полос на экране.

104. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при освещении ее лучами с длиной волны 750 нм, перпендикулярными к пластинке, она в отраженном свете казалась красной?

105. Между двумя плоскопараллельными пластинками лежит проволочка, отчего образовался воздушный клин. Пластинки освещаются светом с длиной волны 500 нм. Угол падения лучей 0°, длина пластинки 10 см. Расстояние между интерференционными полосами в отраженном свете 1,8 мм. Найти толщину проволочки.

106. Плосковыпуклая линза (n=1,5) с оптической силой 0,5 диоптрий выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Найти радиус пятого темного кольца Ньютона в проходящем свете (λ =600 нм).

107. Радиус кривизны плосковыпуклой линзы 4 м. Чему равна длина волны падающего света, если радиус 5-го светлого кольца Нью-она в отраженном свете равен 3,6 мм?

108. На щель шириной 0,2 мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны 640 нм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первой светлой дифракционной полосе.

109. На пластинку со щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второму дифракционному минимуму, равен 1°. Сколько длин волн падающего света составляет ширина щели?

110. На щель шириной 0,05 мм падает нормально монохроматический свет (λ=0,6 мкм). Найти угол между первоначальным направлением пучка света и направлением на четвертую темную дифракционную полосу.

111. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия с длиной волны 670 нм спектра второго порядка?

112. При освещении дифракционной решетки белым светом спектры второго и третьего порядка накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре второго порядка накладывается фиолетовая граница (400 нм) спектра третьего порядка?

113. На дифракционную решетку, имеющую 800 штрихов на I мм, падает параллельный пучок белого света. Какова разность углов отклонения конца первого и начала второго спектров? Принять длину волны красного света 760 нм, фиолетового 400 нм.

114. На дифракционную решетку, содержащую 50 штрихов на миллиметр, падает в направлении нормали к ее поверхности белый свет. Спектр проектируется на экран с помощью линзы, помещенной вблизи решетки. Определить длину спектра первого порядка на экране, если расстояние от линзы до экрана 3 м. Границы видимого спектра 400 нм и 760 нм.

115. Угол преломления луча света в жидкости равен 35°. Определить показатель преломления этой жидкости, если отраженный луч максимально поляризован.
116. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы его лучи, отраженные от поверхности озера, были бы наиболее полно поляризованы.

117. Предельный угол полного внутреннего отражения луча на границе жидкости с воздухом равен 43°. Каков должен быть угол падения луча из воздуха на поверхность жидкости, чтобы отраженный луч был максимально поляризован?

118. Угол максимальной поляризации при отражении света от кристалла каменной соли равен 57°. Определить скорость распространения света в этом кристалле.

119. Угол между плоскостями поляризации двух призм Николя равен 45°. Во сколько раз
уменьшится интенсивность света, прошедшего через николи, если этот угол увеличить до 60°?

120. Температура «голубой» звезды $3 \cdot 10^4$К. Определить интегральную интенсивность излучения и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

121. Приняв температуру поверхности Солнца равной 6000 К, определить энергию, излучаемую с одного квадратного метра за секунду и длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности.

122. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка печи за секунду, равен 34 Вт. Найти температуру печи, если площадь отверстия 6 $см^2$.

123. Средняя величина энергии, теряемой вследствие излучения с одного квадратного сантиметра поверхности Земли за минуту, равна 0,55 Дж. Какую температуру должно иметь абсолютно черное тело, излучающее такое же количество энергии?

124. Печь при температуре 1100 К посылает на измерительный прибор некоторое тепловое излучение. Какова должна быть температура печи, чтобы получаемое прибором излучение увеличилось в два, четыре и шестнадцать раз?

125. Максимальная лучеиспускательная способность абсолютность черного тела приходится на длину волны 800 нм. Какая мощность должна быть подведена к этому телу, поверхность которого 100 $см^2$, чтобы поддерживать его при постоянной температуре.

126. Вследствие изменения температуры абсолютно черного тела, максимум испускательной способности сместился с 500 нм на 750 нм. Во сколько раз уменьшилась суммарная мощность излучения?

127. Какая доля энергии фотона израсходована на работу вырывания фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта равна 307 нм и кинетическая энергия фотоэлектрона I эВ?

128. Калий (работа выхода 2 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов.

129. Определить работу выхода электрона из цезия и серебра, если красная граница фотоэффекта у этих металлов составляет соответственно 660 нм и 260 нм.

130. Определить энергию, импульс и массу фотона, длина волны которого соответствует видимой части спектра с длиной волны 500 нм.

131. Определить давление света на стенки электрической стоваттной лампы. Колба лампы представляет собой сферический сосуд радиусом 5 см. Стенки лампы

отражают 10 % падающего на них света. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение.

132. На поверхность площадью 100 $см^2$ ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найти величину светового давления, если поверхность полностью отражает все лучи и если полностью поглощает все лучи.

133. Давление света с длиной волны 600 нм на черную поверхность равно $2,2 \cdot 10^{-7}$ $Н/м^2$. Сколько фотонов падает на I $см^2$ за одну секунду?

6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА И ФИЗИКА АТОМА

134. Определить длину волны, соответствующую границе серии Бальмера для водорода. Выделить эту спектральную линию на схеме энергетических уровней атома водорода. Постоянная Ридберга равна $1,097 \cdot 107 м^{-1}$.

135. Найти наибольшую и наименьшую длины волн в первой инфракрасной серии спектра водорода (серии Пашена). Начертить схему энергетических уровней атома водорода.

136. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

137. Вычислить энергию фотона, испускаемого при переходе электрона в атоме водорода с третьего энергетического уровня на первый.

138. Определить длины волн де Бройля для электрона и протона, движущихся со скоростью 1000 км/с. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$кг, масса протона $1,67 \cdot 10^{-27кг}$.

139. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы длина волны де Бройля была равна 0,10 нм ?

140. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите атома водорода, находящегося в основном состоянии.

141. Электрон, движущийся со скоростью $6 \cdot 10^6$м/с, попадает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле напряженностью 5 В/см. Какое расстояние должен пройти электрон в таком поле, чтобы его длина волны стала равной 0,10 нм?

142. Рассчитать дебройлевскую длину волны для протона с кинетической энергией, равной энергии покоя электрона 0,51МэВ.

143. Найти коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ увеличивает искомую длину волны в два раза.

144. Найти длину волны коротковолновой границы сплошного рентгеновского спектра, если скорость электронов, подлетающих к антикатоду трубки, составляет 0,85 скорости света.

145. Для определения постоянной Планка к рентгеновской трубке приложили напряжение 16 кВ и определили минимальную длину волны сплошного рентгеновского излучения (λмин =77,6 пм). Вычислить по этим данным постоянную Планка.

146. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в возбужденном состоянии (n=2).
Вычислить вероятность нахождения частицы в крайней четверти ямы.
46. Частица в потенциальной яме находится в основном состоянии. Какова вероятность обнаружить частицу в крайней трети ямы?
147. В одномерной потенциальной яме шириной *l* находится электрон. Найти вероятность нахождения электрона на первом энергетическом уровне в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

148. Вычислить величину момента импульса L орбитального движения электрона, находящегося в атоме водорода в s-состоянии и в p-состоянии.

149. Частица в потенциальной яме шириной *l* находится в низшем возбужденном состоянии. Определить вероятность нахождения частицы в интервале *l*/4, равноудаленном от стенок ямы.

150. Определить возможные значения проекции момента импульса L_Z орбитального движения электрона в атоме водорода на направление внешнего магнитного поля. Электрон находится в d-состоянии.

151. Электрон находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной *l*
с бесконечно высокими стенками. Определить вероятность обнаружения электрона в средней трети ямы, если электрон находится в возбужденном состоянии (n=3).

7. ЭЛЕМЕНТЫ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

152. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за секунду. Во сколько раз уменьшится активность препарата стронция $_{38}Sr^{90}$ через 100 лет? Период полураспада равен 28 лет.

153. Сколько β-частиц испускает в течение одного часа 1 мкг изотопа $_{11}Na^{24}$, период полураспада которого составляет 15 часов?

154. Препарат $_{92}U^{238}$ массой 1 г излучает $1{,}24 \cdot 10^4$ α -частиц в секунду. Найти период полураспада этого изотопа урана и активность препарата.

155. Найти число распадов за одну секунду в 1 г радия, период полураспада которого 1590 лет. Молярная масса радия 0,226 кг/моль.

156. Активность препарата пропорциональна числу ядер, распадающихся за одну секунду. Во сколько раз уменьшится активность иода $_{53}J^{124}$ спустя 12 суток? Период полураспада равен четырем суткам.

157. Сколько β-частиц испускается в течение суток при распаде изотопа фосфора $_{15}P^{32}$ массой 1 мкг? Период полураспада 14,3 суток.
158. Активность препарата уменьшилась в 256 раз. Сколько периодов полураспада составляет промежуток времени, за который произошло такое уменьшение активности?

159. За один год начальное количество радиоактивного вещества уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?
60. Какая доля начального количества радиоактивного вещества останется нераспавшейся через промежуток времени, равный двум периодам полураспада?

160. Дефект массы ядра $_7N^{15}$ равен 0,12396 а.е.м. Определить массу атома. ($m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).

161. Найти удельную энергию связи ядра $_6C^{12}$, если известно, что $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\ _{12}C^6 = 12{,}00000$ а.е.м.

162. Рассчитать массу нейтрального атома, если ядро его состоит из трех протонов и двух нейтронов, а энергия связи ядра равна 26,3 Мэв. ($m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.).

163. Определить энергию связи ядра изотопа кислорода $_8O^{16}$, если $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.;
$m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.; $m\ _8O^{16} = 1\ 5{,}99491$ а.е.м.

164. Определить энергию связи, приходящуюся на один нуклон ядра атома $_{11}Na^{23}$, если $m\ _{11}Na^{23} = 22{,}98977$а.е.м.; $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.

165. Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $_3Li^7$, если известно, что $m\ _3Li^7 = 7{,}01601$ а.е.м.; $m\ _1H^1 = 1{,}00783$ а.е.м.; $m\ _0n^1 = 1{,}00867$ а.е.м.

166. Энергия связи электрона с ядром невозбужденного атома водорода $_1H^1$ равна 13,6 эВ. Определить, насколько масса атома водорода меньше суммы масс свободных протона и электрона.

167. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра $_5B^{11}$,если известны следующие массы: m $_5B^{11}$ = 11,00931 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.

168. Найти энергию, которую нужно затратить для отрыва нейтрона от ядра $_{11}Na^{23}$, если известны следующие массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_{11}Na^{23}$ = 22,98977 а.е.м.; m $_{11}Na^{22}$ = 21,99444 а.е.м.

169. Найти энергию отрыва нейтрона от ядра $_2He^4$,если известны массы: m $_0n^1$ = 1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.

170. Найти энергию, необходимую для удаления одного протона из ядра $_8O^{16}$ ($_8O^{16} \rightarrow {}_7N^{15} + {}_1H^1$). m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; m $_8O^{16}$ = 15,99491 а.е.м.; m $_7N^{15}$ = 15,00011 а.е.м.

171. Найти изменение массы при следующей ядерной реакции:
$_{13}Al^{27} + {}_2He^4 \rightarrow {}_{15}P^{30} + {}_0n^1$, если m $_{13}Al^{27}$ =2 6,98154 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_{15}P^{30}$= 29,97263 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.

172.Вычислить энергетический эффект ядерной реакции: $1H^2 + {}_1H3 \rightarrow {}_2He^4 + {}_0n^1$, если m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_1H^3$ =3,01605 а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.

173. В термоядерном реакторе с дейтериевым горючим может происходить вторичная термоядерная реакция $_2He^3 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_1H^1$. Вычислить энергию этой реакции. (m $_2He^3$ = 3,01603 а.е.м.; m $_1H^2$ = 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; m $_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.).

174. Вычислить энергию ядерной реакции $_7N^{14} + {}_0n^1 \rightarrow {}_6C^{14} + {}_1H^1$. (m $_7N^1$ ^{4}= 14,00307а.е.м.; m $_0n^1$ =1,00867 а.е.м ; m $_6C^{14}$= 14,00324 а.е.м.; m $_1H^1$= 1,00783 а.е.м.).

175. Определить энергию ядерной реакции $_3Li6 + {}_1H^2 \rightarrow {}_2He^4 + {}_2He^4$. (m $_3Li^6$ = 6,01513 а.е.м.; m $_1H^2$= 2,01410 а.е.м.; m $_2He^4$ =4 ,00260 а.е.м.).

176. Какую минимальную энергию должен иметь квант для вырывания нейтрона из ядра $_6C^{14}$? Известны массы: m $_6C^{14}$ = 14,00324 а.е.м.; m $_0n^1$= 1,00867 а.е.м.; m $_6C^{13}6$ = 13,00335а.е.м.

177. Какую минимальную энергию необходимо затратить, чтобы разделить $_6C^{12}$ на три равные части.(m $_6C^{12}$= 12,00000 а.е.м.; m $_2He^4$= 4,00260 а.е.м.).

178. Определить энергию ядерной реакции $_{20}Ca^{14} + {}_1H^1 \rightarrow {}_{19}K^{41} + 2He^4$. ($m\ {}_{20}Ca^{4\,4}$= 43,95549 а.е.м.; $m\ {}_1H^1$ = 1,00783 а.е.м.; $m\ {}_2He^4$ = 4,00260 а.е.м.; $m\ {}_{19}K^{41}$= 40,96184 а.е.м.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература

8.1 Основная литература

.

1.	И.Г. Коршунов. Физика. – Екатеринбург: Ид-во УГГУ, 2014. – 341 с.
2.	В.И. Горбатов, В.Ф. Полев. Физика. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ (Ч.1, 2012.-105 с.; Ч.2, 2013.-115 с.; Ч.3.- 2014.-147 с.)
3.	Михайлов В.К. Физика: учебное пособие/ Михайлов В.К.— Электрон. текстовые данные.- М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.-120 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/23753.html - ЭБС «IPRbooks».
4.	Михайлов В.К. Волны. Оптика. Атомная физика. Молекулярная физика: учебное пособие/ Михайлов В.К., Панфилова М.И.-Электрон. текстовые данные.-М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.-144 с.-Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/62614.html -ЭБС «IPRbooks».
5.	Трофимова Т.М. Курс физики. Академия, 2010.- 560 с.

Дополнительная литература

1. И..Г. Коршунов. Основы физики.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010. - 312 с.
2. Ветрова В.Т. Физика. Сборник задач: учебное пособие/ Ветрова В.Т.- Электрон. текстовые данные.- Минск: Вышэйшая школа, 2015.-446 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/48021.html -ЭБС «IPRbooks».
3. Чакак А.А. Физика. Краткий курс: учебное пособие для студентов очно-заочной формы обучения вузов, слушателей курсов повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов, для студентов факультета дистанционных образовательных технологий/ Чакак А.А., Летута С.Н. Электрон. текстовые данные. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2011.-541 с. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30092.html - ЭБС «IPRbooks».
4. Сарина М.П. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Часть 1. Механика: учебное пособие/ Сарина М.П.- Электрон. текстовые данные.- Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.- 187 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/45392.html - ЭБС «IPRbooks».

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Некоторые физические постоянные

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	c	$3.00 \cdot 10^{8}$ м/с
Гравитационная постоянная	G	$6.67 \cdot 10^{-11}$ м^3/(кг·с^2)
Число Авогадро	N_A	$6.02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	8.31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Атомная единица массы	*1а.е.м.*	$1.660 \cdot 10^{-27}$ кг
Элементарный заряд	e	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1.67 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрическая постоянная	ε_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	h $\hbar$	$6.63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с $1.05 \cdot 10^{-34}$ Дж/с

Приложение 2

Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка			Множитель	Приставка			Множитель
Наименование	Обозначение			Наименование	Обозначение		
	русское	международное			русское	международное	
экса	Э	E	10^{18}	деци	д	d	10^{-1}
пэта	П	P	10^{15}	санти	с	c	10^{-2}
тера	Т	T	10^{12}	милли	м	m	10^{-3}
гига	Г	G	10^{9}	микро	мк	μ	10^{-6}
мега	М	M	10^{6}	нано	н	n	10^{-9}
кило	к	k	10^{3}	пико	п	p	10^{-12}
Гекто	г	h	10^{2}	фемто	ф	f	10^{-15}
Дека	да	da	10^{1}	атто	а	a	10^{-18}
П р и м е ч а н и е: Приставки гекто, дека, деци и санти допускается применять только в наименованиях кратных и дольных единиц, уже получивших широкое распространение (гектар, декалитр, дециметр, сантиметр и др.)							

Приложение 3

Единицы физических величин, имеющие собственные наименования

Величина	Единица	
	Наименование	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Плоский угол	радиан	рад
Телесный угол	стерадиан	ср
Сила, вес	ньютон	Н
Давление	паскаль	Па
Напряжение (механическое)	паскаль	Па
Модуль упругости	паскаль	Па
Работа, энергия	джоуль	Дж
Мощность	ватт	Вт
Частота колебаний	герц	Гц
Термодинамическая температура	кельвин	К
Разность температур	кельвин	К
Теплота, количество теплоты	джоуль	Дж
Количество вещества	моль	моль
Электрический заряд	кулон	Кл
Сила тока	ампер	А
Потенциал электрического поля, электрическое напряжение	вольт	В
Электрическая емкость	фарад	Ф
Электрическое сопротивление	ом	Ом
Электрическая проводимость	сименс	См
Магнитная индукция	тесла	Тл
Магнитный поток	вебер	Вб
Индуктивность	генри	Гн
Сила света	кандела	кд
Световой поток	люмен	лм
Освещенность	люкс	лк
Поток излучения	ватт	Вт
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	грэй	Гр
Активность изотопа	беккерель	Бк

Приложение 4

Внесистемные единицы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна атомная единица массы	т а.е.м.	10^3 кг $1.66 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	минута час сутки	мин ч сут	60 с 3600 с 86400 с
Плоский угол	градус минута секунда град	…• …′ …″ град	$1.74 \cdot 10^{-2}$ рад $2.91 \cdot 10^{-4}$ рад $4.85 \cdot 10^{-6}$ рад $(\pi/200)$ рад
Объем, вместимость	литр	Л	10^{-3} м^3
Длина	астрономическая единица световой год парсек	а.е. св. год пк	$1.50 \cdot 10^{11}$ м $9.46 \cdot 10^{15}$ м $3.08 \cdot 10^{16}$ м
Оптическая сила	диоптрия	Дптр	1 м$^{-1}$
Площадь	гектар	Га	10^4 м^2
Энергия	электрон-вольт	эВ	$1.60 \cdot 10^{-19}$ Дж
Полная мощность	вольт-ампер	В·А	
П р и м е ч а н и е: Единицы времени (минуту, час, сутки), плоского угла (градус, минуту, секунду), астрономическую единицу, световой год, диоптрию и атомную единицу массы не допускается применять с приставками.			

Приложение 5

Плотность некоторых твердых тел

Твердое тело	Плотность, г/см^3	Твердое тело	Плотность, г/см^3
Алюминий	2.70	Цезий	1.90
Барий	3.50	Каменная соль	2,2
Ванадий	6.02	Латунь	8,55
Висмут	9.80	Марганец	7,40
Железо (чугун, сталь)	7.88	Платина	21,4
Литий	0.53	Золото	19,3
Медь	8.93	Висмут	9,8◌
Никель	8.90	Уран	18,7
Свинец	11.3	Цинк	7.15
Серебро	10.5	Вольфрам	19,3

Приложение 6

Плотность некоторых жидкостей и газов

Жидкость (при 15° С)	Плотность, г·/см^3	Газ (при нормальных условиях	Плотность, кг/м^3
Вода (дистиллированная при 4°С)	1.00	Водород	0.09
Глицерин	1.26	Воздух	1.29
Керосин	0.8	Гелий	0.18
Ртуть	13.6	Аргон	1,78
Масло (оливковое, смазочное)	0.9	Азот	1,25
Масло касторовое	0.96	Кислород	1.43
Сероуглерод	1.26		
Эфир	0.7		
Спирт	0.80		

Приложение 7

Удельное сопротивление ρ некоторых материалов

Материал	Удельное сопротивление, Ом·м	Материал	Удельное сопротивление, Ом·м
Алюминий	$2{,}53\cdot10^{-8}$	Ртуть	$9{,}6\cdot10^{-7}$
Алюминий провод	$2{,}87\cdot10^{-8}$	Свинец	$2{,}08\cdot10^{-7}$
Бумага	10^{15}	Серебро	$1{,}6\cdot10^{-8}$
Вода дистиллированная	10^{4}	Сталь литая	$1{,}3\cdot10^{-7}$
Вода морская	0,3	Сталь чистая	$1{,}01\cdot10^{-7}$
Вольфрам	$5{,}5\cdot10^{-8}$	Стекло	10^{11}
Графит	$3{,}9\cdot10^{-6}$	Стекло кварцевое	10^{16}
Железо чистое	$9{,}8\cdot10^{-8}$	Угольные щётки	$4\cdot10^{-5}$
Железо	$8{,}7\cdot10^{-8}$	Цинк	$5{,}9\cdot10^{-8}$
Золото	$2{,}2\cdot10^{-8}$	Чугун серый	$1\cdot10^{-6}$
Константан	$5\cdot10^{-7}$	Никель	$8{,}7\cdot10^{-8}$
Масло парафиновое	10^{14}	Нихром	$1{,}12\cdot10^{-6}$
Магний	$4{,}4\cdot10^{-8}$	Олово	$1{,}2\cdot10^{-7}$
Манганин	$4{,}3\cdot10^{-7}$	Платина	$1{,}07\cdot10^{-7}$
Медь	$1{,}72\cdot10^{-8}$	Медь провод	$1{,}78\cdot10^{-8}$

Приложение 8

Диэлектрическая проницаемость некоторых веществ

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Ацетон	21,4	Парафин	2,0
Вакуум	1,0	Парафинированная бумага	2,0
Воздух	1,000594	Полиэтилен	2,2
Вода	81	Слюда	7,0
Вода дистиллированная	31	Спирт этиловый	25,1
Воск	7,8	Спирт метиловый	33,5
Керосин	2,0	Стекло	7,0
Масло	5,0	Фарфор	5,0
Масло трансформаторное	2,2	Эбонит	2,6

Приложение 9

Греческий алфавит

Обозначения букв	Название букв	Обозначения букв	Название букв
A, α	Альфа	N, ν	ню
B, β	Бета	Ξ, ξ	кси
Γ, γ	Гамма	O, o	омикрон
Δ, δ	Дэльта	Π, π	пи
E, ε	Эпсилон	P, ρ	ро
Z, ς	Дзета	Σ, σ	сигма
H, η	Эта	T, τ	тау
Θ, θ	Тэта	Y, υ	ипсилон
J, i	Иота	Φ, φ	фи
K, κ	Каппа	X, χ	хи
Λ, λ	Ламбда	Ψ, ψ	пси
M, μ	Ми	Ω, ω	омега

СОДЕРЖАНИЕ

Общие методические указания к решению задач и выполнению домашних контрольных работ	3
1. Механика	4
2. Молекулярная физика и термодинамика	7
3. Электричество и магнетизм	10
4. Механические и электромагнитные колебания и волны	12
5. Волновая и квантовая оптика	15
6. Квантовая физика и физика атома	18
7. Элементы ядерной физики	19
Список литературы	23
Приложения	24



Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Н. А. Зайцева

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей

Екатеринбург
2017

З17

Рецензент: Т. И. Красненко, д-р химических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории оксидных систем ИХТТ УрО РАН

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры химии 25 февраля 2016 г. (протокол № 6) и рекомендовано для издания в УГГУ

Зайцева Н. А.
З17 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных и контрольных работ курсов «Химия» и «Неорганическая химия» для студентов всех специальностей / Н. А. Зайцева. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. – 35 с.

В учебно-методическом пособии изложены краткие сведения о качественных реакциях в неорганической химии. Пособие содержит необходимые сведения для выполнения лабораторных работ по качественному анализу катионов и решения задач.

Пособие предназначено для студентов всех специальностей.

© Зайцева Н. А., 2017

© Уральский государственный горный университет, 2017

ВВЕДЕНИЕ

Качественная реакция – химическая реакция, с помощью которой можно определить наличие в растворе того или иного вещества или его фрагмента (катиона, аниона, функциональной группы). Качественная реакция на ионы позволяет обнаружить («открыть») в растворе присутствие соответствующих ионов. При обнаружении открываемого иона обычно фиксируют появление аналитического сигнала — образование осадка, изменение окраски раствора, появление запаха и т. д.

Требования к качественным реакциям

1. Экспрессность (реакция должна протекать быстро).
2. Высокая чувствительность.
3. Селективность или специфичность.
4. Необратимость.

Чувствительность реакции определяется наименьшим количеством искомого вещества, которое может быть обнаружено данным реактивом в капле раствора.

Существенной характеристикой анализа является селективность (избирательность).

По избирательности реагенты можно разделить на три группы:

1. *Специфические реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить только одно вещество (ион),

например: крахмал для обнаружения I_2 (синяя окраска); щёлочь для обнаружения NH^{4+} (запах аммиака).

Специфические реакции – реакции, которые дают возможность открывать одни ионы в присутствии различных других ионов.

2. *Селективные реагенты* – реактивы, с помощью которых в данных условиях можно обнаружить небольшое число веществ. Например, диметилглиоксим в аммиачном буферном растворе реагирует с Fe (II), Co (II), Ni (II), Zr (IV), Th (IV).

3. *Групповые реагенты* – используются в систематическом анализе смеси катионов и взаимодействуют со всеми катионами одной аналитической группы.

Реакции, позволяющие обнаружить искомые ионы в отдельных порциях сложной смеси при условии устранения влияния других ионов, называют **дробными реакциями**, а метод анализа, основанный на применении дробных реакций, называют **дробным анализом.** При этом порядок обнаружения катионов и анионов не имеет особого значения. При **систематическом анализе**, в отличие от дробного, соблюдается определенный порядок разделения и последующего открытия ионов. К обнаружению ионов приступают лишь после удаления из раствора всех других ионов, мешающих открытию. Систематический (групповой) анализ применяют при невозможности использования дробного анализа. На основе растворимости их солей или других соединений ионы делят на аналитические группы, на основании различных классификаций катионов разработаны разные методы систематического анализа катионов.

Методы систематического анализа

1. Сероводородный – основан на разной растворимости сульфидов и хлоридов в зависимости от *pH*-среды.

2. Аммиачно-фосфатный – основан на разной растворимости фосфатов.

3. Кислотно-основной – основан на разной растворимости в кислотах и основаниях гидроксидов и солей (табл. 1).

Таблица 1

Классификация катионов по кислотно-основному методу

Группа	Катионы	Групповой реактив	Характеристика группы
I	Na^+, K^+, NH_4^+	–	Хлориды, сульфаты и гидроксиды растворимы в воде
II	Ag^+, Pb^{2+}, Hg_2^{2+}	2M HCl	Хлориды нерастворимы в воде и разбавленных кислотах
III	Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}	2M H_2SO_4	Сульфаты нерастворимы в воде, кислотах и щелочах
IV	Al^{3+}, Cr^{3+}, Zn^{2+}, $^*As^{3+}$, $^*As^{5+}$, Sn^{2+}, Sn^{4+}	4M NaOH (избыток)	Гидроксиды амфотерны, растворимы в избытке щелочи
V	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, Mg^{2+}, Bi^{3+}, Sb^{3+}, Sb^{5+}	2M NaOH (25 % NH_4OH)	Гидроксиды нерастворимы в избытке щелочи и аммиаке
VI	Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Hg^{2+}, Cd^{2+}	25% NH_4OH (избыток)	Гидроксиды растворимы в избытке аммиака с образованием аммиакатов

$^*As^{3+}$ и As^{5+} гидроксидов не образуют.

Лабораторная работа № 1

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на катионы железа, определить наиболее подходящие реактивы для открытия Fe^{3+} и Fe^{2+}.

Для получения аналитического сигнала в качественном анализе используют химические реакции разных типов: реакции ионного обмена (осаждение, нейтрализация), окислительно-восстановительные, комплексообразование. Для обнаружения ионов железа возможно использование всех типов реакций.

Реакции ионного обмена в качественном анализе

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора щёлочи в каждую пробирку. Сравните полученные осадки $Fe(OH)_3$ и $Fe(OH)_2$, составьте уравнения обеих реакций. Растворимы ли полученные гидроксиды железа в избытке щёлочи?

Опыт 2. Действие раствора аммиака на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл разбавленного раствора гидроксида аммония в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с

осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций. Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на оба осадка: образуют ли ионы железа аммиачные комплексы?

Реакции окисления-восстановления

Опыт 3. Действие окислителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

а) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор перманганата калия, в какой из них наблюдается обесцвечивание $KMnO_4$? Запишите уравнение реакции, учитывая, что в кислой среде перманганат-ионы восстанавливаются до ионов Mn^{2+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

б) В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 2 мл раствора серной кислоты. В обе пробирки прилейте раствор бихромата калия, в какой из них наблюдается изменение окраски раствора? Запишите уравнение реакции, учитывая, что бихромат-ионы $Cr_2O_7^{2-}$ восстанавливаются до ионов Cr^{3+}, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

Опыт 4. Действие восстановителей на катионы Fe^{3+} и Fe^{2+}

В две пробирки налейте по 1 мл растворов солей Fe^{2+} и Fe^{3+}, добавьте по 1 мл раствора йодида калия. Какая из солей железа проявила окислительный свойства? Запишите уравнение реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Реакции с участием комплексных ионов

Опыт 5. Реакция ионов железа с роданидом аммония

В две пробирки налейте по 1 мл раствора $FeCl_3$ и $FeSO_4$, добавьте по 1 мл раствора роданида аммония NH_4SCN в каждую пробирку. В какой из пробирок наблюдается образование роданида железа красного цвета? Составьте уравнение реакции.

Опыт 6. Реакция ионов железа с реактивом Чугаева

В две пробирки налейте по 1 мл раствора соли железа (III) и железа (II), добавьте по 1 мл раствора аммиака и по 1 капле раствора диметилглиоксима ($C_4H_8N_2O_2$). Для какого иона железа наблюдается образование окрашенного внутрикомплексного соединения с реактивом Чугаева? Составьте уравнение реакции образования диметилглиоксимата железа [Fe $(C_4H_7O_2N_2)_2$].

Опыт 7. Берлинская лазурь и турнбуллева синь

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора жёлтой кровяной соли (гексацианоферрата (II) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок берлинской лазури имеет состав $Fe_4\,[Fe(CN)_6]_3$.

На растворы $FeCl_3$ и $FeSO_4$ подействуйте каплей раствора красной кровяной соли (гексацианоферрата (III) калия). В каком случае наблюдается выпадение синего осадка? Запишите уравнение реакции, предполагая, что выпавший осадок турнбуллевой сини

имеет состав Fe_3 [Fe $(CN)_6]_3$. Сделайте вывод, какой кровяной солью можно открыть ион Fe^{2+}, и с помощью какой обнаруживается ион Fe^{3+}.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что произойдет с зеленоватым осадком Fe $(OH)_2$ при добавлении к нему раствора перекиси водорода H_2O_2? Запишите уравнение реакции, уравняйте его методом электронно-ионного баланса.

2. Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeCl_3$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_3$) = $3{,}8 \cdot 10^{-38}$, а концентрации растворов 0,001 моль/л? Выпадет ли осадок при смешивании равных объемов растворов $FeSO_4$ и NaOH, если ПР (Fe $(OH)_2$) = $4{,}8 \cdot 10^{-16}$, а концентрации обоих растворов 0,001 моль/л?

3. Какой объём соляной кислоты с концентрацией 0,01 моль/л требуется для полного растворения осадка Fe $(OH)_3$ массой 0,5 г?

4. Реакция образования окрашенного роданида железа (опыт 3) является обратимой. Запишите выражение для константы равновесия этой реакции. Какими способами, согласно принципу Ле-Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования окрашенного продукта?

5. Запишите уравнения реакций первичной и вторичной диссоциации красной и жёлтой кровяных солей. Почему чаще всего именно цианид-ионы используются для маскирования ионов железа в растворах?

6. Подвергаются ли соли железа гидролизу? Запишите уравнения взаимодействия с водой для $FeCl_3$ и $FeSO_4$, определите тип гидролиза и кислотность среды раствора. Какую окраску приобретёт лакмус в этих растворах?

Лабораторная работа № 2
КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}**, выполняемыми пробирно, капельно, и с использованием экстракции, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Предел обнаружения – минимальная концентрация или минимальное количество вещества, которое может быть обнаружено данным методом допустимой погрешностью. Предел обнаружения в значительной степени зависит от условий протекания реакции. Обычно для обнаружения ионов применяют реакции с пределом обнаружения 10^{-7} г (0,1мкг) в 1 мл раствора.

Приемы для обеспечения низкого предела обнаружения

1. *Капельный анализ* – метод микрохимического анализа, в котором качественную реакцию проводят с использованием капли раствора. Реакции выполняют на стеклянной или фарфоровой пластинке, фильтровавальной бумаге (иногда предварительно пропитанной раствором реагента и высушенной). Пределы обнаружения веществ 0,1–0,001 мкг в капле объемом 50 мм^3. Минимальные пределы обнаружения достигаются при выполнении анализа на фильтровальной бумаге.

2. *Микрокристаллоскопический анализ* – метод анализа, основанный на реакциях образования кристаллических осадков с

характерной формой кристаллов, для рассмотрения которых используется микроскоп.

3. *Экстракция* – процесс переведения вещества из водной фазы в органическую, используется для разделения и концентрирования веществ.

4. *Флотация* – процесс разделения мелких твёрдых частиц в водной суспензии или растворе, основанный на их избирательной адсорбции на границах раздела фаз в соответствии с их смачиваемостью, используется для разделения и концентрирования.

5. *Метод «умножающихся реакций»* – ряд последовательных реакций, в результате которых получается новое вещество в количестве, во много раз превышающем первоначальное количество обнаруживаемого вещества.

6. *Каталитические реакции*.

Реакции в пробирке (в растворе)

Опыт 1. Действие щелочей на катионы Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку. Составьте уравнения реакций образования синего CoOHCl, голубого CuOHCl и зелёного NiOHCl. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком концентрированной щёлочи, составьте уравнения реакций образования гидроксидов кобальта (II), никеля (II) и меди (II).

Опыт 2. Действие раствора аммиака на Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки, запишите уравнения реакций, учитывая, что в аммиачных комплексах кобальта и никеля координационное число комплексообразователя равно шести, а медь удерживает только четыре лиганда.

Разрушаются ли полученные аммиакаты раствором кислоты?

Опыт 3. Реакции с желтой кровяной солью

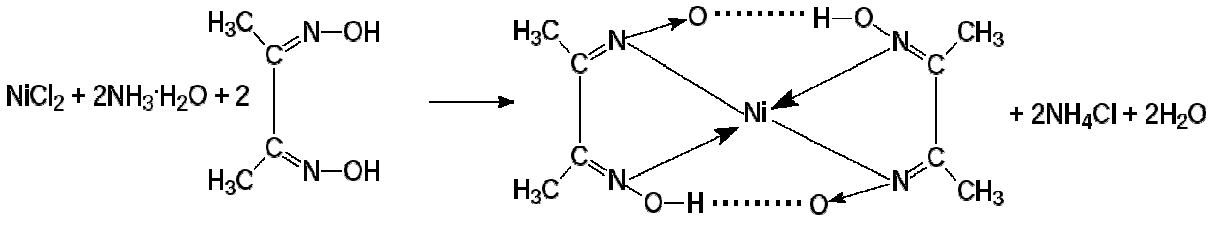
В три пробирки налейте по 1 мл растворов солей Co^{2+}, Ni^{2+} и Cu^{2+}, добавьте по 1 мл разбавленного раствора гексацианоферрата (II) калия в каждую пробирку. Что наблюдается? Составьте уравнения реакций, учитывая, что все осадки получены в результате полного ионного обмена.

Капельные реакции на фильтровальной бумаге

Опыт 4. Реакция катионов Ni^{2+} с реактивом Чугаева

На сухую фильтровальную бумагу поместите несколько капель раствора соли никеля (II), добавьте каплю раствора аммиака и каплю раствора диметилглиоксима $C_4H_8N_2O_2$ (реактив Чугаева). Сравните наблюдаемый аналитический сигнал с реакцией образования

диметилглиоксимата железа (II), выполненной в предыдущей работе. Запишите уравнение реакции



Проведите аналогичную реакцию с растворами меди (II) и кобальта (II). Какой из этих ионов может мешать определению ионов никеля и почему?

Опыт 5. Капельная реакция ионов Co^{2+}с роданидом аммония

Поместите на сухую фильтровальную бумагу несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли NH_4SCN, при необходимости добавьте ещё одну каплю раствора. Как изменилась окраска кристаллов? Составьте уравнение реакции образования комплексного соединения $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$.

Обнаружение катионов с использованием экстракции

Опыт 6. Реакция ионов Co^{2+} с роданидом аммония

Поместите в пробирку несколько капель раствора хлорида кобальта (II), добавьте кристаллы сухой соли тиоцианата (роданида) аммония. Как изменилась окраска раствора?

Чувствительность этой реакции можно повысить с помощью экстракции окрашенного комплекса $(NH_4)_2[Co(SCN)_4]$ органическим растворителем. Добавьте к полученному раствору несколько капель изоамилового спирта, взболтайте. Дождитесь разделения в пробирке водной и спиртовой фаз. Что при этом наблюдается?

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения реакций первичной и вторичной диссоциаций гексаамминкобальта (II), гексаамминникеля (II), тетраамминмеди (II). Запишите формулы для константы нестойкости.

2. Для открытия ионов Ni^{2+} с помощью диметилглиоксима при реакции на капельной пластинке предел обнаружения Ni^{2+} – 0,16 мкг; в пробирке можно обнаружить 1,4 мкг Ni^{2+} в 1 мл. Предел обнаружения можно уменьшить до 0,015 мкг, если каплю анализируемого раствора нанести на фильтровальную бумагу, пропитанную диметилглиоксимом. Если осадок диметилглиоксимата никеля (II) флотируется на границе раздела фаз «вода – изоамиловый спирт», то предел обнаружения ионов Ni^{2+} понижается до 0,002 мкг. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Ni^{2+}, открываемых каждым из способов.

3. Окисление тиосульфат-ионов ионами железа (III) ускоряется в присутствии ионов меди (каталитическая реакция). Время обесцвечивания тиоцианата железа (III) тиосульфатом натрия в отсутствие меди около двух минут. В присутствии ионов Cu^{2+} раствор тиоцианата железа (III) обесцвечивается мгновенно. Предел обнаружения меди – 0,02мкг в 1 мл. Определите минимальную молярную концентрацию ионов Cu^{2+}, соответствующую этому пределу обнаружения.

Лабораторная работа № 3

КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

Цель работы: познакомиться с качественными реакциями на ионы **$A1^{3+}$, Cr^{3+}** и **Zn^{2+}**, научиться использовать амфотерность их гидроксидов в химическом анализе, определить наиболее подходящие реакции для открытия каждого иона.

Для проведения каждой качественной реакции необходимо соблюдать определенные условия, основные из которых: *pH*-среды; температура; концентрации реагентов; присутствие определенных веществ; отсутствие мешающих ионов или веществ. Для протекания многих реакций необходима среда с определенным значением *pH* водного раствора. Значение *pH* можно контролировать с помощью индикаторов или прибора *pH*-метра. Для поддержания нужного значения *pH* при необходимости используют соответствующие буферные растворы.

Буферные растворы — это растворы, способные сохранять постоянное значение *pH* при разбавлении водой или добавлении к ним определенного количества сильных кислот или оснований. В состав буферной смеси входят в определенном количественном соотношении слабые кислоты и их соли с сильными основаниями или слабые основания и их соли с сильными кислотами.

Амфотерность гидроксидов алюминия, цинка и хрома (III) позволяет отделять их от остальных катионов действием растворов щелочей различной концентрации.

Опыт 1. Действие щелочей на катионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по несколько капель очень разбавленного раствора щёлочи в каждую пробирку до образования нерастворимых гидроксидов. Составьте уравнения реакций. Подействуйте на каждый полученный осадок избытком щёлочи до полного растворения, составьте уравнения реакций образования тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

Опыт 2. Действие раствора аммиака на ионы $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}

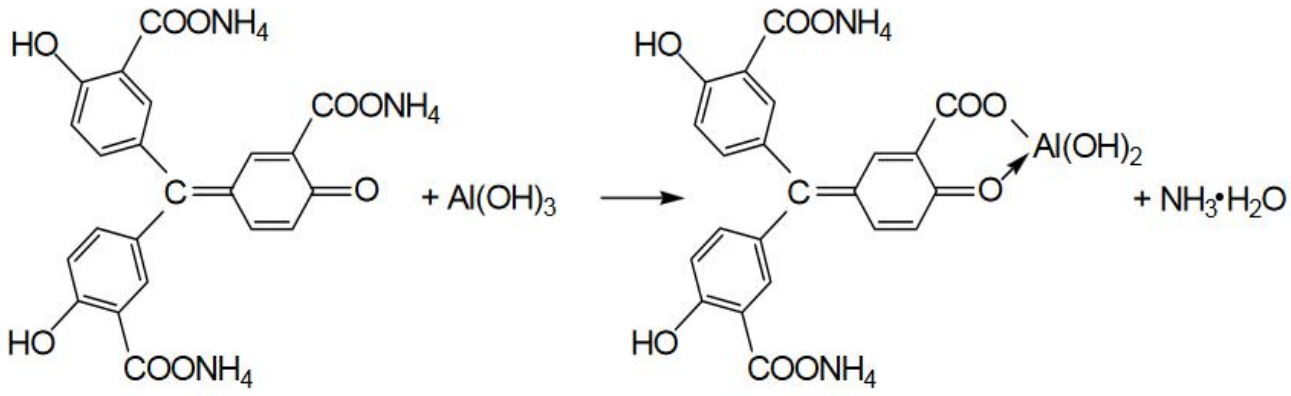
В три пробирки налейте по 1 мл растворов хлоридов алюминия, хрома и цинка, добавьте по 1 мл разбавленного раствора аммиака в каждую пробирку. Сравните полученные осадки с осадками из первого опыта. Составьте уравнения реакций образования соответствующих гидроксидов.

Проверьте действие избытка концентрированного гидроксида аммония на полученные осадки. Какие гидроксиды растворяются частично или полностью? Составьте реакцию комплексообразования, учитывая, что в образующихся аммиакатных комплексах координационное число каждого комплексообразователя вдвое больше, чем модуль его степени окисления.

Опыт 3. Реакция ионов алюминия с алюминоном

В пробирку поместите 3–4 капли раствора соли алюминия, при необходимости 2–3 капли раствора уксусной кислоты и 3–5 капель 0,01 % раствора алюминона ($C_{21}H_{11}O_9$ $(NH_4)_3$). Смесь нагрейте на

водяной бане, добавьте несколько капель раствора аммиака до щелочной реакции и выпадения красного хлопьевидного осадка алюминиевого лака.



Опыт 4. Реакция ионов цинка с желтой кровяной солью

В пробирке к 1 мл раствора $ZnCl_2$ добавьте 1 мл раствора гексацианоферрата (II) калия. Наблюдайте выпадение белого осадка $K_2Zn_3[Fe(CN)_6]_2$. Составьте уравнение этой реакции ионного обмена.

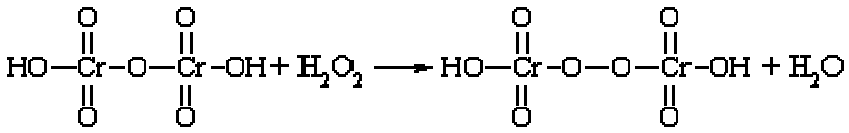
Опыт 5. Восстановительные свойства ионов хрома (III)

В пробирку поместите 2–3 капли раствора соли хрома(III), прибавьте 4–5 капель 2 моль/л раствора щёлочи NaOH до растворения осадка, и 2–3 капли 3 % раствора перекиси водорода H_2O_2. Нагревайте до изменения зеленой окраски раствора на желтую (цвет хромат-ионов CrO_4^{2-}). Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, расставьте коэффициенты методом электронно-ионного баланса.

Опыт 6. Образование надхромовой кислоты

К жёлтому раствору хромата натрия, полученному в предыдущем опыте, прибавьте 5 капель пероксида водорода H_2O_2, ~0,5 мл изоамилового спирта, тщательно перемешайте и прибавьте по каплям раствор серной кислоты (1 моль/л). Верхний органический слой окрашивается в интенсивно синий цвет за счёт экстракции образовавшейся надхромовой кислоты H_2CrO_6. Запишите уравнение реакции, протекающее через образование дихромовой кислоты и её последующее окисление перекисью водорода:

$$2Na_2CrO_4+2H_2SO_4 \rightarrow H_2Cr_2O_7+2Na_2SO_4+H_2O$$



$$H_2Cr_2O_8 + 3\ H_2O_2 \leftrightarrow 2\ H_2CrO_6 + 2\ H_2O$$

Составьте электронно-ионный баланс для этой реакции.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Составьте уравнения первичной и вторичной диссоциации солей, полученных в первом опыте: тетрагидроксоалюмината, тетрагидроксоцинката и гексагидроскохромата натрия.

2. Напишите выражение константы нестойкости для комплексных ионов тетраамминцинка и гексаамминхрома, полученных во втором опыте.

3. Напишите уравнения диссоциаций хромовой, дихромовой и надхромовой кислот.

Лабораторная работа № 4

РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Цель работы: познакомиться с разделением и идентификацией катионов методом бумажной хроматографии

Хроматография – физико–химический метод разделения веществ, основанный на использовании сорбционных процессов в динамических условиях.

Анализируемые компоненты распределяются между подвижной и неподвижной фазами. Неподвижной фазой служит твердое вещество – сорбент. Подвижной фазой является жидкость или газ, протекающий через неподвижную фазу – элюент. Элюент в процессе хроматографирования перемещается вдоль сорбента, так что частицы анализируемых веществ могут многократно переходить из подвижной фазы в неподвижную и наоборот. Разделение веществ с помощью хроматографии основано на различном сродстве разделяемых компонентов к подвижной и неподвижной фазам.

Бумажная хроматография – вид хроматографии, в котором носителем неподвижного растворителя служит очищенная от примесей фильтровальная бумага. Подвижная фаза продвигается вдоль листа бумаги, главным образом за счет капиллярных сил. Бумажная хроматография отличается простотой, экспрессностью, наглядностью разделения, высокой чувствительностью (можно определить 10–20 мкг вещества с точностью 5–7 %).

Опыт 1. Подготовка фильтровальной бумаги

Два фильтра «синяя лента» диаметром 45 мм смочите 5 %-м раствором йодида калия, опуская фильтры в раствор пинцетом. Высушите фильтры на воздухе в чашке Петри.

Опыт 2. Получение первичной осадочной хроматограммы

В центр каждого высушенного фильтра нанесите пипеткой каплю анализируемой смеси катионов Ag^+, Hg^{2+} и Pb^{2+}, после её полного впитывания нанесите еще одну, дайте ей впитаться. Катионы анализируемой смеси вступают в реакцию с KI, которым пропитан фильтр, образуя осадочную хроматограмму, зоны которой имеют цвета осадков AgJ (жёлтый), HgJ_2 (оранжевый), PbJ_2 (ярко-желтый).

Полученные хроматограммы необходимо промыть дистиллированной водой. Для промывания хроматограмм нанесите на фильтры 2–3 капли дистиллированной воды, внося каждую последующую каплю после впитывания предыдущей до увеличения размера зон в два–три раза. Высушите обе осадочные хроматограммы, заполните табл. 1, составьте уравнения реакций образования осадков.

Таблица 1

Первичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (края фильтра)		

Опыт 3. Получение проявленной осадочной хроматограммы

Анализируя первичную хроматограмму, легко определить катионы Hg^{2+} (оранжевая зона в центре) и Pb^{2+} (ярко-желтая зона по периферии). Бледно-желтая окраска AgJ либо видна плохо (из-за маскировки оранжевым HgJ_2 и ярко-желтым PbJ_2), либо не видна совсем. Для того, чтобы явно видеть зону серебра, первичную хроматограмму на одном из фильтров необходимо проявить.

Для проявления хроматограммы внесите в центр фильтра каплю раствора NaOH. При этом йодид свинца растворится в NaOH с образованием бесцветного плюмбита натрия Na_2PbO_2, йодид ртути останется неизменным, бледно-жёлтое пятно йодида серебра постепенно почернеет вследствие превращения гидроксида серебра (I) в оксид серебра (I), который затем разложится до свободного серебра.

Заполните табл. 2, составьте уравнения всех протекающих при проявке первичной хроматограммы реакций.

Таблица 2

Вторичная хроматограмма смеси катионов Ag^+, Hg^{2+}, Pb^{2+}

Зона адсорбции	Цвет зоны	Ион
1. Первая – хорошая адсорбция (в центре фильтра)		
2. Вторая – средняя адсорбция		
3. Третья – плохая адсорбция (край фильтра)		

По результатам работы сделайте вывод об эффективности метода бумажной хроматографии для дробного открытия катионов Ag^{+}, Hg^{2+}, Pb^{2+} при их совместном присутствии.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какие процессы лежат в основе хроматографического анализа?

2. Вычислите ПР йодида свинца (II), если известно, что растворимость его равна 0,03 г на 0,1 кг воды.

3. Выпадет ли осадок при взаимодействии равных объемов растворов $AgNO_3$ и KI, если концентрации обоих растворов 0,001 моль/л, а произведение растворимости йодида серебра ПР (AgI) =$8{,}3 \cdot 10^{-17}$.

4. В избытке йодида калия осадок йодида ртути (II) растворяется без изменения степеней окисления элементов с образованием комплексного соединения тетрайодомеркурата калия. Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

5. Оксид серебра (I) неустойчив на воздухе, поэтому он используется не в чистом виде, а в аммиачном растворе (реактив Толленса). При взаимодействии гидроксида аммония и оксида серебра (I) образуется гидроксид диамминсеребра (I). Составьте уравнение этой реакции, а также уравнения первичной и вторичной диссоциаций полученного соединения, запишите выражение для константы нестойкости комплексного иона.

6. Дайте определения терминам «элюент», «сорбент», «элюат», «подвижная фаза», «неподвижная фаза», «собрция», «десорбция».

Лабораторная работа № 5

ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ

Цель работы: с помощью качественных реакций определить, какая соль находится в каждой пробирке.

Ход работы

В двенадцати пронумерованных пробирках находятся следующие растворы соли:

Раствор бесцветный	**Раствор может быть окрашенным**
Хлорид аммония	Сульфат меди (II)
Хлорид кальция	Хлорид кобальта (II)
Сульфат марганца (II)	Хлорид никеля (II)
Сульфат железа (II)	Хлорид хрома (III)
Хлорид цинка	Хлорид железа (III)
Хлорид алюминия	
Нитрат свинца (II)	

После получения у преподавателя нескольких пробирок (по вариантам 3–6 шт.,) составьте в тетради таблицу для записи результатов анализа:

Качественный анализ растворов, номер (№) (запишите номера пробирок)

Испытуемый раствор	Добавленный реагент	Наблюдение	Предполагаемый состав	Вывод
Опыт № 1 «Открытие окрашенных ионов»				
№ 13	отсуствует	Раствор розовый	Ионы Co^{2+}	
№ 13	NaOH	Выпал синий осадок, при добавлении избытка щёлочи стал розовым	CoOHCl $Co(OH)_2$	В пробирке был $CoCl_2$
Опыт № 2 «Действие щелочей»				
№ 14				

Опыт 1. Открытие окрашенных ионов

Опишите внешний вид растворов, сделайте предположения, какие растворы могут быть в каждой из пробирок, занесите их в таблицу. Наиболее вероятные предположения (для окрашенных растворов) проверьте с помощью соответствующих качественных реакций, взяв для анализа небольшую порцию испытуемого раствора. Составьте уравнения реакций, сделайте выводы.

Опыт 2. Действие щелочей на испытуемые растворы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором щёлочи, добавляя его по каплям. Занесите в таблицу аналитический сигнал: выделился запах аммиака, выпал неизменяющийся осадок, выпал осадок, растворимый в избытке щёлочи или темнеющий на воздухе. Обратите внимание, что гидроксид свинца $Pb(OH)_2$ проявляет амфотерные свойства, растворяясь в избытке щелочи с образованием плюмбита Na_2PbO_2, а светло-бежевый гидроксид марганца $Mn(OH)_2$ постепенно окисляется кислородом воздуха, что выглядит как потемнение раствора на границе с воздухом:

$$2\ Mn(OH)_2 + O_2 \rightarrow 2\ MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Эту реакцию можно сделать более наглядной, ускорив процесс окисления с помощью перекиси водорода:

$$Mn(OH)_2 + H_2O_2 \rightarrow MnO_2\downarrow + 2\ H_2O.$$

Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций, для ионов Mn^{2+} кроме реакции с H_2O_2 можно использовать

ОВР с окислением марганца до розовых перманганат-ионов висмутатом натрия в сильнокислой среде:

$$2MnSO_4+5NaBiO_3+16HNO_3 \rightarrow$$

$$2HMnO_4+5Bi(NO_3)_3+NaNO_3+2Na_2SO_4+7H_2O.$$

Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 3. Действие раствора аммиака на испытуемые пробы

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), подействуйте на них разбавленным раствором аммиака. Занесите в таблицу аналитический сигнал. Сделайте предположения о том, какие катионы находятся в пробирках. Проверьте предположения с помощью качественных реакций. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

Опыт 4. Открытие неокрашенных ионов

Взяв пробы оставшихся исследуемых растворов (по 0,5 мл), проведите качественный анализ на катионы, которые остались не открытыми. Сделайте выводы, запишите уравнения выполненных реакций.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

1. Две соли окрашивают пламя в фиолетовый цвет. Одна из них бесцветна, и при лёгком нагревании её с концентрированной серной кислотой отгоняется жидкость, в которой растворяется медь; последнее превращение сопровождается выделением бурого газа. При добавлении к раствору второй соли раствора серной кислоты жёлтая окраска раствора изменяется на оранжевую, а при нейтрализации полученного раствора щёлочью восстанавливается первоначальный цвет. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

2. В двух сосудах находятся растворы неизвестных веществ. При добавлении к раствору первого вещества хлорида бария выпадает осадок белого цвета, нерастворимый в воде и кислотах. Осадок белого цвета выпадает также и при добавлении раствора нитрата серебра к пробе, отобранной из второго сосуда. При нагревании пробы первого раствора с гидроксидом натрия выделяется газ с резким запахом. При взаимодействии второго раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Напишите уравнения описанных реакций.

3. Действием концентрированной серной кислоты на белые кристаллы при нагревании получен газ. При пропускании этого газа через раствор нитрата серебра выпал белый творожистый осадок. Кристаллы окрашивают пламя спиртовки в жёлтый цвет. Какая соль была взята для реакции? Приведите её формулу и название. Запишите уравнения реакций, описанных в тексте.

4. Порошкообразное вещество белого цвета окрашивает пламя горелки в оранжево-красный цвет. При действии соляной кислоты «вскипает» с выделением тяжёлого газа без цвета и запаха. Это вещество способно растворяться в воде при одновременном пропускании избытка углекислого газа. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

5. Некоторое кристаллическое вещество, окрашивающее пламя в жёлтый цвет, хорошо растворяется в воде. При добавлении к этому раствору нитрата серебра выпадает жёлтый осадок, не растворимый в разбавленной азотной кислоте. При действии на исходный раствор бромной воды образуется коричневое окрашивание. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

6. Для определения качественного состава белый, нерастворимый в воде порошок с зеленоватым оттенком подвергли

термическому разложению, в результате которого образовалось два оксида. Один из них — порошок чёрного цвета, при добавлении к которому раствора серной кислоты и последующем нагревании образовался раствор голубого цвета. Про другой известно, что это газ тяжелее воздуха, без цвета и запаха, играющий важную роль в процессе фотосинтеза. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

7. Для проведения исследования бесцветные кристаллы соли, которые при непродолжительном нахождении на воздухе приобрели голубой цвет, нагрели до выделение бурого газа и образование чёрного порошка. При пропускании над нагретым полученным порошком водорода наблюдалось появление красного налёта простого вещества — металла. Известно, что металл, образующий катион, входит в состав многих сплавов, например бронзы. Запишите химическую формулу и название исследованной соли. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования его свойств.

8. Для изучения состава соли был взят раствор, который разделили на две части. К первой части этого раствора добавили хлорид натрия, в результате чего выпал белый осадок. При добавлении ко второй части раствора цинковой стружки образовались серые хлопья металла, катионы которого обладают дезинфицирующим свойством. Известно, что выданная соль

используется для изготовления зеркал и в фотографии, а её анион является составной частью многих минеральных удобрений. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

9. Для изучения состава соли были взяты белые кристаллы хорошо растворимого в воде вещества, которое используется в хлебопечении и кондитерской промышленности в качестве разрыхлителя теста. В результате процесса термического разложения выданной соли образовались три вещества, два из которых при обычных условиях являются газами. При нагревании соли с гидроксидом натрия образуется газ, водный раствор которого используется в медицине под названием нашатырный спирт. Запишите химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

10. Для установления качественного состава была изучена соль тяжёлого металла, оксид которого используется в производстве хрустального стекла. При термическом разложении соли образуется оксид этого металла и два газообразных вещества: одно из них — газ бурого цвета, а другое — важнейший компонент воздуха. При приливании к раствору выданной соли раствора йодида калия выпадает осадок ярко-жёлтого цвета. Запишите

химическую формулу и название вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе исследования.

11. Для определения качественного состава неизвестной соли азотной кислоты исследовали белое кристаллическое вещество. Это вещество при нагревании полностью разлагается без образования сухого остатка. При действии горячего раствора гидроксида натрия выделяется бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

12. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим веществом белого цвета. При действии на него гидроксида натрия выделяется лёгкий, бесцветный газ с резким запахом, вызывающий посинение лакмусовой бумаги. При действии на него сильной кислоты выделяется бесцветный газ без запаха, вызывающий покраснение раствора лакмуса. При приливании к раствору этого вещества раствора гидроксида кальция выделяется нерастворимый в воде осадок. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

13. Кристаллическое вещество оранжевого цвета при нагревании значительно увеличивается в объёме за счёт выделения бесцветного газа и образует твёрдое вещество тёмно-зелёного

цвета. Выделившийся газ взаимодействует с литием даже при комнатной температуре. Продукт этой реакции гидролизуется водой с образованием газа с резким запахом, способного восстановить медь из её оксида. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

14. Для исследования свойств неизвестного вещества его концентрированный раствор разделили на две части. В пробирку с одной частью раствора поместили медную проволоку. При этом наблюдалось выделение бурого газа и растворение меди. При добавлении к другой части раствора силиката натрия наблюдалось образование бесцветного студенистого осадка. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

15. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали раствор голубого цвета. При добавлении горячего раствора сильной кислоты выделился газ с резким запахом жжёной резины, окрашивающий лакмус в красный цвет. При добавлении раствора аммиака сначала выпал голубой осадок, который затем растворился в избытке аммиака с образованием фиолетового раствора. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

16. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её раствор желтоватого цвета. При добавлении раствора сильной кислоты появился резкий запах уксуса. При добавлении роданида аммония раствор приобрёл кроваво-красную окраску. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

17. Для определения качественного состава неизвестной соли исследовали её бесцветный раствор. При добавлении раствора разбавленной серной кислоты выделился газ с запахом тухлых яиц и выпал белый осадок, не растворимый в кислотах. При взаимодействии порции исходного раствора с хроматом натрия выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

18. Для определения качественного состава было выдано кристаллическое вещество — средняя соль многоосновной кислоты, катион которой не является ионом металла. При взаимодействии данного вещества с гидроксидом натрия выделяется газ с резким раздражающим запахом, а при приливании к раствору выданного вещества раствора нитрата серебра выпадает осадок жёлтого цвета. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

19. Для определения качественного состава студентам было выдано бесцветное кристаллическое вещество — соль. К одной части раствора исследуемой соли прилили раствор нитрата серебра, в результате чего выпал осадок жёлтого цвета. А при добавлении к другой части раствора карбоната натрия выпал белый осадок. Известно, что катион этой соли образован щёлочно-земельным металлом, входящим в состав костной ткани человека. Анион этой соли состоит из атомов химического элемента, образующего простое вещество, спиртовой раствор которого используется в качестве дезинфицирующего средства. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

20. При определении качественного состава неизвестного кристаллического вещества белого цвета было установлено, что его раствор взаимодействует с раствором гидроксида калия с образованием осадка. А при добавлении к раствору исследуемого вещества раствора нитрата бария выпадает осадок белого цвета, не растворимый в кислотах. Известно, что катион металла, входящий в состав данного соединения, входит в состав хлорофилла. Этот металл ранее применялся также в фотографии для получения вспышки. Запишите формулу и название этого вещества. Составьте уравнения реакций, которые были проведены в процессе его распознавания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев В. Н. Качественный химический полумикроанализ. М.: Химия. 1973. 584 с.

Глинка Н. Л. Общая химия: учебник / под ред. В. А. Попкова, А. В. Бабкова. 18-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во «Юрайт»; ИД «Юрайт», 2011. 886 с.

Гринвуд Н., Эршно А. Химия элементов (в 2 томах): учебник. Изд-во «Бином. Лаборатория знаний», 2015. 1280 с.

Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия: учебник. 5-е изд. Изд-во Книжный дом «Либроком» 2015. 592 с.

Крешков А. П. Основы аналитической химии. Ч. 1. Теоретические основы. Качественный анализ. М.: Химия. 1970. 460 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..……..…...3
Лабораторная работа № 1. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА КАТИОНЫ ЖЕЛЕЗА.....6
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ…….……9
Лабораторная работа № 2. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ Co^{2+}, Ni^{2+} И Cu^{2+}……..…….10
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…14
Лабораторная работа № 3. КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ НА ИОНЫ $A1^{3+}$, Cr^{3+}, Zn^{2+}…….…..…15
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…18
Лабораторная работа № 4. РАЗДЕЛЕНИЕ И ОБНАРУЖЕНИЕ КАТИОНОВ Ag^{+}, Pb^{2+}, Hg^{2+} МЕТОДОМ ОСАДОЧНОЙ БУМАЖНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ……..…..…..…19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ……...…22
Лабораторная работа № 5. ДРОБНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КАТИОНОВ…….…….....23
ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ «КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ В НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»……..…….…..26
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….……..……...34

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.11 ХИМИЯ, Ч.1

Часть 1

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Смирнова, Н.Б. к.х.н., Сахарова, В.М.к.х.н.

Одобрены на заседании кафедры
Химии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
д.т.н., проф. Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 09.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

С О Д Е Р Ж А Н И Е

Введение ……..….. 4
Общие правила работы в химической лаборатории ……..…… 7
Правила техники безопасности при работе с химическими реактивами ……. 7
Оказание первой медицинской помощи ……. 8
Оформление лабораторного журнала ……. 8
1. Периодичность изменения свойств оксидов и гидроксидов …….. 9
1.1. Экспериментальная часть ……. 11
1.2. Контрольные вопросы и задания ……. 12
2. Химическая кинетика …… 14
2.1. Экспериментальная часть …….. 16
2.2. Контрольные вопросы и задания …….. 18
3. Химическое равновесие …… 19
3.1. Экспериментальная часть ……. 20
3.2. Контрольные вопросы и задания ……. 21
4. Ионные равновесия в растворах электролитов ……..… 23
4.1. Экспериментальная часть …… 25
4.2. Контрольные вопросы и задания …… 26
5. Реакции ионного обмена …… 27
5.1. Экспериментальная часть …… 29
5.2. Контрольные вопросы и задания …… 31
6. Гидролиз солей …… 32
6.1. Экспериментальная часть …… 34
6.2. Контрольные вопросы и задания …… 35
Список литературы ……. 37

ВВЕДЕНИЕ

Горные инженеры, геологи и геофизики сталкиваются с самыми разнообразными явлениями природы, химическими по своей сущности: быстрой выветриваемостью, окисляемостью, различной смачиваемостью горных пород, с особенностями воздушной среды под землей, с обводненностью горных выработок, агрессивностью рудничных вод. Поэтому им требуются более глубокие знания по химии, чем любому другому специалисту. Инженеры горнодобывающей отрасли способны справиться с современными задачами горно-металлургической и горно-химической промышленности только зная весь путь от разведки полезного ископаемого до его переработки. Физико-химическая некомпетентность горных инженеров и геологов является причиной недостатков в развитии горной науки, техники и технологии, бедственного экологического положения горных предприятий.

Роль химии в подготовке инженеров непрерывно возрастает в связи с необходимостью решения задач по снижению уровня потерь полезных компонентов и увеличению комплексности использования руд, рациональному применению вскрышных пород, очистке и использованию шахтных вод и сточных вод обогатительных фабрик, защите от коррозии бурового и горнодобывающего оборудования, заблаговременной дегазации угольных месторождений, применению физико-химических методов упрочнения грунтов, геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых.

В горном деле широко применяются химические материалы: химические растворы при бурении и тампонаже скважин, взрывчатые вещества при отбойке угля, руды и породы, химические добавки, препятствующие распыление угля и налипанию льда на конвейерную ленту, материалы для покрытия из пены, предохраняющей от промерзания участка разработки, компоненты для отвердевания закладочных смесей, огнетушащие составы, синтетические смолы для укрепления горных пород, реагенты для флотации и обогащения руд и большой ассортимент таких обычных химикатов как горючие и смазочные материалы, цемент, стекло, керамика, гидро-, термо- и электроизоляционные материалы, лаки, краски, пластмассы, резина.

Еще благодаря усилиям Д.И. Менделеева, химию, как одну из фундаментальных дисциплин, стали преподавать во всех высших школах России. Химия вместе с физикой и математикой составляет основу профессиональной подготовки специалистов высокой квалификации.

Будущие специалисты должны получить такой комплекс знаний по химии, который составит базу для успешного освоения последующих дисциплин и правильного использования материалов, применяемых в технике.

Теоретические разделы химии, такие как строение электронных оболочек атомов, основные виды химических связей, химическая кинетика и равновесие, окислительно-восстановительные потенциалы, водородный показатель, произведение растворимости, свойства комплексных соединений, позволяет правильно ориентироваться в вопросах, связанных непосредственно со свойствами и превращениями минералов и горных пород.

Горные породы и руды состоят из минералов. К минералам относят природные химические соединения. Неорганические минералы подразделяются на минеральные типы, названия которым присваиваются согласно классификации неорганических веществ и их номенклатуре. По химическому составу минералы подразделяют на:

а) простые вещества (металлы, неметаллы),

б) карбиды, нитриды, фосфиды, сульфиды, арсениды, селениды, оксиды, гидроксиды, галогениды и др.,

в) соли кислородержащих кислот (силикаты, фосфаты, арсенаты, ванадаты, бораты, карбонаты, сульфаты, нитраты, вольфраматы, молибдаты, хроматы, иодаты и др.).

Основа химической н о м е н к л а т у р ы - русские названия химических элементов, приведенные в периодической системе Д.И. Менделеева, которые не всегда совпадают с латинскими названиями, например, гидрогениум - водород, оксигениум - кислород.

К неметаллам относят:

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, F, Cl, Br, J, At, O, S, Se, Te, N, P, As, C, Si, B, H, остальные элементы - металлы.

Названия простых веществ состоят их одного слова - наименования химического элемента с числовой приставкой, например: O_3 - трикислород, P_4 - тетрафосфор, S_8 - октасера.

Используют также числовые приставки:

1 - моно	7 - гепта
2 - ди	8 - окта
3 - три	9 - нона
4 - тетра	10 - дека
5 - пента	11 - ундека
6 - гекса	12 - додека

В химических формулах сложных вещество на первом месте (слева) всегда записывают формульные обозначения электроположительных составляющих, а за ними указывают формульные обозначения электроотрицательных составляющих. Например, PCl_3.

Названия сложных веществ составляются по их химических формулам справа налево. Они складываются из двух слов - названий электроотрицательных составляющих (условных или реальных катионов) в именительном падеже и электроположительных составляющих (условных или реальных катионов) в родительном падеже, например: PCl_3 - трихлорид фосфора, CO - монооксид углерода.

Названия одноэлементных анионов оканчивается на -ид, а названия многоэлементных анионов - на -ат.

Для построения названий сложных веществ используются корни (иногда усеченные) русских названий элементов, например, бериллий - бериллат, молибден - молибдат, фосфор - фосфид и фосфат. Традиционно применяются корни латинских названий для элементов: серебро, мышьяк, золото, углерод, медь, железо, ртуть, марганец, азот, никель, свинец, сера, сурьма, кремний, олово:

Ag - аргентат	N - нитрид, нитрат
As - арседид, арсенат	Ni - николат
Au – аурат	Pb - плюмбат
C - карбид, карбонат	S - сульфид, сульфат
Cu - купрат	Sb - стибид (антимонид), стибат
Fe - феррат	Si - силицид, силикат
Hg – меркурат	Sn - станнат
Mn - манганат	

В названиях сложных веществ употребляются как числовые приставки, так и степени окисления катиона (обычно металлического) при точно известном заряде аниона, например, P_4O_{10} - декаоксид тетрафосфора, V_2O_5 - оксид ванадия (V), $Bi(OH)_3$ - гидроксид висмута (III).

Названия кислот и кислотных остатков приводятся в учебном пособии [1]. Названия кислотных остатков используют построении названий солей. Соли - продукты реакций нейтрализации. Соли, содержащие кислотные остатки с незамещенными атомами водорода, - к и с л ы е соли. Соли, содержащие гидроксид-ионы, называют о с н о в н ы м и солями.

$Ca(H_2PO_4)_2$ - дигидрофосфат кальция

$KHSO_4$ - гидросульфат калия

$FeOH(NO_3)_2$ - гидроксонитрат железа (III)

$(CaOH)_2SO_4$ - гидроксосульфат кобальта (II)

$Cu_2CO_3(OH)_2$ - дигидроксид-карбонат димеди

Если соли содержат два разных катиона, то их называют д в о й н ы м и.

$KAl(SO_4)_2$ - сульфат алюминия-калия

$CaMg(CO_3)_2$ - карбонат магния-кальция

ОБЩИЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Прежде чем приступить к работе по данной теме, следует изучить ее по описанию, уяснить цель задания и план его выполнения.

Не загромождайте рабочее место портфелями, свертками, сумками, перчатками и т.п. Для них отведены специальные этажерки. На рабочем столе должны находиться только необходимые приборы и лабораторный журнал.

Работайте тщательно, аккуратно, без лишней торопливости, соблюдайте в лаборатории тишину.

Внимательно наблюдайте за ходом опыта, отмечая и записывая каждую его особенность.

Категорически запрещается в лаборатории принимать пищу, пробовать химические вещества на вкус.

Без указания преподавателя не проводите никаких дополнительных опытов.

После окончания работы вымойте использованную посуду, выключите воду, электрические приборы и приведите в порядок рабочее место.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С ХИМИЧЕСКИМИ РЕАКТИВАМИ

Для выполнения работ в лаборатории имеется определенный набор химических реактивов, часть которых размещается на лабораторных столах (водные растворы солей), а остальные - концентрированные и разбавленные кислоты и щелочи, сухие соли, дурно пахнущие вещества - в вытяжных шкафах.

При использовании реактивов следует соблюдать следующие правила:

1. Не разрешается уносить реактивы из вытяжного шкафа на рабочее

место.

2. Сухие реактивы набирают чистым шпателем или ложечкой.

3. Для проведения опыта в пробирке брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствора - не более 1/6 ее объема.

4. Избыток реактива нельзя высыпать (выливать) обратно в те склянки, из которых они были взяты.

5. Не следует путать пробирки от разных склянок. Крышки и пробки кладут на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.

6. При нагревании растворов в пробирке держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему месту.

7. При разбавлении концентрированных кислот вливать кислоту в воду, а не наоборот.

8. Остатки растворов, содержащих кусочки металлов, собирают в специальные склянки, находящиеся в вытяжных шкафах.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

При порезах стеклом удаляют осколки из раны, смазывают края раны раствором йода и перевязывают бинтом.

При ожоге горячей жидкостью или горячим предметом обожженное место обрабатывают раствором перманганата калия, накладывают мазь от ожога.

При ожогах кислотами сразу промывают обожженное место большим количеством воды, а затем 3%-ным раствором гидрокарбоната натрия.

При ожогах едкими щелочами хорошо и обильно промыть обожженное место проточной водой, затем разбавленным раствором уксусной кислоты и опять водой.

При попадании кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть глаза в течение трех минут большим количеством воды, а затем раствором гидрокарбоната натрия или борной кислоты.

ОФОРМЛЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО ЖУРНАЛА

Каждый студент должен иметь лабораторный журнал - отдельную тетрадь для записей.

В лабораторном журнале студент выполняет отчеты по лаборатор-

ным работам, домашние задания, решает задачи, отвечает на контрольные вопросы.

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе студент заносит в лабораторный журнал непосредственно после выполнения опыта.

Отчеты по выполненным лабораторным работам должны содержать:

1) название лабораторной работы,
2) названия всех проделанных опытов,
3) после названия опыта записывается уравнение проделанной реакции, в котором указываются осадки (↓) и их окраска, газы (↑), изменения окраски растворов,
4) задания, указанные в методическом руководстве,
5) выводы по каждому опыту и общий вывод по работе.

1. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ОКСИДОВ И ГИДРОКСИДОВ

Цель работы - изучение изменения кислотно-основных свойств гидроксидов в периодах и группах периодической системы Д.И. Менделеева.

Периодическая система Д.И. Менделеева - естественная система химических элементов, созданная на основе периодического закона.

Положение элемента в периодической системе определяет физико-химические свойства соответствующих им простых веществ и химических соединений.

Периодичность свойств химических соединений удобно проследить на примере оксидов и гидроксидов. Оксиды и гидроксиды относятся к основным породообразующим минералам, они широко распространены и составляют 17% от массы земной коры.

В табл.1.1. приведены наиболее часто встречающиеся реакции взаимодействия оксидов и гидроксидов с водой.

Кислотно-основные свойства соединений можно объяснить на основе электростатических представлений. Ослабление основных и усиление кислотных свойств гидроксидов связано с изменением поляризующего действия элемента, образующего гидроксид, на группу OH^-. Поляризующее действие катиона сильно зависит от его строения и может быть охарактеризовано следующими закономерностями:

1) Поляризующее действие иона очень быстро возрастает с увеличением его заряда;

Таблица 1.1

Кислотно-основные реакции оксидов и гидроксидов

Тип оксида (гидроксида)	Типичная реакция
Сильно - кислый	$SO_{3(г)} + H_2O = SO_4^{2-}(р) + 2H^+(р)$
Слабо - кислый	$CO_2 + H_2O \Leftrightarrow HCO_3^-(р) + H^+(р)$
Амфотерный	$Zn(OH)_{2(к)} \Rightarrow \left\vert \begin{array}{l} \xrightarrow{H^+(р)} \quad Zn^{2+}(р) + H_2O \\ \xrightarrow{OH^-(р)} \quad [Zn(OH)_4]^{2-}(р) \end{array} \right.$
Слабо - основной	$Fe(OH)_{2(к)} \Leftrightarrow FeOH^+(р) + OH^-(р)$
Сильно - основной	$Li_2O_3 + H_2O = 2Li^+(р) + 2OH^-(р)$

2) большое значение имеет строение внешней электронной оболочки, по этому признаку катионы разделяются на ионы с незаконченным внешним слоем, переходным от 8-электронного и 18-электронному (Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}) и ионы с 18-электронным внешним слоем (Zn^{2+}, Ag^+);

3) при сходном строении внешней электронной оболочки и равном заряде поляризующее действие иона возрастает по мере уменьшения его радиуса.

Итак, ослабление основных и усиление кислотных свойств гидрооки-сей связано с увеличением поляризующего действия катиона, т.е. с убыванием его радиуса и возрастанием положительной степени окисления, а также с увеличением числа внешних электронов. Например, если катион имеет малый заряд сравнительно большой радиус, его электростатическое притяжение к группе OH^- невелико и OH^- выступает в гидроксиде как единое целое. Поэтому типичными основаниями являются гидроксиды элементов, находящихся в главных подгруппах I и II групп периодической системы (KOH, NaOH), а также NH_4OH.

По мере увеличения поляризующего действия катиона возрастает ковалентность связей элемент-кислород и усиливается ионный характер связей О ─ Н. Основные свойства гидроксидов ослабляются и появляются кислотные свойства. Из элементов II группы бериллий и цинк дают амфо-

дают атмосферные гидроксиды, в (III) группе амфотерны гидроксиды алюминия, галлия, индия. Амфотерность характерна для большинства элементов четвертой группы периодической системы.

Когда катион имеет большой положительный заряд и малый радиус (что типично для неметаллов), усиление его поляризующего действия приводит к тому, что водород становится подвижным и преобладает диссоциация по кислотному типу. Среди элементов третьей группы гидроксид бора - типичная кислота. В четвертой группе кислотами являются гидроксиды углерода и кремния, однако, эти кислоты еще очень слабые. Гидроксиды многих элементов с максимальной степенью окисления пятой, шестой, седьмой групп - сильные кислоты.

Способность веществ к взаимодействию определяется изменением изобарно-изотермического потенциала (ΔG) химической реакции. Чем меньше алгебраическая величина энергии Гиббса химического процесса, тем больше вероятность ее протекания в данном направлении.

$2Al(OH)_{3(к)} + Na_2O_{(к)} = 2NaAlO_{2(к)} + 3H_2O$; ΔG^0_{298} = - 153 кДж/моль

$2H_3BO_{3(к)} + Na_2O_{(к)} = 2NaBO_{2(к)} + 3H_2O$; ΔG^0_{298} = - 277 кДж/моль

Увеличение отрицательного значения ΔG^0_{298} свидетельствует об усилении кислотных свойств гидроксида бора H_3BO_3.

1.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Гидроксиды магния и кальция

Поместите в пробирку небольшое количество оксида магния или кальция и прибавьте 5 мл воды. Взболтайте содержимое пробирки и испытайте реакцию среды 1-2 каплями фенолфталеина. Составьте уравнение реакции взаимодействия оксида с водой. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 2. Получение и свойства гидроксида алюминия

В пробирку налейте 2 мл раствора соли алюминия и прибавьте примерно такой же объем раствора гидроксида аммония. Содержимое пробирки распределите в две пробирки. В одну из пробирок при взбалтывании прилейте по каплям разбавленный раствор серной кислоты до полного рас-

творения осадка. Во вторую пробирку прилейте разбавленный раствор гидроксида натрия также до полного растворения осадка. Составить уравнение реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида алюминия.

ОПЫТ 3. Двуокись углерода

Налейте в пробирку несколько мл воды и прибавьте 1-2 капли индикатора. Пропустите из аппарата Киппа в воду двуокись углерода до изменения окраски индикатора. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 4. Гидроксид кремния

В пробирку поместите раствор силиката натрия и пропустите через него углекислый газ из аппарата Киппа, при этом наблюдайте образование осадка гидроксида кремния. Напишите уравнение реакции. Сделайте вывод о кислотно-основном характере гидроксида кремния.

ОПЫТ 5. Оксид фосфора (V)

В пробирку поместите немного фосфорного ангидрида и добавьте несколько мл воды. Наблюдайте растворение, встряхивая пробирку. Испытайте реакцию среды индикаторами. Составьте уравнение реакции. Сделайте вывод о характере гидроксида.

ОПЫТ 6. Гидроксиды олова (II) и свинца (II)

а) Налейте в пробирку 2 мл раствора хлорида олова. Добавьте по каплям разбавленный раствор щелочи до образования осадка. Содержимое пробирки разделите на две части. Подействовать на одну концентрированным раствором щелочи, а на другую - соляной кислотой. Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида олова.

б) Такой же опыт проделать с раствором соли азотнокислого свинца. На полученный гидроксид свинца подействовать азотной кислотой и щелочью. Почему для растворения гидроокиси свинца нельзя воспользоваться соляной или серной кислотами? Составьте уравнения реакций. Сделайте вывод о характере гидроксида свинца.

1.2. Контрольные вопросы и задания

1. Сравнив результаты опытов, сделайте вывод, как изменяется характер гидроксидов элементов: Mg, Al, Si, P в третьем периоде слева

направо. Чем объясняется это изменение характера гидроксидов? Как оно связано с изменением металлических свойств элементов?

2. По результатам опытов сделайте вывод об изменении кислотно-основных свойств гидроксидов элементов: C, Si, Sn, Pb в главных подгруппах сверху вниз. Как увязать такое изменение характера гидроксидов с возрастанием порядкового номера элемента и изменением металлических свойств элементов?

3. Запишите кислородные соединения марганца со степенями окисления II, IV, VI, VII и покажите, как с увеличением степени окисления изменяется характер оксидов и соответствующих им гидроксидов.

4. Укажите, какая из сравниваемых двух кислот H_2SO_3 или H_2SO_4 является более сильной и как объяснить такое явление.

5. Какой из галогенов имеет наибольшее сродство к натрию, если энергия Гиббса для галогенидов натрия имеет следующую величину (кДж/моль): ΔG^0_{298} NaJ = - 237.2,

ΔG^0_{298} NaBr = -347.7,

ΔG^0_{298} NaCl = -384.0,

ΔG^0_{298} NaF = -541.0.

6. $MgO_{(к)} + CO_{2(г)} = MgCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -65.1 кДж/моль

$BaO_{(к)} + CO_{2(г)} = BaCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -217.4 кДж/моль

$CaO_{(к)} + CO_{2(г)} = CaCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -131.9 кДж/моль

$SrO_{(к)} + CO_{2(г)} = SrCO_{3(к)}$; ΔG^0_{298} = -183.6 кДж/моль.

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значением ΔG^0_{298} образования рассматриваемых карбонатов из оксидов?

7. Как изменяется сила кислот в ряду H_2SO_4 - H_2SeO_4 - H_2TeO_4 ?

8. $6Na_2O(к) + P_4O_{10}(к) = 4Na_3PO_4(к)$ ΔG^0_{298} = - 378 кДж/моль

$Na_2O(к) + Al_2O_3(к) = 2NaAlO_2(к)$ ΔG^0_{298} = - 173.2 кДж/моль

$Na_2O(к) + SO_3(г) = Na_2SO_4(к)$ ΔG^0_{298} = - 522.1 кДж/моль

$Na_2O(к) + SiO_2(к) = Na_2SiO_3(к)$ ΔG^0_{298} = - 194.5 кДж/моль

$Na_2O(к) + Cl_2I_7(г) = 2NaClO_4(к)$ ΔG^0_{298} = -587.0 кДж/моль

Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов (расположите их в ряд) и как это согласуется со значениями ΔG^0_{298} образования рассматриваемых солей из оксидов?

9. Укажите, какое из рассматриваемых двух соединений является более сильным основанием: а) гидроксид натрия или гидроксид цезия; б) гидроксид бария или гидроксид кальция? Объясните это изменение характера гидроксидов, исходя из расположения элементов в таблице Д.И. Менделеева.

2. ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА

Ц е л ь р а б о т ы - изучение скорости химической реакции и ее зависимости от концентрации и температуры.

Раздел химии, изучающей скорость химических реакций, называется химической кинетикой.

Скорость химической реакции - это изменение концентрации реагирующих веществ в единицу времени. Зависимость скорости химической реакции выражается законом действующих масс: при постоянной температуре скорость химической реакции прямо пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, взятых в степенях, равных стехиометрическим коэффициентам в уравнении реакции.

Для реакции aА + bВ = cС + dД скорость выразится уравнением:

$$v = k\cdot[\text{A}]^a \cdot [\text{B}]^b \qquad \text{(для гомогенной системы)},$$

где v - скорость реакции;

[А], [В] - молярные концентрации реагирующих веществ;

k - константа скорости реакции

(при [А] = [В] = 1 моль/л, k численно равна v).

Для реакции $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$ выражение скорости имеет следующий вид:

$$v = k\cdot[\text{NO}]^2\cdot[\text{O}_2].$$

Гомогенная система состоит из одной фазы - между реагентами нет поверхности раздела. Гетерогенная система состоит из двух и более фаз. Реакция в гетерогенной системе осуществляется на поверхности раздела фаз. Скорость гетерогенной реакции не зависит от площади поверхности раздела фаз, так же как скорость гомогенной реакции не зависит от объема системы.

Концентрация твердого вещества принимается за единицу.

Зависимость скорости химической реакции от температуры описывается экспериментально найденным уравнением Вант-Гоффа:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где v_{t_1}, v_{t_2} - скорость реакции при температурах соответственно t_1 и t_2;

γ - температурный коэффициент скорости реакции,
равный обычно 2-4.

Эта зависимость может быть выражена в виде следующего правила: при увеличении температуры на каждые 10° скорость химической реакции увеличивается в 2-4 раза.

Зависимость скорости реакции от температуры более точно может быть выражена уравнением Аррениуса:

$$k = c \cdot e^{-\frac{E_{\text{акт}}}{RT}},$$

где k - константа скорости реакции;

c - постоянная;

$E_{\text{акт}}$ - энергия активации;

R - универсальная газовая постоянная (8.31 Дж/моль ·К);

T - абсолютная температура.

Из уравнения Аррениуса следует, что скорость реакции с повышением температуры увеличивается по закону экспоненты, однако интенсивность теплоотвода в конкретных условиях реакции может возрастать только линейно. В этом случае возможен скачкообразный переход от стационарного режима к нестационарному, быстрое ускорение - самовоспламенение, или цепной взрыв. По такому механизму происходят взрывы метана и угольной пыли в шахтах. Например, при повышении концентрации метана на несколько процентов достигается нижний предел взрываемости метана в воздухе, в тысячи раз ускоряется реакция окисления метана кислородом воздуха $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O + Q$. Концентрационные пределы взрываемости метана в воздухе от 5 до 15% по объему.

Одним из направлений в решении проблемы предупреждения взры-

вов метана и угольной пыли в шахтах, опасных по газу и пыли, является применение способов взрывозащиты, основанных на использовании распыленной воды или специальных химических соединений, которые играют роль отрицательных катализаторов (ингибиторов), теплопоглотителей в реакциях окисления углеводородов. Такие вещества носят общее название флегматизаторов горения. Этим свойством обладают гидрокарбонаты натрия и калия, гидрофосфаты аммония, бура и др.

2.1. Экспериментальная часть.

ОПЫТ 1. Зависимость скорости химической реакции от концентрации реагирующих веществ.

Соли тиосерной кислоты устойчивы в твердом состоянии и в растворе. Тиосерная кислота неустойчива и при получении распадается самопроизвольно по реакции

$$Na_2S_2O_3 + H_2SO_4 = H_2SO_3 + S + Na_2SO_4$$

с образованием сернистой кислоты и свободной серы.

Постановка опыта основывается на следующем: в результате реакции между серной кислотой и тиосульфатом натрия образуется сера, выделяющаяся в виде белой мути. Время от начала реакции до момента появления мути зависит от скорости этой реакции.

В три пробирки налить по 6 мл раствора серной кислоты.

В первую пробирку влить 6 мл раствора $Na_2S_2O_3$, быстро перемешать ее содержимое и одновременно включить секундомер. Отсчитать время (τ) до начала появления белой мути - коллоидной серы.

Во вторую пробирку влить смесь 4 мл раствора тиосульфата натрия и 2 мл воды. Наблюдать, через сколько секунд растворы сделаются мутными.

Результаты наблюдений записать по следующей форме, выразив значения скоростей реакций в условных единицах (десятичных дробях!) в виде $v = 1/\tau$, где τ - время в секундах.

Относительная концентрация раствора тиосульфата натрия записана в условных единицах $C_{Na_2S_2O_3} = v_{Na_2S_2O_3} / V_{\text{раствора}}$, где $V_{\text{раствора}}$ - общий объем раствора 12 мл. Тогда для первого случая $C_{Na_2S_2O_3}$ 50%, для второго - 33% и третьего - 17%, что соответствует значениям 3а, 2в, а.

№ опыта	Объем в мл			Относит. концентр. $C_{Na_2S_2O_3}$	Время до появления мути, τ	$v = \frac{1}{\tau}$
	раствора H_2SO_4	раствора $Na_2S_2O_3$	H_2O			
1	6	6	0	3а		
2	6	4	2	2а		
3	6	2	4	а		

Результаты измерений необходимо представить в виде графика. На ось абсцисс наносят значения относительных концентраций в виде трех точек, отстоящих от начала координат на а, 2а, 3а, где а - произвольно выбранный отрезок. Из каждой точки восстанавливается перпендикуляр, длина которого соответствует значениям скоростей реакции в условных единицах. Далее следует обдумать, каким образом, пользуясь верхними концами этих перпендикуляров, провести линию, характеризующую зависимость скорости реакции от концентрации. Подсказкой будет служить математическое выражение для скорости изучаемой реакции, которое нужно записать согласно закону действия масс.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от концентрации реагирующих веществ.

ОПЫТ 2. Зависимость скорости реакции от температуры опыта

Налить в одну пробирку 5 мл раствора $Na_2S_2O_3$, а другую - 5 мл раствора H_2SO_4. Обе пробирки поместить в стакан с водопроводной водой. Спустя 5-7 минут измерить температуру воды и слить вместе содержимое обеих пробирок. Измерить время появится помутнение.

В две другие пробирки налить по 5 мл тех же растворов. Поместить пробирки в стакан с водой, нагретой на 10° выше, чем в предыдущем опыте. Через 5-7 минут слить содержимое пробирок. Измерить время до появления мути.

Повторить опыт, повысив температуру еще на 10°.

Результаты наблюдений выразить в виде графика, откладывая по оси абсцисс температуру опыта, по оси ординат - относительную скорость реакции.

Сделать вывод о зависимости скорости реакции от температуры.

2.2. Контрольные вопросы и задания.

1. Реакция в водном растворе выражается уравнением:

$$2KI + K_2S_2O_8 = 2K_2SO_4 + I_2.$$

Как изменится скорость этой реакции при разбавлении реагирующей смеси в 2 раза?

2. Записать математические выражения для скорости следующих газовых реакций

а) $CH_3CHO = CH_4 + CO$, в) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$,
б) $2N_2O = 2N_2 + O_2$, г) $SO_2 + 2H_2 = S + 2H_2O$.

Предсказать изменение скорости этих реакций при увеличении концентрации каждого из реагирующих веществ в 2 раза.

3. Записать выражения для скорости реакций

а) $MgCO_3 = MgO + CO_2$, в) $CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2CO_3$,
б) $2N_2O = 2N_2 + O_2$, г) $2Zn + O_2 = 2ZnO$.

Как изменится скорость вышеуказанных реакций, если:
а) увеличить концентрацию исходных веществ в 2 раза;
б) увеличить давление в 2 раза.

4. Срок хранения флотационного реагента, поступившего на обогатительную фабрику, согласно техническим условиям составляет при температуре 20°С 2 месяца. Воспользовавшись правилом Вант-Гоффа, рассчитать срок годности этого флотореагента, если на складе фабрики поддерживается 0°С, а температурный коэффициент скорости разложения равен 2.

5. Во сколько раз изменится скорость реакции

$$2NO + O_2 = 2NO_2,$$

если концентрация оксида азота уменьшится в 2 раза, а концентрация кислорода увеличивается в 2 раза?

6. Реакция протекает по уравнению

$$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + H_2O,$$

концентрацию CH_3COOH увеличили от 0.3 до 0.45 моль/л, а концентрацию C_2H_5OH увеличили от 0.4 до 0.8 моль/л. Во сколько раз возросла скорость прямой реакции?

7. Кальцинированная сода (безводная Na_2CO_3) используется в виде раствора в качестве регулятора щелочности флотационного процесса. При температуре 55°С сода растворяется в 6 раз быстрее, чем при 15°. Рассчитать температурный коэффициент скорости растворения соды.

8. Для приготовления раствора силиката натрия требуемой плотности, использующегося в качестве подавителя пустой породы, твердые прозрачные куски силикат-глыбы Na_2SiO_3 загружают в воду: нагревают до 95° и ведут перемешивание в течение четырех часов. Какой срок потребуется для получения раствора необходимой концентрации, если поддерживать температуру 90° ($\gamma = 2$)?

3. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение влияния концентрации на сдвиг химического равновесия.

Многие реакции идут не до исчезновения исходных веществ, а до состояния, не изменяющегося во временя, когда в реакционной смеси можно обнаружить как исходные вещества, так и продукты реакции. Такое состояние системы называется химическим равновесием.

С термодинамической точки зрения состояние равновесия характеризуются тем, что система достигает минимального значения энергии Гиббса (при заданных температуре, давлении и общем составе).

С кинетической точки зрения при равновесии скорости процессов образования продуктов реакции из исходных веществ и исходных веществ из продуктов выравниваются. Скорость достижения равновесия в зависимости от природы процесса, условий, а также наличия подходящих катализаторов может варьировать от малых долей секунды до веков и тысячелетий.

Если равновесие достигнуто, то для реакции

$$aA + bB \Leftrightarrow cC + dД \qquad \text{величина} \quad K_p = \frac{[C]^c \cdot [Д]^d}{[A]^a \cdot [B]^b},$$

называемая константой равновесия, принимает определенное значение. Константа равновесия зависит от температуры, но не зависит от конкретных количеств реагентов и порядка их взаимодействия.

Изменение равновесных концентраций при внешнем воздействии называется с м е щ е н и е м х и м и ч е с к о г о р а в н о в е с и я .

Основным законом, управляющим смещением равновесия, служит принцип Ле-Шателье: «Если на систему, находящуюся в равновесии, оказывается внешнее воздействие, то равновесие смещается в сторону, указываемую воздействием, до тех пор, пока нарастающее в системе противодействие не станет равно оказанному воздействию».

Внешним воздействием, смещающим равновесие, может быть изменение температуры, давления, концентрации одного или нескольких веществ, участвующих в реакции. «Смещение равновесия в сторону, указанную воздействием» означает, что при повышении давления преимущество получает процесс, ведущий к уменьшению объема, т.е. к тому же результату, что и само воздействие. Нагревание ведет к увеличению роли эндотермического прочеса, т.е. процесса, увеличивающего запас энергии в системе (эндотермические реакции идут с поглощением тепла, а экзотермические - с его выделением).

Увеличение концентрации одного из веществ приводит к смещению равновесия в сторону расходования этого вещества.

3.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Влияние концентрации веществ на смещение химического равновесия.

Реакция между хлоридом железа и тиоцианатом аммония протекает по уравнению:

$$FeCl_3 + 3NH_4NCS \leftrightarrow Fe(NCS)_3 + 3NH_4Cl$$

Красная окраска образовавшегося раствора обусловлена содержанием в нем тиоционата (роданида) железа. По изменению интенсивности этой окраски можно судить о направлении смещения равновесия при изменении концентрации какого-либо реагирующего вещества.

В одной пробирке приготовить смесь (по 4 мл) разбавленных растворов $FeCl_3$ и NH_4NCS . Полученный окрашенный раствор разлить поровну в 4 пробирки.

В первую пробирку добавить 2 капли насыщенного раствора $FeCl_3$. Во вторую пробирку добавить несколько кристалликов NH_4NCS (или KNCS). В третью пробирку всыпать немного твердой соли NH_4Cl (или KCl). Четвертую пробирку оставить для сравнения.

Записать уравнение химической реакции и выражение для константы

равновесия. Сделать выводы о влиянии концентрации веществ на смещение химического равновесия с использованием принципа Ле-Шателье.

Форма записи

Что добавлено	Изменение интенсивности окраски	Смещение равновесия
1. $FeCl_3$ 2. NH_4NCS 3. NH_4Cl	более интенсивная ……... ……	вправо …… …….

3.2. Контрольные вопросы и задания

1. К гомогенных химических системах при постоянных давлении и температуре установилось состояние равновесия:

$2H_2S + 3O_2 \leftrightarrow 2SO_2 + 2H_2O$, $K = 3 \cdot 10^5$;

$2CH_4 + 3O_2 + 2NH_3 \leftrightarrow 2HCN + 6H_2O$, $K = 1$;

$4NH_3 + 5O_2 \leftrightarrow 4NO + 6H_2O$, $K = 0.008$;

$H_2 + Cl_2 \leftrightarrow 2HCl$, $K = 24.3$.

По данным значениям констант равновесия укажите, реагенты или продукты будут преобладать в равновесной смеси веществ. На основании закона действующих масс составьте выражения для констант равновесия.

2. В гетерогенных химических системах установилось состояние равновесия:

$Si(к) + 2H2O(г) \leftrightarrow SiO_{2(к)} + 2H_{2(г)}$;

$Mg_3N_{2(к)} + 6H_2O_{(г)} \leftrightarrow 3Mg(OH)_{2(к)} + 2NH_{3(г)}$;

$CS_{2(г)} + 2Cl_{2(г)} \leftrightarrow CCl_{4(г)} + 2S_{(к)}$;

$2NO_{2(г)} + 2S_{(к)} \leftrightarrow N_{2(г)} + 2SO_{2(г)}$;

$10NO_{(г)} + P_{4(г)} \leftrightarrow 5N_{2(г)} + P_4O_{10(к)}$;

$TiO_{2(к)} + 2C_{(к)} + 2Cl_{2(г)} \leftrightarrow TiCl_{4(г)} + 2CO_{(г)}$.

На основании закона действующих масс составьте выражения для

констант равновесия.

3. За последние 100 лет количество углекислого газа, поступающее за счет сжигания ископаемого топлива, возросло в 50 раз, а парциальное давление CO_2 в атмосфере за это же время увеличилось в 1.2 раза. Объясните это соотношение, допустив, что CO_2 поглощается океаном:
$CO_{2(г)} + H_2O_{(ж)} \leftrightarrow H_2CO_{3(р)}$.

4. Рассчитать равновесный выход диоксида серы в реакциях окислительного обжига сульфидных минералов - пирита, молебденита, пирротина, если в состоянии равновесия количество SO_2 равно 0.4 моль, а начальный объем O_2 составлял 33.6 л (н.у.):

$$4FeS_{2(к)} + 11O_{2(г)} \leftrightarrow 2Fe_2O_{3(к)} + 8SO_{2(г)};$$
пирит

$$2MoS_{2(к)} + 7O_{2(г)} \leftrightarrow 2MoO_{3(к)} + 4SO_{2(г)};$$
молибденит

$$4FeS_{(к)} + 7O_{2(г)} \leftrightarrow 2Fe_2O_{3(к)} + 4SO_{2(г)}.$$
пирротин

5. Равновесный процесс, протекающий в подземных пещерах при образовании сталактитов и сталагмитов, можно описать уравнением

$$Ca^{2+}_{(р)} + 2\,HCO_3^-{}_{(р)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + H_2O_{(ж)} + CO_{2(г)}.$$

Напишите выражение для константы равновесия этого процесса. Укажите, в какую сторону сдвигается равновесие а) при улетучивании CO_2, б) испарении воды, в) увлажнении атмосферы в пещерах.

6. Состояние равновесия реакции окисления сфалерита

$$2ZnS_{(к)} + 3O_{2(г)} \leftrightarrow 2ZnO_{(к)} + 2SO_{2(г)}$$

установилось при равновесной концентрации диоксида серы, равной 0.25 моль/л. Рассчитать исходную концентрацию кислорода.

7. В герметически закрытом сосуде объемом 0.25 л проводят реакцию восстановления антимонита

$$Sb_2S_{3(к)} + 3CO_{(г)} \leftrightarrow 2Sb_{(к)} + 3COS_{(г)}.$$

Равновесная концентрация каждого газообразного вещества равна 0.3 моль/л. Для смещения равновесия добавляют 0.1 моль CO. Определить новые равновесные концентрации CO и COS.

8. Определить, влево или вправо сместится положение равновесия

реакций

$$Fe_2O_3(к) + 3CO(г) \leftrightarrow 2Fe(к) + 3CO_2(г), \quad \Delta H° > 0;$$
гематит

$$3CaCO_3(к) + 3SiO_2(к) \leftrightarrow 3CO_2(г) + Ca_3Si_3O_9(к), \quad \Delta H° < 0,$$
волластонит

$$Cu_2CO_3(OH)_2(к) \leftrightarrow 2CuO(к) + CO_2(г) = H_2O(г), \quad \Delta H° > 0;$$
малахит

$$2Mg_2SiO_4(к) + 2H_2O(ж) + CO_2(г) \leftrightarrow Mg_3(OH)_4Si_2O_5(к) + MgCO_3(к), \quad \Delta H° < 0$$
форстерит серпентин магнезит

при следующих воздействиях: а) введение избытка диоксида углерода, б) нагревание, в) увеличение давления.

9. На некоторых предприятиях систематически из труб в атмосферу выбрасываются оксиды азота, что можно наблюдать как газ красно-желтого цвета (лисий хвост). Объяснить причину различной интенсивности окраски этого газа в зависимости от времени года (лето, зима), если известно, что NO_2 - бурый газ при -11°С превращается в димер N_2O_4 - бесцветные кристаллы, а при обычных условиях существует смесь NO_2 и N_2O_4

$$2\ NO_2 \leftrightarrow N_2O_4.$$

Укажите знак при ΔH в этом уравнении.

4. ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение смещения ионного равновесия в водных растворах.

Э л е к т р о л и т а м и называют вещества, диссоциирующие в растворах (или расплавах) на и о н ы и способные проводить электрический ток. Распад вещества на ионы называется электролитической диссоциацией. Перенос тока в растворах (и расплавах) электролитов осуществляется положительными и отрицательными ионами, которые называются катионами и анионами. К электролитам относятся соли, кислоты и основания.

Для количественной характеристики электролитической диссоциации используется степень диссоциации α - доля моля электролита, существующая в растворе в виде ионов:

$$\alpha = C/C_0,$$

где C - концентрация молекул, распавшихся на ионы, моль/л;

C_0 - исходная концентрация раствора, моль/л.

По величине степени диссоциации все электролиты делятся на сильные и слабые. К сильным относятся те электролиты, α - степень диссоциации которых равна единица, т.е. $C = C_0$. Распад на ионы сильных электролитов протекает необратимо. В растворе сильного электролита не может быть недиссоциированных молекул.

$$HNO_3 = H^+ + NO_3^-; \quad NaCl = Na^+ + Cl^-.$$

К сильным электролитам относятся практически все соли, гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов и некоторые кислоты (например, HCl, HNO_3, H_2SO_4, HBr, HI, $HClO_4$)

Степень диссоциации слабых электролитов меньше единицы ($C < C_0$). Их ионизация протекает обратимо:

$$CH_3COOH \Leftrightarrow CH_3COO^- + H^+; \qquad H_2CO_3 \Leftrightarrow H^+ + HCO_3^-.$$

Константу равновесия электролитической диссоциации слабого электролита называют константой диссоциации. Например, при 298 К

$$K_{CH_3COOH} = \frac{C_{CH_3COO^-} \cdot C_{H^+}}{C_{CH_3COOH}} = 1.8 \cdot 10^{-5}.$$

$$K_{H_2CO_3} = \frac{C_{H^+} \cdot C_{HCO_3^-}}{C_{H_2CO_3}} = 4.4 \cdot 10^{-7}.$$

Из величин констант видно, что угольная кислота по первой ступени электролит более слабый, чем уксусная кислота.

Степень и константа ионизации слабого электролита связаны зависимостью (закон Оствальда):

$$K = \frac{\alpha^2 \cdot C_0}{1 - \alpha}.$$

Если степень ионизации электролита значительно меньше единицы, то уравнение можно записать $K = \alpha^2 \cdot C_0$, откуда следует, что α возрастает с разведением раствора.

В чистой воде кроме молекул H_2O содержатся протоны и гидроксид-ионы, при этом

$$[H^+] = [OH^-] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л } (25^\circ \text{ C}).$$

Содержание протонов и гидрокид-ионов выражают также через водород-

ный показатель pH = 1g [H^+]. При pH = 7 среду водного раствора называют нейтральной, при pH < 7 - кислотной и при pH > 7 - щелочной.

Каковы пределы значений pH в природе? Рудничные воды выветривающихся колчеданных месторождений, содержащие свободную серную кислоту, имеют pH около 2, а воды окисляющихся месторождений самородной серы в песчаниках - еще ниже. Воды кратерных озер имеют pH 1-3, торфяных болот около 4, буроугольных месторождений около 5, pH дождевой воды примерно 5.5. Обычные грунтовые воды имеют pH 6.5 - 8.5, морская вода (в зависимости от времени года, ее температуры, количества растворенной в ней углекислоты, органических кислот, привнесенных реками) колеблется от 8.2 до 8.5. В содовых озерах pH достигает 9-10.

4.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Сравнение относительной силы кислот

В одну пробирку наливают 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты, в другую - столько же раствора соляной кислоты той же концентрации. В обе пробирки добавляют небольшое количество мелко измельченного известняка. Взбалтывая пробирки с содержимым, наблюдать, одинаково ли быстро растворяется $CaCO_3$ во взятых кислотах.

$$CaCO_3\downarrow + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O + CO_2\uparrow.$$

Интенсивность выделения CO_2 при этой реакции служит относительным индикатором концентрации водородных ионов. Рассчитайте, во сколько раз концентрация протонов в растворе HCl больше, чем в растворе CH_3COOH, если $K_{CH_3COOH} = 1.8 \cdot 10^{-5}$.

Напишите уравнения диссоциации обеих кислот.

ОПЫТ 2. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабой кислоты.

К 1-2 мл 2М раствора уксусной кислоты в двух пробирках прибавьте 2 капли метилоранжа. Отметьте окраску индикатора. Добавьте при перемешивании в одну пробирку несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Как изменился pH раствора? Объясните изменение pH, применяя правило Ле Шателье и используя выражение константы диссоциации CH_3COOH

ОПЫТ 3. Влияние концентрации одноименных ионов на ионизацию слабого основания.

В две пробирки наливают по 1-2 мл 2М раствора гидроксида аммония и по 2 капли фенолфталеина. В одну из пробирок добавляют при перемешивании несколько кристалликов ацетата аммония до изменения цвета раствора. Объясните причину наблюдаемого изменения окраски на основании уравнения диссоциации NH_4OH, принципа Ле Шателье и константы диссоциации NH_4OH.

ОПЫТ 4. Определение характера диссоциации гидроксидов

В три пробирки наливают по 2-3 мл растворов: в 1-ю - силиката натрия, во 2-ю - сульфата никеля, в 3-ю - сульфата цинка. До начала выпадения осадков гидроксидов добавляют по каплям в 1-ю - раствор серной кислоты, а во 2-ю - раствор гидроксида натрия.

Содержимое каждой пробирки взбалтывают и разливают каждый осадок гидроксидов на две пробирки. В одну пробирку добавляют разбавленной кислоты, а в другую концентрированной щелочи. На основании наблюдений за растворением осадков кремниевой кислоты, гидроксида никеля и гидроксида цинка в кислоте и щелочи сделайте вывод о кислотно-основном характере электролитической диссоциации этих гидроксидов.

Напишите уравнения диссоциации гидроксидов.

4.2. Контрольные вопросы и задания

1. Присутствие каких ионов можно ожидать в водном растворе сернистой кислоты H_2SO_3? Запишите выражения для констант диссоциаций этой кислоты.

2. Почему константа электролитической диссоциации служит более удобной характеристикой, чем степень диссоциации?

3. Объясните, почему соли являются сильными электролитами. На примере $NaHCO_3$ укажите характер химических связей, по которым электролитическая диссоциация протекает в водном растворе: а) практически полностью; б) частично; в) отсутствует.

4. Укажите, корректно ли сопоставлять такие свойства, как растворимость вещества и способность его к электролитической диссоциации.

5. В практике флотации используются процессы с низкими и высо-

кими значениями pH флотационной пульпы. Можно ли приготовить растворы с pH 0, -1, -2, 14, 15, 16?

6. Вычислите концентрацию ионов водорода в 1М (9.45 %-ном) растворе серной кислоты, pH которого - 0.005. Объясните полученный результат.

7. В Первоуральске выпал кислотный дождь, водородный показатель которого равен 2.5. Во сколько раз превышена концентрация иона водорода, если обычная дождевая вода имеет pH = 5.5?

8. Шахтные воды Кизеловского бассейна содержат 0.01 г/л ионов водорода. Рассчитайте водородный показатель этих вод, концентрацию OH^- ионов. Укажите, кислотный или щелочной характер имеют эти воды.

9. Во сколько раз уменьшится концентрация ионов водорода, если к 1 литру раствора уксусной кислоты с концентрацией 0.005 моль/л прибавить 0.05 моль ацетата натрия, считая, что концентрация недиссоциированных молекул уксусной кислоты, как и объем раствора остаются практически постоянными? K_{CH_3COOH} $1.8 \cdot 10^{-5}$.

10. Для оценки pH раствора сероводорода студент записал следующие уравнения:

$$H_2S = 2H^+ + S^{2-}; \quad S^{2-} + H_2O \leftrightarrow HS^- + OH^-.$$

Таким образом, студент сделал вывод, что среда щелочная. Найдите ошибки в его рассуждениях.

5. РЕАКЦИИ ИОННОГО ОБМЕНА

Ц е л ь р а б о т ы - выявление закономерностей протекания реакций ионного обмена в растворах электролитов.

Минералы и горные породы в условиях земной поверхности стремятся перейти в более устойчивые соединения. Известняки медленно растворяются в водах, содержащих углекислоту, образую гидрокарбонат кальция. Грунтовые воды, содержащие $Ca(HCO_3)_2$, реагируют с сульфатно-хлоридно-магниевыми (морскими) водами. При этом осаждаются гипс и доломит:

$$2Ca(HCO_3)_2 + MgCl_2 + Na_2SO_4 = \underset{\text{гипс}}{CaSO_4} + \underset{\text{доломит}}{CaMg(CO_3)_2} + 2NaCl + 2H_2CO_3.$$

Так озера морского типа превращаются в озера континентального типа. Сульфатно-натриевые воды - результат выщелачивания горных по-

род, могут образовывать содовые озера.

$$Ca(HCO_3)_2 + NaSO_4 = CaSO_4\downarrow + NaHCO_3.$$

Изверженные горные породы выветриваются, в полевых шпатах содержание алюминия увеличивается от ранних пород к поздним. При этом из них выносятся катионы щелочноземельных металлов. Например, из анорита образуется каолинит

$$CaO\cdot Al_2O_3\cdot 2SiO_2 + 2H_2O + CO_2 = Al_2O_3\cdot 2SiO_2\cdot 2H_2O + CaCO_3.$$

В результате воздействия растворов, содержащих в повышенных концентрациях ионы Mg^{2+} и SO_4^{2-}, происходит доломитизация известняков

$$2CaCO_3 + MgSO_4 = CaMg(CO_3)_2 + CaSO_4.$$

Если химическая реакция протекает, то она отличается следующими признаками:

происходит образование осадка, или растворение осадка, или изменяется цвет осадка или раствора, или появляются пузырьки газа.

Сущность ионных реакций обмена сводится к соединению ионов в молекулы новых веществ. Равновесия ионных реакций в растворах смещаются в сторону образования слабых электролитов (слабых кислот, слабых оснований, воды) и сильных электролитов (осадков, летучих веществ).

Все кислые соли в воде растворяются, основные соли, как правило, нерастворимы.

В ионных уравнениях сильные, хорошо растворимые электролиты записываются в форме ионов, а слабые электролиты, газы и осадки - в виде молекул.

Рассмотрим следующие примеры реакций. Запишем их сначала в молекулярной форме, а затем в виде кратких ионных уравнений.

$$Fe(HCO_3)_2 + 2NaOH = FeCO_3\downarrow + Na_2CO_3 + 2H_2O;$$

$$Fe^{2+} + 2\,HCO_3^- + 2OH^- = FeCO_3\downarrow + CO_3^{2-} + 2H_2O;$$

$$ZnSO_4 + 4NaOH = Na_2ZnO_2 + Na_2SO_4 + 2H_2O;$$

$$Zn^{2+} + 4OH^- = ZnO_2^{2-} + 2H_2O;$$

$$NaSiO_3 + 2CO_2 + 2H_2O = H_2SiO_3\downarrow + 2\ NaHCO_3;$$

$$SiO_2^{2-} + 2CO_2 + 2H_2O = H_2SiO_3\downarrow + 2\,HCO_3^-;$$

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O;$$

$$NH_4OH + H^+ = NH_4Cl + H_2O.$$

5.1. Экспериментальная часть

ОПЫТ 1. Образование осадков

а) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида бария и добавляют в одну пробирку сульфата натрия, а в другую - нитрата калия. Написать молекулярное и ионное уравнения и сделать вывод, в каком случае соль реагирует с другой солью;

б) В две пробирки наливают по 2 мл раствора сульфата меди. В одну пробирку добавляют 1 мл очень разбавленный (1%-ный) раствор гидроксида натрия, а в другую - столько же разбавленного раствора той же щелочи. Написать молекулярные и ионные уравнения, указав окраску образующихся осадков и учитывая, что в первом случае образуется основной сульфат меди $(CuOH)_2SO_4$. Сделайте вывод об условиях образования основной соли и гидроксида. Осадки сохранить для выполнения опыта 2б;

в) В две пробирки наливают по 2 мл раствора хлорида кобальта. В одну пробирку добавляют разбавленного раствора щелочи до образования синего осадка основной соли. Во вторую пробирку приливают еще столько же щелочи и нагревают с целью получения гидроксида кобальта розового цвета. Содержимое пробирок оставляют для проведения опыта 2в. Написать молекулярное и ионные уравнения, указав цвет осадков.

ОПЫТ 2. Растворение осадков.

а) Наливают в пробирку известковую воду $Ca(OH)_2$, через этот раствор пропускают углекислый газ из аппарата Киппа. Наблюдают образование белого осадка средней соли, продолжают пропускать пузырьки CO_2 до растворения белого осадка и получения бесцветного прозрачного раствора кислой соли $Ca(HCO_3)_2$. Написать молекулярные и ионные уравнения образования карбоната кальция и растворения его. Сделать вывод об условии получения кислой соли.

б) В обе пробирки опыта 1б добавляют серной кислоты до растворения осадков. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения. Объяснить причину сдвига ионного равновесия;

в) Берут пробирки с осадками опыта 1в. В пробирку с синим осадком добавляют хлороводородной кислоты, в пробирку с розовым осадком - разбавленной щелочи. Напишите молекулярные и ионные уравнения. Наблюдать растворение одного из осадков. Дать объяснения наблюдениям.

О П Ы Т 3. Образование газообразного вещества

Все сульфиты, растворимые и нерастворимые в воде, разлагаются минеральными кислотами с выделением диоксида серы, который определяют как запах горящей серы.

К раствору сульфита натрия приливают разбавленной серной кислоты. Обнаруживают запах SO_2 , стараясь запомнить его. Это позволит впредь распознавать диоксид серы органолептически.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции.

О П Ы Т 4. Образование слабых электролитов

а) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора ацетата натрия и добавляют разбавленной серной кислоты. Определяют по запаху образующуюся уксусную кислоту;

б) Наливают в пробирку 1-2 мл раствора хлорида аммония и добавляют разбавленной щелочи. Определяют по запаху выделяющийся аммиак;

в) Наливают в пробирку 3 мл раствора сульфата хрома (III) и приливают к нему по каплям раствор разбавленной щелочи до появления серо-зеленого осадка гидроксида хрома.

Содержимое пробирки разделяют на две части. К одной части приливают раствор серной кислоты, к другой - раствор щелочи. Сравнить цвет полученных растворов. Сделать вывод о характере гидроксида хрома.

Для опытов а), б), в) написать молекулярные и ионные уравнения реакций, объяснить причины сдвига ионных равновесий.

Сделать вывод, в каком направлении протекают реакции ионного обмена в растворах электролитов.

5.2. Контрольные вопросы и задания

1. Составить в молекулярном виде уравнения реакций растворения следующих малорастворимых минералов:

а) стронцианит $SrCO_3$ переводят в водный раствор насыщением CO_2 суспензии минерала в воде;

б) сассолин $B(OH)_3$ обрабатывают избытком раствора едкого натра;

в) гиббсит $Al(OH)_3$ хорошо растворяется известковом молоке;

г) азурит $Cu(OH)_2 \cdot 2CuCO_3$ обрабатывают хлороводородной кислотой;

д) гетит Fe_2O_3 хорошо растворяется в серной кислоте;

е) гемиморфит $Zn(OH)_2 \cdot Zn_3Si_2O_7$ нагревают в растворе гидроксида натрия;

ж) брусит $Mg(OH)_2$ разлагается раствором серной кислоты;

з) борнит $FeS \cdot CuS \cdot 2Cu_2S$ обрабатывают соляной кислотой.

2. При смещении водных растворов одного из следующих веществ: NaOH, KOH, CsOH концентрацией 1 моль/л с одинаковыми объемами 1М раствором HCl, HBr, HNO_3, $HClO_4$ выделяется примерно одно и то же количество теплоты, составляющее 55-59 кДж/моль. О чем это свидетельствует? Напишите уравнения реакции в ионном виде.

3. При смешении 1М водных растворов одной из следующих кислот: азотной, уксусной, бензойной с одинаковыми объема 1М растворов КОН обнаруживаются различные тепловые эффекты. Объясните, приведя уравнения реакций в молекулярно-ионном виде.

4. Укажите причины, по которым реакция

$$Na_2CO_{3(р)} + Ca(OH)_{2(к)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + 2NaOH_{(р)}$$

обратима, составьте выражение для константы равновесия. Почему в этом процессе образуется только разбавленный раствор гидроксида натрия, а получение концентрированного раствора невозможно?

5. Для переработки карбонатных марганцевых руд предложен способ, основанный на выщелачивании их раствором хлорида кальция:

$$MnCO_{3(к)} + CaCl_{2(р)} \leftrightarrow CaCO_{3(к)} + MnCl_{2(р)}.$$

Можно ли регенерировать раствор хлорида кальция и вывести одновременно марганец в осадок добавлением к продуктам выщелачивания суспензии $Ca(OH)_2$? Напишите уравнение реакции.

6. Растворение соли слабой кислоты в растворах кислот должно проходить тем быстрее, чем больше концентрация ионов водорода. Однако кальцит $CaCO_3$ растворяется в растворе уксусной кислоты быстрее, чем в растворе серной. Почему?

7. В 250 мл раствора содержится 1 г NaOH. Вычислите молярную концентрацию и pH этого раствора.

8. Кислые растворы имеют кислый вкус, щелочные - вкус мыла. Сливаются равные объемы растворов хлороводородной кислоты и гидроксида натрия одинаковой концентрации. Какой вкус полученного раствора?

9. Гашеную известь $Ca(OH)_2$ используют при флотации для создания щелочной среды (pH 12 и более), отделения пирита от сфалерита и сульфидов меди. Как изменяется pH растворов извести при хранении их в открытых емкостях? Напишите уравнение реакции.

6. ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

Ц е л ь р а б о т ы - Изучение свойств водных растворов, связанных с реакцией гидролиза солей.

Природные воды часто не бывают нейтральными, а имеют либо кислую, либо щелочную среду вследствие гидролиза. При химическом выветривании известняков образуются щелочные растворы, а пиритсодержащих - кислые. Изменение нейтральной реакции среды водного раствора - признак гидролиза соли, обменной химической реакции, протекающей с участием воды .Однако не все соли вступают в реакцию гидролиза. Если растворить в воде хлорид калия KCl, нейтральная реакция среды (pH = 7), характерная для чистой воды, не изменится. Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой (NaCl, $LiNO_3$, CsBr и т.п.), в реакцию гидролиза не вступают.

С водой взаимодействуют: 1) соли, образованные слабыми основаниями и сильными кислотами (NH_4Cl, $CuSO_4$, $Zn(NO_3)_2$ и т.п.); 2) соли, образованные слабыми кислотами и сильными основаниями (Na_2S, KCN, $BaCO_3$ и т.п.); 3) соли, образованные слабыми основаниями и слабыми

кислотами (NH_4CH_3COO и т.п.).

Из рассмотренных примеров следует, что в реакцию с водой вступают катионы слабых оснований и анионы слабых кислот. Если эти ионы многозарядны (Fe^{3+}, Cu^{2+}, CO_3^{2-}, SiO_3^{2-} и т.п.), их взаимодействие с водой обычно идет до образования основного или кислого иона (первая ступень гидролиза). Например, соль $FeCl_3$, образованная слабым основанием с сильной кислотой, подвергается гидролизу по катиону:

$$Fe^{3+} + HOH \leftrightarrow FeOH^{2+} + H^+$$

Или в молекулярной форме:

$$FeCl_3 + HOH \leftrightarrow FeOHCl_2 + HCl.$$

В результате гидролиза соли $FeCl_3$ появляется избыток катионов H^+ и раствор приобретает кислую реакцию, pH < 7.

Гидролизу по аниону подвергаются соли, образованные сильным основанием и слабой кислотой. В качестве примера запишем уравнение гидролиза соли Na_2CO_3 в ионном виде:

$$CO_3^{2-} + HOH \leftrightarrow HCO_3^- + OH^-$$

И в молекулярной форме:

$$Na_2CO_3 + HOH \leftrightarrow NaHCO_3 + NaOH.\uparrow$$

Избыток анионов OH^- придает раствору щелочную реакцию, pH > 7.

Если же соль образована слабым малорастворимым основанием и слабой летучей кислотой, то происходит полный необратимый гидролиз. В таблице растворимости такие соли обозначены прочерком, означающим, что эти соли в водных растворах не существуют. Например, гидролиз карбоната железа (III):

$$Fe_2(CO_3)_3 + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2CO_3;$$

$$2Fe^{3+} + 3\,CO_3^{2-} + 6H_2O = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3H_2CO_3 \begin{array}{l} \nearrow 3CO_2\uparrow \\ \searrow 3H_2O \end{array}$$

т.е. карбонат железа (III) может существовать только в виде сухой соли, а в растворе он подвергается полному гидролизу, образуя труднорастворимый гидроксид железа (III) и слабую летучую угольную кислоту. В подобных случаях в осадок выпадает наименее растворимый из возможных продуктов гидролиза. Так, растворимость $(CuOH)_2CO_3$ меньше, чем $Cu(OH)_2$,

поэтому в зоне окисления минералов меди в известняках встречается малахит

$$2CuSO_4 + 2CaCO_3 + H_2O \leftrightarrow (CuOH)_2CO_3 + CaSO_4 + CO_2,$$

В водном растворе положительные ионы металлов гидратированы. Многие из них связывают воду так прочно, что их можно рассматривать как комплексные ионы. Гидролиз солей, образованных слабыми основаниями и сильными кислотами, происходит за счет молекул воды, входящих в комплексный ион. При этом катион металла выталкивает за пределы внутренней сферы одноименно заряженный ион водорода из молекулы воды, среда становится кислой. Например, при гидролизе хлорида магния координационное число Mg^{2+} равно шести

$$Mg^{2+} + 6H_2O = [Mg(H_2O)_6]^{2+} \Leftrightarrow [Mg(H_2O)_5OH]^+ + H^+;$$

$$MgCl_2 + 6H_2O \Leftrightarrow [Mg(H_2O)_5OH]Cl + HCl\ .$$

Ионы Bi^{3+}, Sb^{3+}, Ti^{4+}, V^{4+} обладают настолько сильным поляризующим действием, что выталкивает из молекулы воды оба иона водорода, вследствие чего образуются ионы BiO^+ висмутил, SbO^+ антимонид, TiO^{2+} титанил, VO^{2+} ванадил.

$$SbCl_3 + HOH \Leftrightarrow SbOCl + 2HCl.$$

6.1. Экспериментальная часть

О П Ы Т 1. Образование основной соли при гидролизе

В три пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора лакмуса и добавляют по 2 мл растворов: в одну пробирку - дистиллированной воды, в другую - сульфата натрия, в третью - сульфата алюминия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей. Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза в пробирке с раствором Na_2SO_4.

О П Ы Т 2. Образование кислой соли при гидролизе

В две пробирки наливают по 3-4 капли нейтрального раствора фенолфталеина и добавляют по 2 мл растворов: хлорида натрия и карбоната натрия. Сравнивают окраску индикатора в воде и растворах солей.

Сделать вывод о возможности гидролиза.

Написать молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза: отразить отсутствие гидролиза а пробирке с раствором NaCl.

О П Ы Т 3. Смещение равновесия гидролиза

Налить в пробирку 1-2 мл раствора нитрата висмута $Bi(NO_3)_3$ и разбавить его водой в 3-5 раз. Наблюдать образование осадка, т.е. помутнение раствора. Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза, зная, что труднорастворимым продуктом является соль $BiONO_3$.

В пробирку с осадком $BiONO_3$ прибавить несколько капель концентрированной азотной кислоты. Наблюдать растворение осадка. Объяснить наблюдаемое, исходя из уравнения гидролиза.

О П Ы Т 4. Влияние нагревания на гидролиз ацетата натрия

К 3-4 мл раствора уксуснокислого натрия CH_3COONa прибавить 1-2 капли фенолфталеина и нагреть до кипения. Обратить внимание на появление розовой окраски, исчезающей при охлаждении раствора.

Написать ионное и молекулярное уравнение реакции гидролиза уксуснокислого натрия. Объясните различие окраски при нагревании и охлаждении раствора.

О П Ы Т 5. Полный гидролиз (совместный гидролиз)

К 1-2 мл раствора сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ прилить такой же объем раствора карбоната натрия Na_2CO_3. Наблюдать выделение углекислого газа и образование осадка гидроксида алюминия. Написать молекулярное и ионное уравнение совместного гидролиза взятых солей.

6.2. Контрольные вопросы и задания

1. На некоторых обогатительных фабриках иногда барабаны (емкости) из-под цианида натрия обезвреживают 10%-ным раствором железного купороса $FeSO_4$. Напишите уравнения реакции, ведущих к образованию в этих условиях циановодородной кислоты, и покажите тем самым, что такой способ растворения цианидов абсолютно недопустим. При подкислении до $pH \leq 9$ работать с растворами цианида натрия опасно; безопасно при $pH > 10$.

2. Раствор основания и раствор кислоты смешивают в эквивалент-

ных соотношениях. Для каких из перечисленных пар раствор будет иметь нейтральную реакцию:

а) $NH_4OH + HCl$, б) $NH_4OH + CH_3COOH$, в) $NaOH + HCl$,

г) $NaOH + CH_3COOH$?

3. Сточные воды обогатительных фабрик, содержащие гидрокарбонат кальция, очищают от коллоидных примесей (удалить которые отстаиванием и фильтрованием невозможно) добавлением к ним сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный $Al(OH)_3$ обволакивает коллоидные частицы примесей и вызывает их осаждение. Объясните образование $Al(OH)_3$ и напишите уравнение реакции.

4. Определить, возможна ли реакция окисления сфалерита кислородом воздуха в стандартных условиях, если

$$ZnS_{(к)} + 2O_{2(г)} + 7H_2O_{(ж)} = ZnSO_4 \cdot 7H_2O_{(р)}.$$

ΔG^0_{298}, кДж/моль	-201	-237	-2564

Сделайте вывод о кислотности рудничных вод, содержащих в качестве продукта выветривания сульфат цинка, записав уравнение реакции гидролиза в молекулярном и ионном виде.

5. При окислении пирита, преобладающего в колчеданных рудах, кислородом, растворенным в воде, выделяется сульфат железа (III). Поступая с нисходящим током растворов в нижние горизонты, он реагирует с породой. Сделайте вывод о составе породы, если наблюдается совместное образование гипса $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и лимонита $Fe(OH)_3$. Напишите уравнение реакции взаимодействия сульфата железа (III) и породы.

6. Объясните, приведя молекулярно-ионное уравнение, почему при нагревании раствора $NaHCO_3$ реакция среды из слабощелочной переходит в сильнощелочную.

7. В водном растворе хлорида цинка при нагревании происходит растворение кусочка металлического цинка. Напишите уравнения реакции, объясняя причину выделения водорода.

8. В жесткой воде ионы железа обычно присутствуют в виде гидрокарбоната железа (II). При хранении такой воды в открытых сосудах, железо окисляется кислородом воздуха, вода мутнеет из-за выпадения в осадок $Fe(OH)_3$. Напишите уравнение реакции, в результате которой образуется гидроксид железа (III).

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.12 ХИМИЯ, Ч. 2

ЧАСТЬ 2

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация :
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Смирнова, Н.Б., к.х.н., Сахарова, В.М., к.х.н.

Одобрены на заседании кафедры
Химии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
д.т.н., проф. Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 09.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.т.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

РАБОТА 1. **Комплексные соединения**

Цель работы - познакомиться с методами получения комплексных соединений и их свойствами.

Широко распространены среди минералов комплексные соединения. Комплексные соединения содержат катионный, анионный или нейтральный комплекс, состоящий из центрального атома или иона и связанных с ним молекул или ионов лигандов. Центральный атом - комплексообразователь - обычно представляет собой акцептор, а лиганды - доноры электронов, и при образовании комплекса между ними возникает донорно-акцепторная, или координационная связь. Комплексообразователь и лиганды образуют внутреннюю сферу комплексного соединения, которая в растворах сохраняет индивидуальность, хотя может иметь место и диссоциация. За счет устойчивости внутренней сферы можно перевести в водный раствор малорастворимые минералы. Например, кераргирит **AgCl,** плохо растворимый в воде, растворяется под действием насыщенного раствора хлорида натрия

$$\mathbf{AgCl + NaCl = Na[AgCl_2].}$$

Шарпит $\mathbf{UO_2CO_3H_2O}$ переходит в насыщенный раствор соды, образуя $\mathbf{Na_4[UO_2(CO_3)_3]}$.

Нантокит растворяется при обработке концентрированным раствором гидроксида аммония:

$$\mathbf{CuCl + 2NH_4OH = [Cu(NH_3)_2]Cl + H_2O.}$$

Устойчивые комплексные соединения $K_3[Fe(CH)_6]$, $Na_2[Zn(OH)_4]$, $K_4[Fe(CH)_6]$ и др. служат в качестве подавителей флотации при обогащении руд. Образование комплексных соединений происходит при умягчении воды, при защите металлов от коррозии и многих других процессах, использующихся в горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности.

В водных растворах комплексные соединения полностью распадаются на ионы внутренней и внешней сферы

$$\mathbf{[Cu(NH_3)_2]Cl = [Cu(NH_3)_2]^+ + Cl^-}.$$

Комплексные ионы диссоциируют только частично, ведут себя как слабые электролиты

$$\mathbf{[Cu(NH_3)_2]+ \leftrightarrow Cu^+ + 2NH_3.}$$

Константа равновесия этого процесса называется константой нестойкости **($K_н$)**:

$$K_{\text{Н}} = \frac{C_{Cu^+} \cdot C^2_{NH_3}}{C_{[Cu(NH_3)_2]^+}}.$$

Чем устойчивее комплексный ион в растворе, тем меньше величина константы нестойкости.

Опыт 1. Диссоциация сульфата железа - аммония

Налить в три пробирки по 2-3 мл раствора соли **$NH_4Fe(SO_4)_2$.** В первую пробирку добавить несколько капель раствора тиоцианата калия **KSCN**. **О** наличии, какого иона в растворе свидетельствует появление характерной красной окраски?

Во вторую пробирку добавьте несколько капель 30% -ного раствора щелочи. Слегка нагреть. Какой ион образует бурый осадок, а какой обусловливает появление запаха аммиака? В третью пробирку добавить 1 мл хлорида бария. Какая соль вы падет в осадок?

На три вышеприведенных вопроса ответить, записав четыре уравнения реакций в ионном виде.

Составить уравнение диссоциации исследуемой соли и сделать вывод, какой солью, двойной или комплексной, она является.

Опыт 2. Диссоциация гексацианоферрата (III) калия

Составить уравнение диссоциации гексацианоферрата (III) калия. Налить в две пробирки по 1 мл раствора этой соли. В одну из них добавить несколько капель щелочи, в другую - тиоцианата калия. Записать в ионном виде отсутствие взаимодействия комплексного иона со щелочью в первой пробирке и с тиоцианатом - во второй.

Почему в растворе не обнаружено иона железа (III)? Сделайте вывод, какой солью, двойней или комплексной, является исследуемое вещество. Написать математическое выражение для константы нестойкости комплексного иона.

Опыт 3. Получение сульфата тетраамминмеди (II)

Налить в пробирку 1-2 мл раствора сульфата меди и по каплям добавить раствор аммиака до выпадения осадка основной соли меди **$(CuOH)_2SO_4$.** Написать уравнение реакции образования этой соли в молекулярном и ионном виде.

Прилить избыток 5-6 мл гидроксида аммония. Наблюдать растворение **$(CuOH)_2SO_4$** и образование фиолетового раствора, содержащего комплексный ион тетраамминмеди (II) **$[Cu(NH_3)_4]^{2+}$.**

Написать уравнение реакции образования комплексных солей $[Cu(NH_3)_4]SO_4$ и $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ в молекулярном и ионном виде.

Опыт 4. Получение тетраиодомеркурата (II) **калия**

Налить в пробирку 3-4 капли раствора нитрата ртути (II) и добавить по каплям раствор иодида калия до появления ярко-красного осадка иодида ртути.

Дальнейшее прибавление иодида калия вызывает растворение осадка и образование бесцветного раствора комплексной соли $K_2[HgI_4]$

Написать уравнения образования и растворения осадка в молекулярном и ионном виде.

Опыт 5. Получение соединения, содержащего в **молекуле комплексный катион и комплексный анион**

В пробирку внести 2-3 мл раствора гексацианоферрата (II) калия и 3-4 мл раствора сульфата никеля. К полученному осадку гексацианоферрата (II) никеля добавить раствор гидроксида аммония до полного растворения осадка. Наблюдать образование бледно-лиловых кристаллов соли $[Ni(NH_3)_6]$ $[Fe(CN)_6]$. Написать в ионном виде уравнения реакций образования осадка и растворения осадка.

Опыт 6. **Растворение осадков за счет процесса комплексообразования**

Процессы комплексообразования вызывают уменьшение равновесной концентрации ионов в насыщенном растворе малорастворимого соединения. Это смещает равновесие в системе раствор - осадок и вызывает растворение осадка.

а) Налить в пробирку 1 мл концентрированного раствора хлорида кальция, добавить 2 мл раствора сульфата натрия. Наблюдать выпадение осадка при встряхивании. Написать уравнение реакции в ионном виде.

Полученный осадок сульфата кальция растворить в насыщенном растворе сульфата аммония. Написать уравнение реакции растворения $CaSO_4$ (в молекулярной и ионной форме) в результате образования комплексной соли $(NH_4)_2[Ca(SO_4)_2]$.

б) Налить в пробирку 3-4 капли раствора соли цинка и добавить по каплям разбавленный раствор **NaOH** до выпадения осадка $Zn(OH)_2$ и последующего растворения его с образованием $[Zn(OH)_4]_2$. Написать уравнения реакций в молекулярном виде.

Опыт 7. Комплексные соединения в реакциях обмена

а) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$ и добавить несколько капель раствора Fe^{3+}. Наблюдать образование осадка берлинской лазури $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

б) Налить в пробирку 1-2 мл раствора гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]_3$ и добавить несколько капель раствора, содержащего ион цинка. Отметить окраску осадка $Zn_3[Fe(CN)_6]_2$.

Написать молекулярные и ионные уравнения реакция. Сделать вывод об устойчивости комплексных ионов в реакциях обмена.

Контрольные вопросы и задания

1. Укажите внутреннею и внешнюю сферы, комплексообразователь и лиганды в следующих комплексных соединениях:

$K_3[Co(C_2O_4)_3]$, $[Zn(NH_3)_4](NO_3)_2$, $[Cr(CO)_6]$,

$Na_3[FeF_6]$, $[Ti(H_2O)_6]Cl_3$, $H[AuCl_4]$, $[Cr(C_6H_6)_2]$.

2. Определите степень окисления и координационное число комплексообразователя в следующих комплексных соединениях:

$Al[BH_4]_3$, $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$, $K_2[CuCl_4]$,

$[Cr(H_2O)_6]Cl_3$, $Rb_2[SnCl_6]$, $Na[Au(CN)_2Cl_2]$,

$[Co(NH_3)_5Br]SO_4$, $Ca[Cr(NH_3)_2(SCN)_4]$, $[Ir(NH_3)_3Cl_3]$.

3. Объясните, какое основание является более сильным и почему: $Ni(OH)_2$ или $[Ni(NH_3)_4](OH)_2$? Какая кислота сильнее **HCN** или $H[Ag(CN)]_2$?

4. Степень гидролиза какой соли больше и почему: **KCN** или **K[Ag(CN)]2**

5. Объясните уменьшение растворимости $PbCl_2$ в воде при добавлении разбавленной **HCl** и увеличение растворимости этого осадка при добавлении концентрированной **HCl**.

6. Сколько молей **AgCl** осаждается при добавлении нитрата серебра к раствору $[Co(NH_3)_5ClICl_2$ в расчете на моль имеющегося кобальта?

РАБОТА 2. Определение молярной массы эквивалента

Цель работы - усвоить одно из важнейших химических понятий - понятие об эквиваленте - и научиться определять молярную массу эквивалента вещества.

Молярная масса - отношение массы вещества к количеству вещества:

$$M = \frac{m}{\nu} \qquad (1)$$

где M - молярная масса вещества; m - масса вещества; ν - количество вещества.

Например, М **(**O**)** =16 г/моль; М (O_2) = 32 г/моль.

Эквивалент (Э) **-** это частица вещества, которая может замещать**,** присоединять, высвобождать или каким-либо другим образом эквивалентна одному иону водорода в ионообменных реакциях или одному электрону в окислительно-восстановительных реакциях.

Для определения состава эквивалента вещества необходимо исходить из конкретной реакции. Например:

$$\mathbf{Cu(OH)_2 + 2HCl = CuCl_2 + 2H_2O;}$$

$$\mathbf{Cu(OH)_2 + 2H^+ = Cu^{2+} + 2H_2O.}$$

В данной реакции один ион водорода эквивалентен 1/2 моль $\mathbf{Cu(OH)_2}$, поэтому эквивалент $\mathbf{Cu(OH)_2}$ равен половине его молекулы.

Фактор эквивалентности (*f*) - число, обозначающее, какая доля от реальной частицы эквивалентна одному иону водорода или одному электрону. Например, в рассмотренном случае фактор эквивалентности**:** $\mathbf{f(Cu(OH)) = 1/2}$.

Для оснований фактор эквивалентности определяется количеством гидроксильных ионов $\mathbf{(OH^-)}$, которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на кислотные остатки.

Например**,** $\mathbf{f(Fe(OH)_3) = 1/3}$, но в конкретных реакциях может проявляться неполная кислотность основания и необходимо определять конкретный фактор эквивалентности:

$$\mathbf{Fe(OH)_3 + 2HCl = FeOHCl_2 + 2H_2O\ ;\quad f(Fe(OH)_3) = 1/2\ ;}$$

$$\mathbf{Fe(OH)_3 + HCl = Fe(OH)_2Cl + H_2O;\ \ f(Fe(OH)_3) = 1}.$$

Для кислот фактор эквивалентности определяется количеством ионов водорода, которые могут быть замещены либо замещаются в конкретной реакции на катионы металла.

Например, $\mathbf{f\ (H_2SO_4) = 1/2}$, так как в молекуле серной кислоты два иона водорода могут быть замещены на катион металла, но в реакции

$$\mathbf{H_2SO_4 + NaOH = NaHSO_4 + H_2O;\quad f\ (H_2SO_4) = 1}$$

фактор эквивалентности серной кислоты равен 1.

Фактор эквивалентности кислотного оксида равен фактору эквивалентности соответствующей ему кислоты. Так, фактор эквивалентности оксида углерода (IV) (CO_2) равен 1/2, так как ему соответствует угольная кислота $\mathbf{(H_2CO_3)}$.

Но в конкретной реакции фактор эквивалентности определяется количеством эквивалентов реагирующего с оксидом вещества. Так в реакции:

$$CO_2 + NaOH = NaHCO_3; \quad f(CO_2) = 1$$

Фактор эквивалентности соли и основного оксида определяется произведением степени окисления металла на количестве атомов металла в молекуле. Например:

$$f(Al_2O_3) = 1/(2\cdot 3) = 1/6; \qquad f(FeCl_3) = 1/(1\cdot 3) = 1/3.$$

Зная фактор эквивалентности и молярную массу вещества, можно рассчитать молярную массу эквивалента (Э) данного вещества, которую часто для краткости называют эквивалентом

$$Э = f \cdot M, \tag{2}$$

Понятие эквивалента является одним из важнейших в химии, так как позволяет проводить количественные расчеты при взаимодействии веществ, пользуясь законом эквивалентов: "Все вещества реагируют в строго эквивалентных соотношениях". Иными словами, если в химическую реакцию вступило эквивалентов одного вещества, то количество эквивалентов любого другого вещества вступившего с ним в реакцию, будет тоже. Так, 0.1 моль эквивалентов серной кислоты реагирует с 0.1 моль эквивалентов хлорида бария, или 0.1 моль эквивалентов нитрата свинца, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида натрия, или 0.1 моль эквивалентов гидроксида меди и т. д.

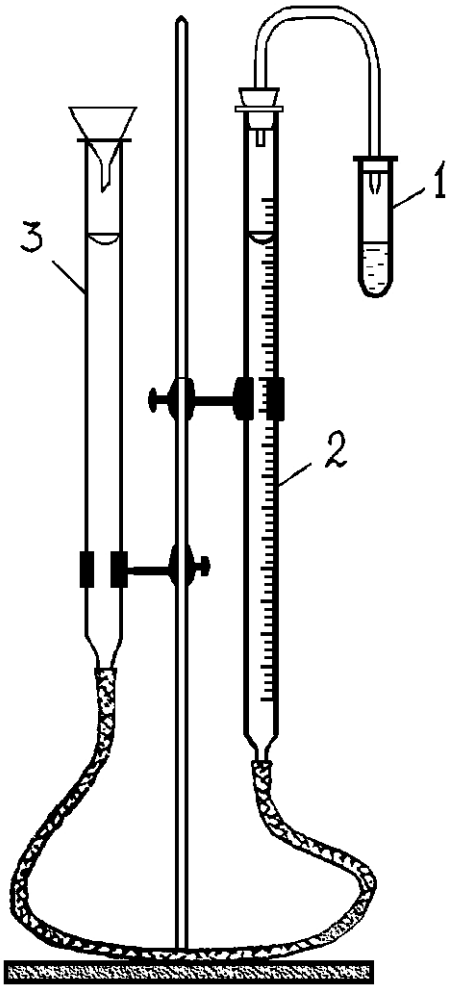
Количество эквивалентов вещества может быть рассчитано по формуле:

$$\nu_{(\text{эквивалентов})} = \frac{m_{(\text{в–ва})}}{Э_{(\text{в-ва})}} \tag{3}$$

Так как количества эквивалентов веществ, вступающих в реакцию, одинаково, то одной из формул, выражающих закон эквивалентов, может быть следующая:

$$\frac{m(\text{в - ва 1})}{Э(\text{в - ва 1})} = \frac{m(\text{в - ва 2})}{Э(\text{в - ва 2})} \tag{4}$$

Пользуясь этой формулой, можно практически определить молярную массу эквивалента вещества. Используемый метод основан на способности исследуемого вещества реагировать с кислотой: выделением газа (водорода или диоксида углерода). Работа проводится на приборе, изображенном на рисунке.



Прибор состоит из пробирки (1), бюретки (2) на 100 мл, заполненной водой или раствором хлорида натрия, стеклянной трубки и воронки (3), выполняющих роль уравнительного сосуда.

Пробирка соединена с бюреткой стеклянной трубкой, на концах надеты резиновые пробки, герметично закрывающие пробирку и бюретку. Нижний конец бюретки соединен с уравнительным сосудом резиновой "трубкой длиной 40-50 мм. Перед работой испытайте герметичность прибора. Для этого поднимите воронку на 15-20 см, закрепите ее в этом положении и наблюдайте в течение 1-3 минут за постоянством уровня жидкости в бюретке. Если уровень остается постоянным, то прибор герметичен.

Опыт 1. Определение эквивалента металла

Получите у лаборанта исследуемый металл. В пробирку налейте 5-6 мл 10 % -ного раствора соляной кислоты. Навеску металла заверните в небольшую полоску фильтровальной бумаги, верхнюю часть бумажки полученного фунтика смочите водой и приложите к внутренней части пробирки так, чтобы после того, как пробирка будет закрыта пробкой, этот фунтик на 1-3 см был ниже края пробирки и не касался кислоты. Убедитесь, что прибор вновь герметичен. Установите бюретку и воронку так, чтобы положение воды в них было точно на одном уровне, но не выше нулевой отметки. Отметьте и запишите положение мениска в бюретке (при этом глаз должен находиться на уровне мениска). Наклоняя пробирку, добейтесь того, чтобы кусочки металла упали на дно пробирки. Наблюдайте выделение водорода и вытеснение воды в уравнительный сосуд. Когда весь металл растворится, дайте пробирке остыть, приведите положение воды в бюретке и воронке к одному уровню и точно отметьте положение мениска в бюретке. Разность двух отсчетов - до и после реакции металла с

кислотой - дает объем водорода (**V**), выделившегося при данных условиях (**T** и **P**).

Форма записи результатов опыта

Навеска металла	***m*, г**
Объем выделившегося водорода при данных условиях	**V, мл**
Температура опыта	**T**, К
Барометрическое давление	**P**, Па
Давление насыщенного водяного пара при температуре опыта	**h**, Па

Обработка результатов опыта

Пользуясь уравнением Менделеева-Клапейрона, рассчитайте массы выделившегося водорода:

$$m_{H_2} = \frac{\mathbf{P}_{H_2} \cdot \mathbf{V}_{H_2} \cdot \mathbf{M}_{H_2}}{\mathbf{T} \cdot \mathbf{R}}, \quad \text{г},$$

где $\mathbf{M}_{H_2}$ - молярная масса водорода, 2 г/моль; **T** - температура опыта, К; **R** - газовая постоянная - 8.31 Дж/моль К; $\mathbf{V}_{H_2}$ - объем выделившегося водорода, мл; $\mathbf{P}_{H_2}$ - парциальное давление водорода, Па, рассчитанное по формуле: $\mathbf{P}_{H_2} = \mathbf{P} - \mathbf{h}$, где P - атмосферное давление, Па; **h** - давление насыщенного водяного пара при данной температуре, Па (см. таблицу 1)

Таблица 1

t, ^{0}C	**h**, Па	*t*, ^{0}C	**h**, Па	*t*, ^{0}C	**h**, Па
11	1306	16	1813	21	2490
12	1400	17	1933	22	2640
13	1493	18	2066	23	2813
14	1600	19	2200	24	2986
15	1706	20	2333	25	3173

По закону эквивалентов определите молярную массу эквивалента металла:

$$Э_{Me} = \frac{m_{Me}}{m_{H_2}} \cdot Э_{H_2}, \text{ г/моль (экв);}$$

$$Э_{H_2} = \mathbf{f}_{H_2} \cdot \mathbf{M}_{H_2} = 1/2 \cdot 2 \text{ г/моль} = 1 \text{ г/моль.}$$

Узнайте у преподавателя степень окисления растворенного вами металла, определите, какой это металл, и по таблице Д И. Менделеева рассчитайте точную молярную массу эквивалента данного металла (**Э** точн.).

Определите относительную погрешность опыта:

$$\Delta = \frac{Э_{Me} - Э_{точн.}}{Э_{Me}} \cdot 100\%.$$

Контрольные вопросы и задания.

1. Почему при определении молярной массы соли в бюретку заливают не воду, а раствор поваренной соли?
2. Почему при определении объема выделившегося газа необходимо выравнивать уровни жидкости в бюретке и сообщающейся с ней трубке?
3. Какой оксид реагировал с 16г кислорода, если в реакцию вступило 64 грамма оксида, образованного элементом со степенью окисления 44, фактор эквивалентности оксида равен 1/2 ?
4. Определите эквивалент металла, 56 г которого прореагировали с раствором, содержащим 109.5 г соляной кислоты.
5. Зависит ли эквивалент химического элемента от степени окисления элемента или является постоянной величиной?

РАБОТА 3. Окислительно-восстановительные реакции

Цель работы - изучить окислительно-восстановительные свойства химических соединений, составить уравнения окислительно-восстановительных реакций, определить направление окислительно-восстановительных процессов по электродным потенциалам.

Окислительно-восстановительные процессы широко распространены в природе, они протекают в атмосфере и в магматических расплавах. Руды и минералы земной поверхности окисляются при воздействии $\mathbf{O_2}$, $\mathbf{CO_2}$ и влаги, выветриваются, образуя гидроксиды, карбонаты, сульфаты. Например, пирит разлагается во влажном воздухе

$$\mathbf{2FeS_2 + 2H_2O + 7H_2O = 2FeSO_4 + 2H_2SO_4}$$

с выделением серной кислоты. Растворы серной кислоты опускаются вниз, выделяя из сульфидов сероводород, который ниже уровня грунтовых вод в отсутствии кислорода восстанавливает серебро, мышьяк, висмут, медь.

Окислительно-восстановительные реакции сопровождаются перераспределением электронной плотности. Если частица отдает электроны, то степень окисления элемента повышается и он переходит в окисленную формы (ОФ), если принимает, то элемент переходит в восстановленную форму (ВФ). Обе формы составляют сопряженную окислительно-восстановительную пару. В каждой реакции участвуют две сопряженные пары:

$$\underset{\text{ОФ1}}{\mathbf{Cl_2}} + \underset{\text{ВФ}_2}{\mathbf{2I^-}} \rightarrow \underset{\text{ВФ}_1}{\mathbf{2Cl^-}} + \underset{\text{ОФ}_2}{\mathbf{I_2}}.$$

(окислитель) (восстановитель)

Окислительно-восстановительная способность атомов и ионов характеризуется величиной их окислительно-восстановительного (электродного) потенциала, φ^0 ОФ/ВФ - стандартный электродный потенциал.

Располагая значениями электродных потенциалов, можно определить возможность и направление окислительно-восстановительных реакций, зная правило: сопряженная пара с более положительной величиной электродного потенциала выступает в качестве окислителя, а с отрицательной - в качестве восстановителя.

Пример. В каком направлении могут самопроизвольно протекать реакции:

1) $\mathbf{2Fe^{3+} + 2I^- \leftrightarrow 2Fe^{2+} + I_2}$,

2) $\mathbf{2Fe^{3+} + 2Cl^- \leftrightarrow 2Fe^{2+} + Cl_2}$,

если известны величины стандартных потенциалов следующих пар:

ОФ/ВФ	$\mathbf{I_2/2I^-}$	$\mathbf{Fe^{3+}/\ Fe^{2+}}$	$\mathbf{Cl_2/2Cl^-}$
φ^0, **В**	**0.54**	**0.77**	**1.36**

Решение. Увеличение активности ОФ наблюдается с ростом алгебраической величины.

I_2, как ОФ с наименьшим значением, не может окислять ионы $\mathbf{Fe^{3+}}$ и $\mathbf{Cl^-}$**.** Ионы $\mathbf{Fe^{3+}}$ могут окислять иодид-ионы, не способны окислять ионы $\mathbf{Cl^-}$ **.** $\mathbf{Cl_2}$ является ОФ пары с наибольшим значением φ^0 и служит окислите-

лем для ионов Fe^{2+}. Поэтому первая реакция протекает в прямом направлении, а вторая - в обратном:

1) $2Fe^{3+} + 2I^- = 2Fe^{2+} + I_2$;

2) $2Fe^{2+} + Cl_2 = 2Fe^{3+} + 2Cl^-$.

Опыт 1. Окислительные свойства нитрита натрия

В пробирку налейте 1 мл раствора иодида калия и столько же разбавленной серной кислоты, а затем - на кончике шпателя добавьте сухой соли нитрита натрия.

Отметьте выделение бесцветного газа **NO,** его побурение под действием кислорода воздуха, а также окраску образовавшегося раствора при выделении йода.

Напишите уравнение реакции на основе электронного баланса

$$\varphi^0\ I_2/2I^- = 0.54\ В; \qquad \varphi^0\ NO_2^-/NO = 0.99\ В,$$

сравнивая эти потенциалы, решите, какая из двух пар будет играть роль восстановителя. Может ли в результате реакции образоваться диоксид азота?

Опыт 2. **Восстановительные свойства нитрита натрия**

Налейте в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и добавьте на кончике шпателя сухой соли нитрита натрия до изменения окраски раствора. Составьте уравнение реакции, имея в виду, что перманганат-ион в нейтральной среде восстанавливается до диоксида марганца (IV), нитрит-ион окисляется до нитрат-иона, а среда становится щелочной (образуется **КОН)**

$$\varphi^0\ MnO_4^-/MnO_2 = +0.62\ В; \qquad \varphi^0\ NO_3^-/NO_2^- = -0.01\ В,$$

сравнивая эти потенциалы, решить, какая из двух пар будет играть роль окислителя.

Опыт 3. Образование окрашенных перманганат-ионов

Ионы **Mn** окисляются висмутатом натрия в азотнокислой среде с образованием перманганат-ионов:

$$MnSO_4 + NaBiO_3 + HNO_3 \rightarrow HMnO_4 + Bi(NO_3)_3 + NaNO_3 + Na_2SO_4 + H_2O$$

К 1-2 каплям сульфата марганца добавляют 4-5 капель раствора азотной кислоты и на кончике шпателя висмутата натрия.

Реакция протекает без нагревания. Как объяснить появление малиновой окраски?

φ^0 $\mathbf{MnO_4^-/Mn^{2+}}$ **= 1.51 В;** φ^0 $\mathbf{NaBiO_3/Bi^{3+}}$ **= 1.8 В,**

укажите окислитель и восстановитель.

Рассчитайте коэффициенты для проведенной реакции на основе электронного баланса.

Опыт 4. Окислительные свойства сульфита натрия

Налейте в пробирку 4-5 капель разбавленной серной кислоты, добавьте 2-3 капли раствора $\mathbf{Na_2S}$ и $\mathbf{Na_2SO_4}$ на кончике шпателя. Наблюдать выделение серы в виде белой мути

$$\mathbf{Na_2SO_3 + Na_2S + H_2SO_4 \rightarrow S + Na_2SO_4 + H_2O.}$$

Рассчитайте коэффициенты для этой реакции на основе электронного баланса

φ^0 $\mathbf{SO_3^{2-}/S}$ **= 0.45 В;** φ^0 $\mathbf{S/S^{2-}}$ **= -0.48 В,**

укажите окислитель и восстановитель.

Опыт 5. Окислительные свойства перманганата калия в различных средах

В три пробирки налить по 1 мл раствора перманганата калия.

В первую пробирку добавляют 1 мл разбавленной серной кислоты.

Во вторую пробирку наливают 1 мл воды.

В третью пробирку помешают 1 мл щелочи.

Затем в каждую пробирку засыпают по половине стеклянной ложечки сухой соли сульфита натрия.

В первой пробирке образуется ион $\mathbf{Mn^{2+}}$

$$\mathbf{KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2SO_4 \rightarrow MnSO_4 + Na_2SO_4 + K_2SO_4 + H_2O.}$$

Во второй пробирке получается диоксид марганца (IV)

$$\mathbf{KMnO_4 + Na_2SO_3 + H_2O \rightarrow MnO_2 + Na_2SO_4 + KOH.}$$

В третьей пробирке восстановление протекает до $\mathbf{MnO_4^{2-}}$

$$\mathbf{KMnO_4 + Na_2SO_3 + NaOH \rightarrow K_2MnO_4 + Na_2MnO_4 + Na_2SO_4 + H_2O.}$$

Подберите коэффициенты для уравнений методом электронного баланса

φ^0 $\mathbf{MnO_4^-/Mn^{2+}}$ = 1.51 В; φ^0 $\mathbf{MnO_4^-/MnO_2}$ = 0.62 В,

φ^0 $\mathbf{MnO_4^-/MnO_4^{2-}}$ = 0.56 В; φ^0 $\mathbf{SO_4^{2-}/SO_3^{2-}}$ = 0.22 В.

Установить, в какой среде перманганат калия является наиболее сильным окислителем.

Опыт 6. Окислительные свойства дихромата калия.

Налейте в пробирку 1-2 мл раствора $K_2Cr_2O_7$, столько же разбавленной серной кислоты и добавьте несколько кристаллов сульфата железа до изменения окраски раствора. Напишите уравнение реакции, учитывая, что Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} , дихромат-ион восстанавливается до Cr^{3+}

$$\varphi^0\ Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+} = 1.33\ В; \qquad \varphi^0\ Fe^{3+}/Fe^{2+} = 0.77\ В.$$

Контрольные вопросы и задания

1. Какие из реакций являются окислительно-восстановительными, укажите для них окислитель, восстановитель и среду

$$Pb_3O_4 + 4HNO_3 = PbO_2 + 2Pb(NO_3)_2 + 2H_2O;$$
$$2MnO_2 + 3PbO_2 + 6HNO_3 = 2HMnO_4 + 3Pb(NO_3)_2 + 2H_2O;$$
$$2Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_4 + H_2O;$$
$$4KMnO_4 + 4KOH = 4K_2MnO_4 + O_2 + H_2O;$$
$$2KMnO_4 + H_2SO_4 = Mn_2O_7 + K_2SO_4 + H_2O.$$

2. Рассчитайте коэффициенты для реакций

$$Zn + NaAsO_2 + HCl = AsH_3 + ZnCl_2 + H_2O + NaCl;$$
$$CuS + HNO_3 = CuSO_4 + NO_2 + H_2O;$$
$$K_2MnO_4 + H_2O = KMnO_4 + MnO_2 + KOH;$$
$$KOH + Cl_2 = KClO_3 + KCl + H_2O.$$

3. Какие из приведенных реакций могут проткать самопроизвольно?

$$H_3PO_3 + 2AgNO_3 + H_2O = 2Ag + 2HNO_3 + H_3PO_4;$$
$$H_3PO_3 + Pb(NO_3)_2 + H_2O = Pb + 2HNO_3 + H_3PO_4;$$

$\varphi^0\ Ag^+/Ag = 0.8\ В$ $\varphi^0\ Pb^{2+}/Pb = -0.13\ В$ $\varphi^0\ H_3PO_4/H_3PO_3 = -0.28\ В.$

4. Укажите, какое из уравнений соответствует реальному протеканию химической реакции?

$$4N_2H_4 + 8HNO_3 = 5N_2 + 6NO_2 + 12H_2O;$$
$$N_2H_4 + 4HNO_3 = N_2 + 4NO_2 + 4H_2O;$$
$$2N_2H_4 + 16HNO_3 = N_2 + 18NO_2 + 12H_2O.$$

Литература

Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. М.: Химия, 1992. - 588 с.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.Б.1.12 ХИМИЯ, Ч.2

ЧАСТЬ 3

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация :
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Авторы : Смирнова, Н.Б. к.х.н., Сахарова, В.М.к.х.н.

Одобрены на заседании кафедры
Химии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
д.т.н., проф. Амдур А.М.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 09.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические указания и контрольные задания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой _____ В.А.душин

Химия : руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Химия» для студентов всех профилизаций и направлений; Часть III / Н.Б. Смирнова, В.М. Сахарова; Уральская госуд. горно-геол. академия. Каф. химии. - Екатеринбург : Изд. УГГГА, 1995. - 16 с.

Руководство содержит описание трех лабораторных работ:

1. Гальванические элементы. 2. Электролиз водных растворов солей.
3. Электрохимическая коррозия металлов.

В руководстве приведены для каждой лабораторной работы краткие теоретические сведения, методические указания по провидению опытов, контрольные вопросы и задания для самостоятельного выполнения.

Руководство рассмотрено на заседания кафедры химии 7 сентября 1995 года. (протокол № 1) и рекомендовано для издания в УГГГА.

Рецензент: Н.Г.Кошель, доц., канд. хим. наук

© Уральская государственная горно-геологическая академия, 1995

Работа 1. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе гальванических элементов, расчет значений ЭДС гальванических элементов и величин энергии Гиббса по значениям электродных потенциалов.

Химические источники электрической энергии имеют широкое распространение, т.к. для многих современных машин, аппаратов и транспорта требуются автономные источники электрической энергии. Любое горное предприятие используют химические источники тока. Простейший пример химического источника тока - гальванический элемент.

В гальванических элементах протекают процессы превращения химической энергии окислительно-восстановительных реакций в электрическую.

Электрохимическая схема гальванического элемента.

$$Fe \mid FeSO_4 \parallel NiSO_4 \mid Ni \quad \text{или} \quad Fe \mid Fe^{2+} \parallel Ni^{2+} \mid Ni$$

Отрицательным полюсом (анодом) этого гальванического элемента является железо, поскольку его электродный потенциал меньше потенциала никеля.

$$(-)\ Fe \mid FeSO_4 \parallel NiSO_4 \mid Ni\ (+)$$

$$(-)\ Fe^{o} - 2e = Fe^{2+}$$

$$(+)\ Ni^{2+} + 2e = Ni^{o}$$

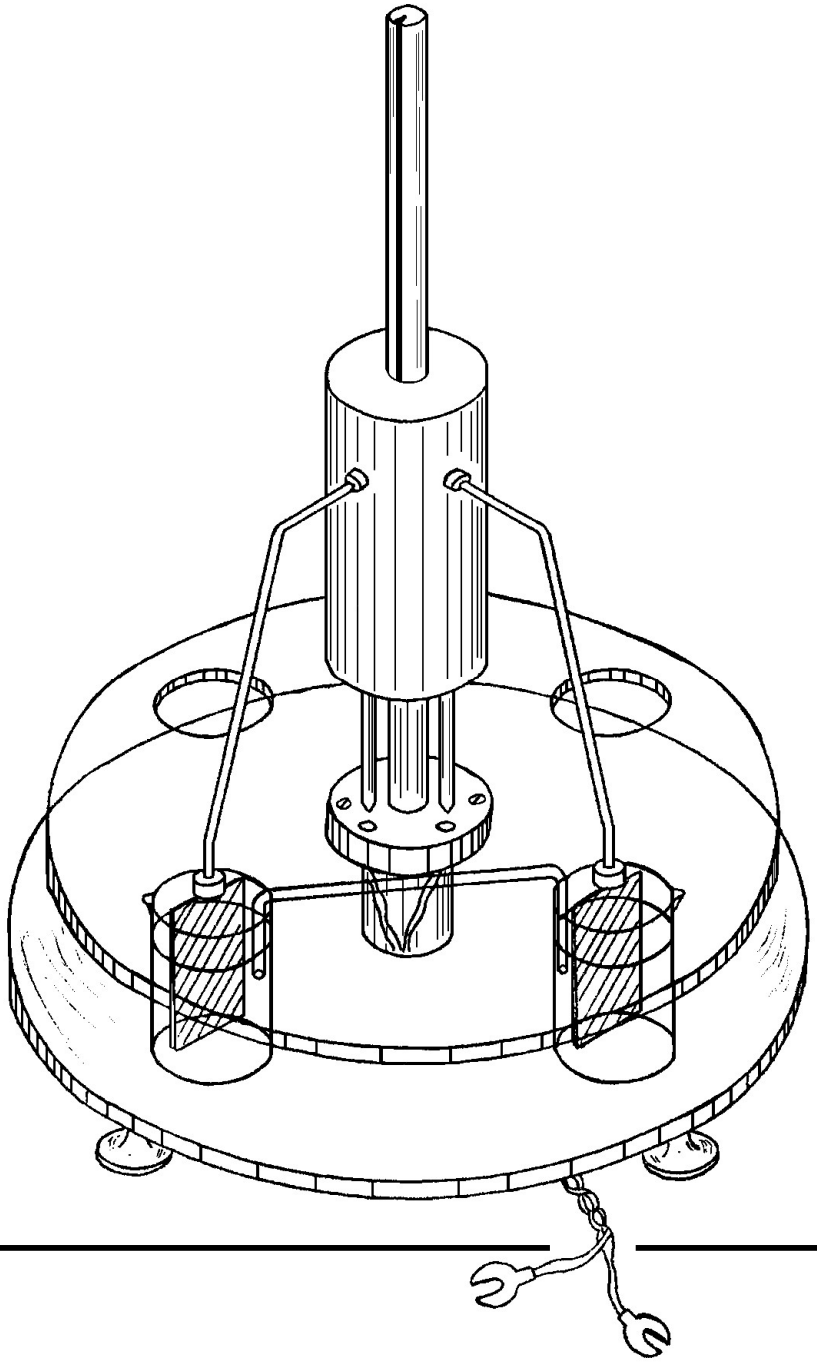
$$Fe^{o} + Ni^{2+} = Fe^{2+} + Ni^{o}$$

Электродвижущая сила(ЭДС) гальванического элемента определяется по равности электродных потенциалов: ЭДС = $\varphi_{(+)} - \varphi_{(-)}$, соответствующих процессам, протекающим на положительном и отрицательном полюсах гальванического элемента. Пользуясь таблицей стандартных электродных потенциалов, можно определить ЭДС этого гальванического элемента:

$$E = \varphi^0_{ок} - \varphi^0_{вос} = \varphi^0_{Ni^{2+}/Ni} - \varphi^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0.25 - (-0.44) = 0.19\ В$$

Изменение энергии Гиббса ΔG^0_{298} связанно с ЭДС гальванического элемента соотношением $\Delta G^0_{298} = -nFE$, где n - число электронов, принима-

Общий вид установки для измерения электродвижущей силы гальванического элемента в рабочем состоянии



ющих участие в реакции; F - постоянная Фарадея (96500 Кл/моль); E - ЭДС гальванического элемента.

Опыт 1. Медно - цинковый гальванический элемент.

В два химических стаканчика налейте равные объемы растворов сульфата цинка (C_M = 1моль/л) и сульфата меди (C_M = 1моль/л). Опустите пластинки цинка и меди в растворы собственных солей. Растворы соедините электролитическим ключом - жидкостным мостиком, заполненным насыщенным раствором хлорида калия. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

1. Напишите: электрохимическую схему полученного гальванического элемента; процессы, протекающие на отрицательном и положительном полюсах гальванического элемента; суммарную окислительно-восстановительную реакцию в ионной и молекулярной формах.
2. Укажите направление перехода электронов во внешней цепи.
3. По значениям электродных потенциалов рассчитайте ЭДС гальванического элемента.
4. Запишите показание гальванометра в вольтах (В) и сравните его с расчетным значением ЭДС.

Последующие опыты 2, 3 и 4 оформить по той же схеме (пункты 1-4).

Опыт 2. Медно-свинцовый гальванический элемент

Опустите в растворы собственных солей пластинки из меди и свинца. Концентрации растворов задаются преподавателем. Соедините растворы электролитическим ключом. Присоедините провода внешней цепи к гальванометру. Наблюдайте отклонение стрелки гальванометра, указывающее на возникновение электрического тока.

Опыт 3. Медно-кадмиевый гальванический элемент.

В один стаканчик налейте раствор сульфата кадмия (C_M = 1 моль/л), а в другой налейте раствор сульфата меди (C_M = 1 моль/л). Погрузите в эти растворы соответственно пластинки из кадмия и меди, соедините электролитическим ключом. Провода внешней цепи присоедините к гальванометру.

Опыт 4. Свинцово-цинковый гальванический элемент.

Налейте в два химических стаканчика равные объемы растворов солей свинца (II) и цинка, их концентрации задаются преподавателем. Опус-

тите в них соответственно пластинки свинца и цинка. С помощью электролитического ключа соедините растворы солей. Подключите во внешнюю цепь гальванометр.

Контрольные вопросы и задания.

1. Объясните, почему показания гальванометра отличаются от расчетного значения ЭДС?
2. Каким образом можно добиться возрастания ЭДС в гальванических элементах?
3. Какие изменения концентрации растворов солей на электроде - окислителе и электроде - восстановителе приводят к увеличению и уменьшению ЭДС?
4. Халькопирит ($\varphi = 0.42$ В) растворяется в природных водах чрезвычайно медленно. Почему при контакте с пиритом ($\varphi = 0.7$ В) этот процесс ускоряется?
5. Рассчитайте значение ЭДС и энергии Гиббса медно-цинкового гальванического элемента, если концентрация раствора сульфата цинка равна 0.5 моль/л, а концентрация сульфата меди равна - 2 моль/л.
6. Приведите примеры двух гальванических элементов, в одном из которых железо будет отрицательным полюсом (анодом), а в другом будет положительным полюсом (катодом).

Работа 2. ЭЛЕКТРОЛИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ СОЛЕЙ.

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при электролизе водных растворов солей с инертным и растворимым анодами, запись процессов, происходящих на катоде и аноде.

Практически нет ни одной отрасли техники, где бы не применялся электролиз. При выполнении строительных работ проводят электрохимическую обработку глинистых грунтов, при обогащении полезных ископаемых прибегают к электрохимическому кондиционированию флотационной пульпы. В том случае, когда другие методы не обеспечивают необходимой степени очистки воды, используют электрохимическую обработку производственных сточных вод пропусканием через электрокоагуляторы с электродами из железа или алюминия.

При электролизе рассматриваются процессы на электродах: катоде, заряженном отрицательно, и аноде, заряженном положительно. Внешний

источник тока выполняет роль своеобразного электронного насоса, который “нагнетает” электроны на катод и “откачивает” электроны с анода. Когда потенциалы электродов достигают определенных значений, на них становится возможным заряд ионов или молекул из раствора - начинается электролиз.

Катодные процессы: На катоде в первую очередь протекает тот процесс восстановления, потенциал которого более положителен. При электролизе водных растворов на катоде выделяются все металлы, потенциалы которых положительнее, чем -1.0 В.

Если в растворе находятся лишь ионы металлов, более активных чем марганец, потенциалы которых отрицательнее, чем -1.0 В, на катоде выделяется водород из воды по реакции:

$$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-.$$

Анодные процессы: на нерастворимых анодах из Pt, Ti, C происходит процесс окисления того восстановителя, потенциал которого более отрицателен. Практически: если в растворе имеются анионы I^-, Br^-, Cl^-, не содержащие кислород, то они окисляются с выделением I_2, Br_2, Cl_2, соответственно.

$$2Hal^- - 2e = Hal_2.$$

Если же в растворе имеются лишь ионы F^-, или анионы, содержащие кислород, потенциал которых больше 2.0 В, то на аноде выделяется кислород из воды по реакции:

$2H_2O - 4e = O_2 + 4H^+$ в кислой и нейтральной средах

$4OH^- - 4e = O_2 + 2H_2O$ в щелочной среде.

В зависимости от окисляемости материала анода различают процессы с растворимым и нерастворимым (инертным) анодом. Растворимые аноды (большинство металлов) в ходе электролиза окисляются, посылая свои ионы в раствор. Например: $Cu - 2e = Cu^{2+}$, $Ni - 2e = Ni^{2+}$. Инертные электроды при электролизе окислению не подвергаются. К числу наиболее распространенных инертных анодов относятся электроды из платины, графита, титана.

Примеры электролиза водных растворов солей

1. Электролиз водного раствора $SnCl_2$, анод Pt

Катод (-) $Sn^{2+} + 2e = Sn^{o}$

Анод (+) $2Cl^{-} - 2e = Cl_2$

2. Электролиз водного раствора $CuSO_4$, анод Cu

Катод (-) $Cu^{2+} + 2e = Cu^{o}$

Анод(+) $Cu - 2e = Cu^{2+}$

Опыт 1. Электролиз водного раствора сульфата натрия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором сульфата натрия, с графитовыми электродами и пропустите постоянный электрический ток напряжением 12 В. Через 1-2 минуты сравните интенсивность выделения пузырьков газа на электродах, определите расположение катода и анода.

В околокатодное пространство налейте несколько капель фенолфталеина, а в околоанодное - лакмуса. Окраска индикаторов должна измениться. Объясните наблюдаемое явление, составив электронно - ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде, и указывая стандартные значения окислительно - восстановительных потенциалов.

Опыт 2. Электролиз водного раствора иодида калия с графитовым анодом

Получите электролизер, заполненный раствором иодида калия с графитовыми электродами, присоедините электроды к сети постоянного тока. Через 1-2 минуты наблюдайте изменение окраски раствора.

Запишите результаты опыта, составив электронно-ионные схемы процессов, протекающих на катоде и аноде с указанием величин стандартных окислительно-восстановительных потенциалов. Объясните, почему и у какого электрода появилась окраска, почему на катоде не выделяется металлический калий.

Опыт 3. Электролиз водных растворов сульфатов кадмия, меди, никеля, цинка, нитрата свинца.

Получите электролизеры, заполненные водными растворами солей, присоедините графитовые электроды к сети постоянного тока. Пропускайте электрический ток в течение получаса, пока на одном из электродов не появится налет металла.

Поменяйте полюса на электродах, т.е. произведите переполюсовку электродов поворотом вилки относительно розетки. Снова пропускайте электрический ток.

Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов с указанием величин стандартных электродных потенциалов, протекающих при электролизе всех солей: а) с графитовым анодом; б) с соответствующим металлическим анодом.

Контрольные вопросы и задания

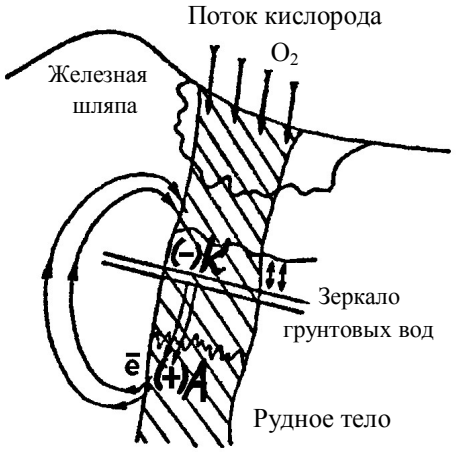
1. Если на электродах могут протекать несколько электрохимических процессов, то какой из них реализуются и что является критерием, определяющим его преимущество?

2. В какой последовательности должны разряжаться на катоде ионы Ag^{+}, Fe^{2+}, Cu^{2+}, Bi^{3+}, Sn^{2+}, если в растворе они содержатся в одинаковой концентрации? Чем эта последовательность определяется?

3. Составьте электронно-ионные схемы катодного и анодного процессов, происходящих на медных электродах при электролизе водного раствора нитрата калия.

4. При электролизе водного раствора соли значение pH в приэлектродном пространстве одного из электронов возросло. Раствор какой соли подвергся электролизу: а) $CdSO_4$; б) $CuCl_2$; в) KBr ?

5. Рудное тело, содержащее сульфидные минералы в количестве, достаточном для того, чтобы обеспечить электропроводность, можно рассматривать как нерастворимый электрод в поле Земли. В грунтовых водах, окружающих рудное тело, концентрация электролитов изменяется с глубиной. Верхний конец проводника играет роль катода, а нижний - анода. Катионы подъемных вод перемещаются к катоду, а ионы - к аноду, как показано на приведенной схеме.



На *а н о д е* происходит окисление, минералы теряют электроны и переходят в раствор.

Например, растворение пирита характеризуется уравнением:

$$FeS_2 + 8H_2O - 14e = Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+$$

халькопирита: $CuFeS_2 + 8H_2O - 16e = Cu^{2+} + Fe^{2+} + 2SO_4^{2-} + 16H^+$.

Образующиеся ионы меди (II) вступают в обменные реакции создают так называемую зону вторичного обогащения. Сфалерит замещается ковеллином:

$$ZnS + CuSO_4 = CuS + ZnSO_4$$

халькопирит обогащается медью за счет образования халькозина:

$$CuFeS_2 + CuSO_4 = Cu_2S + FeSO_4 + S.$$

На *к а т о д е* происходит восстановление. Из нескольких возможных катодных процессов протекает тот, потенциал которого более положителен. Катодные процессы в верхней части рудного тела заключается в потреблении электронов, высвободившихся на аноде и переместившихся на катод. Здесь могли бы восстанавливаться катионы, но в первую очередь реагирует атмосферный кислород, приток которого осуществляется непрерывно, а потенциал намного положительнее, чем у прочих участников геохимического процесса.

$$O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$$

а) используя уравнение ионно-электронного баланса, составьте суммарную реакцию растворения пирита в молекулярном виде;

б) какова среда (значение водородного показателя) рудничных вод каменноугольных шахт, если уголь содержит примеси сульфидов?

в) составьте уравнение электронного баланса для приведенной выше реакции взаимодействия халькопирита и сульфата меди с образованием халькозина.

Работа 3. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Цель работы - изучение электрохимических процессов, протекающих при работе коррозионных гальванопар.

Десятки миллионов тонн металла ежегодно теряются вследствие коррозии. Горное дело является одним из наиболее металлоемких производств. Вполне возможно сократить потери от коррозии за счет лучшего понимания горными инженерами важнейших физико - химических закономерностей коррозии. Чаще всего разрушение металлов вызывается электрохимической коррозией, которая является результатом эксплуатации металлического оборудования при повышенном содержании коррозионно-активных веществ в шахтах, на карьерах и в горных породах.

Электрохимическая коррозия происходит в средах, проводящих электрический ток, сопровождается направленным движением электронов и ионов. Электролиты могут содержаться даже в тонком невидимом слое влаги, адсорбированной из воздуха поверхностью металла. Реальная поверхность твердых металлов неоднородна. Различные примеси в металле, его структурная неоднородность, механическая деформация металла, различие концентраций коррозионных агентов в растворах, контактирующих с металлом - все это приводит к тому, что на одних участках поверхности коррозирующего металла идет процесс окисления металла (анодный процесс), а на других - процесс восстановления окислителя (катодный процесс).

Схема электрохимической коррозии становится таким образом аналогичной схеме работы короткозамкнутого гальванического элемента, в котором протекает анодное окисление металла и катодное восстановление окислителя. В литературе по коррозии окислитель обычно обозначают специальным термином *деполяризатор.* Самыми распространенными деполяризаторами в процессах электрохимической коррозии являются растворенный кислород и ионы водорода. Соответственно различают процессы с кислородной и водородной деполяризацией.

С кислородной деполяризацией коррозируют металлы, находящиеся во влажной атмосфере, в воде, нейтральных растворах солей, во влажном грунте. Это самый распространенный тип коррозионных процессов.

$$(-) \quad Fe - 2e = Fe^{2+}$$

$$(+) \quad O_2 + 2H_2O + 4e = 4OH^-$$

$$2Fe + O_2 + 2H_2O = 2Fe(OH)_2$$

В процессах коррозии с *водородной деполяризацией* окисление металла происходит под действием ионов водорода:

$2H^+ + 2e = H_2$ в кислой среде;

$2H_2O + 2e = H_2 + 2OH^-$ в щелочной и нейтральной средах.

Коррозия с водородной деполяризацией преобладает в следующих условиях: для большинства металлов в растворах кислот, для очень активных металлов в нейтральных растворах (например, коррозия магния в воде и растворах хлорида натрия), для амфотерных металлов (например, олово, цинк, алюминий) в растворах щелочей.

Коррозию значительно замедляет поляризация. Концентрационная поляризация - накопление ионов металла на аноде и недостаточно быстрое связывание электронов, поступающих на катод, вследствие уменьшения концентрации окислителя в растворе. Газовая поляризация - слой адсорбированного водорода на поверхности катода, затрудняющий дальнейшее восстановление, если окислителями были ионы водорода.

Во многих случаях металл предохраняет от коррозии образующаяся на его поверхности стойкая нерастворимая оксидная пленка. Однако, некоторые анионы, например, хлориды, разрушают такие пленки за счет связывания катионов металлов прочные комплексные ионы, растворимые в воде, которые легко удаляются с поверхности металла тем самым усиливая коррозию.

Коррозию замедляют введением в жидкую фазу ингибиторов. Ингибиторы образуют с металлом нерастворимые соединения-соли или прочно связанные поверхностные соединения и таким образом предохраняют поверхность от дальнейшего окисления. Ингибиторы как бы наносят на поверхность металла слой масляной краски толщиной в одну молекулу.

Опыт 1. Коррозия оцинкованного и луженого железа в кислой среде

В две пробирки наливают по 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Затем кусочек пластинки из оцинкованного железа помещают в первую пробирку, а во вторую - кусочек пластинки из луженого железа (покрытого оловом). В обе пробирки доливают по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия, с помощью которого можно обнаружить Fe^{2+}, которые образуются при коррозии железа. Ион Fe^{2+} с этим реактивом дает характерное синее окрашивание в соответствии с реакцией:

$$3Fe^{2+} + 2[Fe(CN)_6]^{3-} = Fe_3[Fe(CN)_6]_2 \downarrow$$

Через несколько минут наблюдать растворение железа в кислоте, замечая синее окрашивание на срезах одной из пластинок.

Результаты опыта занести в таблицу:

	Оцинкованное железо	Луженое железо
Коррозионная гальванопара		
Процессы (-)		
на полюсах (+)		
Суммарная реакция		
Синеет через минуту		

В строке "коррозионная гальванопара" запишите электрохимическую схему гальванического элемента.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии оцинкованного и луженого железа и может ли быть использован цинк в качестве протектора для защиты стального оборудования.

Слейте кислоту в стакан для слива кислот осторожно, не теряя кусочков железа. Налить воды в пробирки и промыть 2 раза кусочки металла от кислоты, не доставая их из пробирок.

Опыт 2. Коррозия оцинкованного и луженого железа в нейтральной среде.

В две пробирки с кусочками металла из опыта 1 наливают по 2-3 мл раствора хлорида натрия и добавляют в каждую по 1 мл раствора гексацианоферрата (III) калия.

Через несколько минут замечают синее окрашивание на боковых срезах одной из пластинок.

Результаты опыта запишите в такую же таблицу, как и в первом опыте.

Сделайте вывод, какой металл растворяется при коррозии.

Опыт 3. Растворение химически чистого цинка и цинка, частично покрытого медью, в серной кислоте

В пробирку помещают гранулу химически чистого цинка и 2-3 мл разбавленной серной кислоты. Начавшееся растворение цинка через некоторое время замедляется или прекращается совсем.

В другую пробирку наливают 2-3 мл раствора сульфата меди и опускают такую же гранулу цинка. Через 4-5 минут осторожно сливают раствор и промывают омедненный цинк 2-3 раза водой. Воду сливают, добавляют 2-3 мл разбавленной серной кислоты и наблюдают выделение газообразного водорода.

Результаты опыта запишите в виде ответов на следующие вопросы:

1. Объясните, почему замедляется растворение химически чистого цинка в серной кислоте?

2. Составьте электрохимическую схему коррозионной гальванопары, образованной цинком и металлической медью, выделившейся на его поверхности.

3. Запишите процессы, происходящие у полюсов этой коррозионной гальванопары.

4. Сделайте вывод, почему происходит ускорение растворения цинка в контакте с медью.

Опыт 4. Действие ингибитора коррозии

В две пробирки налить 2-3 мл разбавленной серной кислоты, в одну из них добавляют 1 мл раствора уротропина. В две пробирки поместить по несколько кусочков железных стружек. Объясните разницу в действии на металлы обычной ингибированной кислоты.

Опыт 5. Действие стимулятора коррозии

В две пробирки поместить по кусочку алюминиевой пластинки и добавить по 1-2 мл водного раствора сульфата меди. В одну из пробирок всыпать микрошпатель(щепотку) сухого хлорида натрия. Следить, как влияет добавка его на коррозию алюминия.

Контрольные вопросы и задания.

1. Какое покрытие металла называют анодным и какое катодным? Назовите металлы, которые можно использовать для анодного и катодного покрытия железа во влажном воздухе и в сильнокислой среде.

2. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие: анодное

или катодное? Почему? Составьте уравнение анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении цельности покрытия во влажном воздухе и в растворе соляной кислоты. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

3. Почему некоторые достаточно активные металлы, например, алюминий, не корродируют на воздухе? Назовите другие металлы с аналогичными свойствами.

4. Одинаково ли отношение к коррозии технического и химически чистого металла? чем вызывается коррозия конструкционной стали?

5. Какое железо корродирует быстрее: находящиеся в контакте с оловом или медью? Мотивируйте ваш выбор.

6. Величины электродных потенциалов металлов уменьшается при повышении pH среды. Объясните, почему при изменении нейтральной среды на щелочную коррозионная устойчивость железа, меди, магния и ряда других металлов увеличивается, а алюминия, хрома, цинка, олова уменьшается.

Список литературы

1. Коровин Н.В. и др. Курс общей химии. - М.: Высш.шк., 1990.- 445 с.
2. Романцева Л.М. и др. Сборник задач и упражнений по общей химии. - М.: Высш.шк., 1991. - 228 с.
3. Любимова Н.Б. Вопросы и задачи по общей и неорганической химии. - М.: Высш.шк., 1990. - 351 с.
4. Смирнова Н.Б., Сахарова В.М. Коррозия и защита металлов. - Екатеринбург: Изд.УГГГА, 1995. - 68 с.
5. Бирюков Ю.В. и др. Общая и неорганическая химия. Лабораторный практикум. - М. - Киев: Высш.шк., 1990. - 133 с.

Химия. Часть III.

Руководство по выполнению лабораторных работ по дисциплине “Химия” для студентов всех профилизаций и направлений.

Авторы: Н.Б.Смирнова, доц., канд. хим. наук
В.М.Сахарова доц., канд. хим. наук

Корректура кафедры химии
Подписано к печати 01.11.95
Формат бумаги 60×84 1/16
Печ. л. 1.0 Тираж 100 экз. Заказ № 95
Цена *С*

Лаб. множительной техники УГГГА
620144, Екатеринбург, Куйбышева, 30

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ И РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИХ РАБОТ

ЭЛЕКРОТЕХНИЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализации:
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
Геология нефти и газа
Прикладная геохимия, минералогия и геммология

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

Часть 1. ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 5
1.1. Цель преподавателя дисциплины 5
1.2. Задачи изучения дисциплины 5
1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины 5
1.4. Содержание дисциплины 6

Часть 2. ДИЭЛЕКТРИКИ 12
2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков 12
2.2. Пробой газообразных диэлектриков 13
2.3. Пробой твердых диэлектриков 18
2.4. Практическая работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы 21
2.5. Объект исследования 21
2.6. Средства измерения 21
2.7. Рабочее задание 21
2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания 22
2.9. Контрольные вопросы 27

Часть 3. МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 28
3.1. Основные характеристики магнитных веществ 28
3.2. Физическая природа магнетизма 29
3.3 Классификация веществ по магнитным свойствам 32
3.4. Строение ферромагнетиков 33
3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции 36
3.6. Намагничивание ферромагнетика 38
3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях 41
3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость 44
3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях 46
3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа 53

3.11. Объект исследования 58
3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования 59
3.13. Подготовка осциллографа к работе 59
3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля 60
3.15. Подготовка звукового генератора к работе 61
3.16. Практическая работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы 62
3.17. Рабочее задание 62
3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания 63
3.19. Содержание отчета 66
3.20. Вопросы для самоконтроля 67
3.21. Практическая работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы 67
3.22. Рабочее задание 68
3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания 68
3.24. Содержание отчета 70
3.25. Вопросы для самоконтроля 70

Часть 4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ» 72
4.1. Требование к оформлению контрольной работы 72
4.2. Задание на контрольную работу 72
4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы 74
4.4. Экзаменационные вопросы 78
Учебно-методические материалы 80

Часть 1
ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель преподавателя дисциплины

В дисциплине «Электротехническое и конструкционное материаловедение» излагается широкий круг вопросов, связанных со свойствами различных материалов по отношению к электрическому и магнитному полям. Излагаются свойства разновидностей электротехнических материалов, применяемых в технике.

Целью преподавания дисциплины является изложение основных сведений о процессах, происходящих в электротехнических материалах под воздействием электрического и магнитного полей, ознакомление с основными характеристиками и параметрами, посредством которых оцениваются свойства материалов к этим полям, методами их практического определения, ознакомление с основными видами электротехнических материалов, областями и способами их применения.

Дисциплина «Электротехническое и конструкционное материаловедение» является одним из основных предметов, необходимых для последующего успешного освоения специальных дисциплин, изучаемых студентами направления подготовки бакалавров «Электроэнергетика и электротехника».

1.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» студенты должны иметь ясное представление о процессах, происходящих в электротехнических материалах при воздействии на них электрического и магнитных полей, знать основные характеристики и параметры материалов, научится определять их экспериментально, усвоить требования, которым должны удовлетворять материалы при использовании в устройствах, предназначенных для работы в условиях горной промышленности, уметь производить выбор конкретных видов электротехнических материалов.

1.3. Перечень дисциплин с указанием разделов (тем), усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины

Успешное усвоение дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение» базируется на знаниях, полученных студентами при изучении физики (разделы: физика твёрдого тела,

электричество, магнетизм), химии, теоретических основ электротехники (разделы: электрические цепи постоянного и переменного тока, магнитные цепи), электрических измерений (разделы: основы метрологии, методы измерения электрических величин).

1.4. Содержание дисциплины

1.4.1. Введение

Краткий исторический обзор развития производства и использования электротехнических материалов. Значение электротехнических материалов в развитии и совершенствовании современного электромашиностроения.

Роль русских и советских учёных в создании и совершенствовании современных электротехнических материалов.

Предмет дисциплины «Электротехническое и конструкционное материаловедение». Классификация электротехнических материалов.

Вопросы для самопроверки

1. Какое значение имеют электротехнические материалы в развитии электромашиностроения?
2. Перечислите основные классы электротехнических материалов по свойствам, которыми обладают по отношению к электромагнитному полю.
3. Каковы перспективы развития производства электротехнических материалов?

1.4.2. Диэлектрики

Понятие о диэлектриках. Поляризация диэлектриков и основные виды поляризации.

Классификация диэлектриков. Понятие о диэлектрической проницаемости, абсолютная и относительная диэлектрические проницаемости. Зависимость величины диэлектрической проницаемости от внешних факторов.

Понятие о электропроводности диэлектриков. Удельные объёмное и поверхностное сопротивления и методика их определения.

Диэлектрические потери. Угол диэлектрических потерь. Схемы замещения диэлектриков для учёта диэлектрических потерь. Виды диэлектрических потерь.

Понятие о электрическом пробое диэлектриков. Пробивное напряжение и электрическая прочность. Пробой газообразных диэлектриков. Виды пробоев жидких и твёрдых диэлектриков.

Физико-механические свойства диэлектриков. Основные механические свойства диэлектриков. Нагревостойкость. Классы нагревостойкости. Температура воспламенения и температура вспышки. Морозостойкость и тропикостойкость. Гигроскопичность и влагопроницаемость. Химические и радиационные свойства.

Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества называются диэлектриками?
2. По каким признакам классифицируются диэлектрики?
3. Какой процесс называется поляризацией диэлектриков?
4. Как происходит электронная поляризация?
5. Как зависит диэлектрическая проницаемость от температуры и частоты электрического поля при электронной поляризации?
6. Как происходит ионная поляризация, и в каких веществах она наблюдается?
7. Как происходит дипольная поляризация?
8. Как зависит величина диэлектрической проницаемости от температуры и частоты электрического поля?
9. Как происходит ионно-релаксационная, электронно-релаксационная и миграционная (структурная) поляризации?
10. Как осуществляется спонтанная поляризация и для каких диэлектриков она характерна?
11. На какие группы подразделяются диэлектрики в соответствии с видами поляризации, которыми они обладают?
12. Как зависит диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков от давления и температуры, величины напряжённости и частоты внешнего электрического поля?
13. Как зависит диэлектрическая проницаемость жидких диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
14. Как зависит диэлектрическая проницаемость твёрдых диэлектриков от температуры, величины напряженности и частоты электрического поля?
15. Как определяется диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков?
16. Назовите причины возникновения электрического тока в диэлектрике под воздействием внешнего электрического поля.
17. Что такое объёмное и поверхностное удельные сопротивления и как они определяются?
18. Как зависит электропроводность газообразных диэлектриков от напряжения и почему?
19. Чем обуславливается электропроводность твёрдых диэлектриков и как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?
20. Чем обуславливается электропроводность жидких диэлектриков, как она зависит от температуры и напряжённости электрического поля?

21. Какие потери называются диэлектрическими?
22. Какой угол называется углом диэлектрических потерь?
23. Нарисуйте схемы замещения диэлектрика и соответствующие им векторные диаграммы для учёта величины диэлектрических потерь.
24. Установите связь между параметрами параллельной и последовательной схем замещения диэлектрика с потерями.
25. Какие виды диэлектрических потерь существуют в диэлектриках?
26. Какое явление называется электрическим пробоем диэлектриков?
27. Каким образом происходит пробой газообразных диэлектриков?
28. От каких факторов зависит электрическая прочность газообразных диэлектриков?
29. Объясните, как осуществляется электрический пробой жидких диэлектриков с высокой степенью очистки?
30. Как осуществляется электрический пробой технически чистых диэлектриков?
31. Назовите виды пробоев твёрдых диэлектриков.
32. Как происходит электрический, электротепловой и электрохимический пробой?
33. Что такое гигроскопичность диэлектрика и как она влияет на его электрические свойства?
34. Перечислите основные механические свойства диэлектриков.
35. Назовите основные параметры, с помощью которых характеризуются тепловые свойства диэлектриков.
36. Перечислите классы нагревостойкости диэлектриков и дайте краткую характеристику каждого из них.

1.4.3. Изоляционные материалы

Газообразные изоляционные материалы. Сравнительные характеристики основных газообразных изоляционных материалов и области их применения.

Жидкие изоляционные материалы. Нефтяные масла. Трансформаторное масло, его основные харктеристики и свойства, старение и регенерация, методы испытаний и области применения.

Синтетические жидкие диэлектрики, сравнительные характеристики и области применения. Компаунды.

Полимерные изоляционные материалы. Волокнистые изоляционные материалы и слоистые пластики.

Слюда и материалы на основе слюды. Керамика и стекло.

Вопросы для самопроверки

1. Какие из газообразных изоляционных материалов нашли наибольшее практическое применение?
2. Произведите сравнительный анализ свойств газообразных изоляционных материалов.

3. В чём заключается старение трансформаторного масла и как оно восстанавливается?
4. Какими параметрами характеризуется трансформаторное масло как электроизоляционный материал?
5. Перечислите основные синтетические жидкие диэлектрики, используемые на практике, их основные свойства и области применения.
6. Какие органические высокомолекулярные изоляционные материалы, используемые на практике, вам известны?
7. Какими свойствами обладают компаунды и основные области их применения?

1.4.4. Магнитные материалы

Природа магнетизма. Условия возникновения ферромагнитных свойств у веществ. Классификация веществ по магнитным свойствам.

Строение ферромагнетиков. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции. Использование этих явлений в технике.

Основные характеристики магнитных материалов. Петля гистерезиса и основная кривая намагничивания. Остаточная индукция и коэрцитивная сила, индукция технического насыщения.

Относительная и абсолютная магнитные проницаемости. Потери на гистерезис и вихревые токи при перемагничивании в переменных магнитных полях. Явление вытеснения магнитного поля и его последствия.

Магнитомягкие, магнитотвёрдые материалы и магнитные материалы специального назначения.

Разновидности магнитных материалов. Листовые электротехнические стали и пермаллой, основные характеристики и применение.

Вопросы для самопроверки

1. Какие элементарные круговые точки существуют в атоме?
2. Какой круговой ток создаёт наибольший магнитный момент в атоме?
3. Чем объяснить то, что не у всех химических элементов атомы обладают собственным магнитным моментом?
4. Как называются области в ферромагнетиках, в пределах которых магнитные моменты атомов ориентированы параллельно?
5. Как происходит намагничивание ферромагнетиков?
6. Какое явление в ферромагнетиках называется магнитной анизотропией?
7. Где и как учитывается явление магнитной анизотропии?
8. В чём заключается явление магнитострикции и где оно используется?
9. Чем отличается основная кривая намагниченности от петли гистерезиса?

10. Назовите основные характеристики ферромагнитных материалов.
11. Как зависит величина магнитной проницаемости от напряжённости магнитного поля?
12. Как зависит магнитная проницаемость от частоты переменного магнитного поля?
13. Как расшифровать обозначения марок электротехнических сталей?
14. Назовите основные характеристики листовых электротехнических сталей и области их применения.
15. Что представляют собой сплавы пермаллои?
16. В чём преимущество холоднокатаных сталей перед горячекатаными?
17. Какие основные виды магнитотвёрдых материалов используется на практике?
18. Какие материалы специального назначения используются на практике?
19. Что представляют собой ферриты и в чём их преимущество перед другими видами магнитных материалов?

1.4.5. Полупроводники

Понятие о полупроводниках. Классификация полупроводников. Понятия о видах электропроводности полупроводников.

Вопросы для самопроверки

1. Какие вещества называются полупроводниками?
2. Какие виды электропроводности свойственны собственным полупроводникам?
3. Как получить полупроводник с основной электронной электропроводностью?
4. Как получить полупроводник с основной дырочной электропроводностью?
5. Как зависит удельная электропроводность полупроводников от температуры?
6. Как влияет механическая деформация на электропроводность полупроводника?
7. Как зависит электропроводность полупроводников от частоты и интенсивности световой энергии?
8. Как влияет напряжённость электрического поля на электропроводность полупроводника?

1.4.6. Проводники

Понятие о проводниках природа электропроводности проводников. Основные характеристики. Классификация проводниковых материалов. Понятие о сверхпроводимости проводников.

Вопросы для самопроверки

1. Какой механизм электропроводности свойственен металлам?
2. Какой механизм электропроводности свойственен электролитам?

3. В чём разница в объяснении механизма электропроводности с позиций классической электронной теории строения металлов и кантовой механики?
4. Какими параметрами характеризуются свойства проводников?
5. Чем объяснить зависимость удельной электропроводности металлов от температуры?
6. Почему удельное сопротивление металла зависит от его деформации?
7. Какие материалы относятся к материалам высокой проводимости?
8. Дайте сравнительную характеристику меди и алюминия.
9. Какие сплавы высокого сопротивления применяются в технике?
10. Что такое явление сверхпроводимости?
11. Каким материалам и при каких условиях свойственно явление сверхпроводимости?

1.4.7. Примерный перечень лабораторных работ

1. Определение электрической прочности газообразных и твёрдых диэлектриков.
2. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при постоянной частоте магнитного поля.
3. Определение динамических характеристик ферромагнетиков при изменяющейся частоте магнитного поля.

Часть 2
ДИЭЛЕКТРИКИ

2.1. Основные сведения о пробое диэлектриков

Важнейшей областью использования диэлектриков в технических целях является применение их в качестве изоляционных материалов, предназначающихся для предотвращения протекания электрического тока по путям, не предусмотренным электрической схемой установки. Такое использование диэлектриков связано с их исключительно малой электропроводностью.

Так, удельная объемная электропроводность этих материалов при комнатной температуре не превышает 10^{-8} см/м, а удельное объемное сопротивление соответственно больше 10^{8} Ом·м.

Такое значение электропроводности и удельного объемного сопротивления сохраняется только для определенного напряжения. Превышение этого напряжения приводит к резкому (скачкообразному) возрастанию электропроводности и уменьшению сопротивления диэлектрика.

Потеря диэлектриком изоляционных свойств под воздействием внешнего электрического поля называется ***пробоем***.

Напряжение, при котором в диэлектрике возникает электрический пробой, называется ***пробивным*** или ***напряжением пробоя***.

Пробивное напряжение обозначается $U_{\text{пр}}$. Единицей измерения пробивного напряжения в системе СИ является вольт (В). Допускается использовать в качестве единицы измерения пробивного напряжения киловольт (кВ).

Значение пробивного напряжения зависит от химического состава, структуры строения, толщины диэлектрика и воздействия ряда других факторов.

Другой важнейшей характеристикой способности диэлектриков выдерживать воздействие высоких напряжений без потери изоляционных свойств является электрическая прочность ($E_{\text{пр}}$). Под электрической прочностью понимается отношение пробивного напряжения диэлектрика к его толщине:

$$E_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{пр}}}{h},$$

где h – толщина диэлектрика.

Единицей измерения электрической прочности в системе СИ является В/м. В связи с тем, что использование этой единицы на практике неудобно из-за

малой толщины изоляции в различных электромеханических установках и больших значений пробивных напряжений, ГОСТом допускается применение внесистемной единицы измерения, равной кВ/мм. Соотношение между этими единицами – кВ/мм = 10^6 В/м.

Если на диэлектрик воздействует внешнее однородное электрическое поле, то электрическая прочность представляет собой напряженность этого поля, при которой происходит пробой.

В зависимости от механизма развития и причин возникновения различают следующие виды пробоев: электрический, тепловой и электрохимический.

Электрический пробой связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации, возникающих в сильных электрических полях и приводящих к быстрому росту концентрации свободных носителей электрических зарядов к скачкообразному увеличению электрического тока в месте пробоя при превышении значения напряженности электрического поля, равного электрической прочности диэлектрика.

Тепловой пробой возникает под воздействием тепловой энергии, выделяющейся в диэлектриках за счет диэлектрических потерь или поступающей от посторонних источников тепловой энергии. Тепловая энергия вызывает уменьшение активного сопротивления диэлектриков и возрастание активного потока, приводящих к дальнейшему увеличению температуры диэлектриков с последующим их термическим разрушением.

Электрохимический пробой возникает при длительной эксплуатации диэлектриков в электрических полях и связан с изменением химического состава в результате протекающих в диэлектриках электрохимических процессов.

Более подробно каждый из видов пробоя диэлектриков рассмотрен в последующих параграфах.

2.2. Пробой газообразных диэлектриков

В газообразных диэлектриках пробой является электрическим и связан с развитием процессов ударной и фотонной ионизации под воздействием сильных электрических полей.

В любом газообразном диэлектрике содержится малое количество положительных и отрицательных ионов и электронов, находящихся в хаотическом тепловом движении. Под воздействием электрического поля эти частицы начинают перемещаться либо в направлении напряженности поля

(положительные ионы), либо в направлении, противоположном ей (электроны, отрицательные ионы).

При этом каждая из частиц получает добавочную энергию за счет электрического поля

$$W_{ч} = g \cdot U_{\lambda}, \tag{2.1}$$

где g – электрический заряд напряженной частицы; U_{λ} – разность потенциалов на длине свободного пробега заряженной частицы.

В однородном электрическом поле

$$U_{\lambda} = E \cdot \lambda, \tag{2.2}$$

где E – напряженность однородного электрического поля; λ – длина свободного пробега частицы.

Таким образом, в однородном электрическом поле добавочная энергия, приобретенная частицей в результате воздействия электрического поля:

$$W_{ч} = g \cdot E \cdot \lambda. \tag{2.3}$$

В конце пути свободного пробега заряженная частица сталкивается с нейтральной молекулой. Если при этом энергия заряженной частицы оказывается больше энергии ионизации нейтральной молекулы газообразного диэлектрика, то последняя расщепляется на электрон и положительно заряженный ион. Этот процесс получил название процесса ударной ионизации.

Таким образом, условие возникновения ударной ионизации описывается уравнением

$$W_{ч} \geq W_{и}. \tag{2.4}$$

С учетом уравнений (2.2) и (2.3) получим:

$$E_{н} \cdot g \cdot \lambda \geq W_{и},$$

а

$$U_{\lambda} = E_{н} \cdot \lambda \geq W_{и}, \tag{2.5}$$

где U_{λ} – ионизационный потенциал газообразного диэлектрика; $E_{н}$ – начальная напряженность поля.

Ионизационный потенциал характеризует энергию ионизации диэлектрика. У различных газообразных диэлектриков он лежит в диапазоне от 4 до 25 В, что соответствует энергии ионизации от 4 до 25 эВ.

Так как λ и g для каждого из газообразных диэлектриков постоянны, то ударная ионизация начинается при определенной напряженности поля, называемой начальной напряженностью.

В ряде случаев столкновение заряженной частицы с нейтральной молекулой может не ионизировать последнюю, а принести ее в возбужденное состояние. Через определенный промежуток времени возбужденная молекула испускает фотон, отдавая при этом избыточную энергию. Фотон поглощается

другой нейтральной молекулой, которая в этом случае ионизируется, расщепляясь на электрон и положительно заряженный ион. Такая ионизация называется фотонной. Фотонная ионизация приводит к быстрому развитию канала пробоя в газообразном промежутке.

Развитие процессов ударной и фотонной ионизации при напряженности электрического поля большей, чем начальная, приводит к резкому возрастанию количества свободных носителей электрических зарядов и возникновению двух встречных источников разноименно заряженных частиц в канале пробоя.

В результате пробоя пространство, занимаемое каналом пробоя, заполнено движущимися заряженными частицами газа. Такое состояние газообразного диэлектрика получило название газоразрядной плазмы.

За счет фотонной ионизации пробой газов осуществляется практически мгновенно.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от длительности воздействия электрического поля. При кратковременном воздействии напряжение пробоя диэлектрика, выше чем при длительном воздействии. Повышение пробивного напряжения характеризуется коэффициентом импульса

$$\beta = \frac{U_{\text{пр}}}{U_{\text{пр50}}}, \qquad (2.6)$$

где $U_{\text{пр}}$ – пробивное напряжение при данной длительности импульса; $U_{\text{пр50}}$ – пробивное напряжение при постоянном или переменном напряжении частотой 50 Гц.

Значения коэффициента импульса находятся в диапазоне от 1 до 1,5.

Электрическая прочность газообразных диэлектриков зависит от расстояния между электродами или толщины диэлектрика. Зависимость $E_{\text{пр}}=f(h)$ представлена на рисунке 2.1.

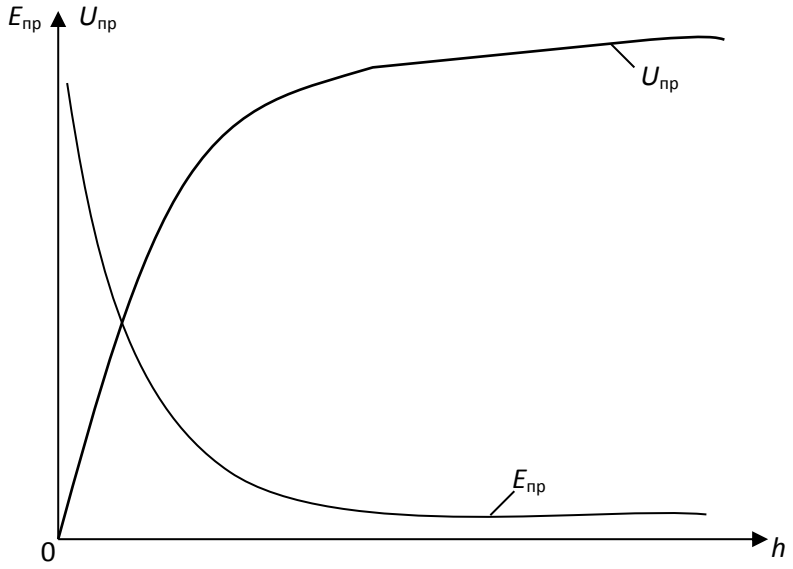


Рис. 2.1. Зависимость электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами

Из рис. 2.1 видно, что с ростом толщины диэлектрика его электрическая прочность уменьшается, а пробивное напряжение увеличивается. Это объясняется тем, что при малых расстояниях между электродами затрудняется возникновение процесса ударной ионизации. Это видно из анализа уравнения (2.5).

Решив уравнение (2.5) относительно $E_н$, получим

$$E_н = \frac{W_и}{g \cdot \lambda}.$$

При малых расстояниях между электродами, когда $h \geq \lambda$, можно записать

$$E_н = \frac{W_и}{g \cdot h}. \qquad (2.7)$$

Из уравнения (2.7) видим, что чем меньше толщина газообразного диэлектрика, тем больше начальная напряженность электрического поля, при которой энергия движущийся заряженной частицы обеспечивает ионизацию молекулы газообразного диэлектрика и возникновение процессов ударной и фотонной ионизации.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит также и от давления газа. Эта зависимость представлена на рисунке 2.2.

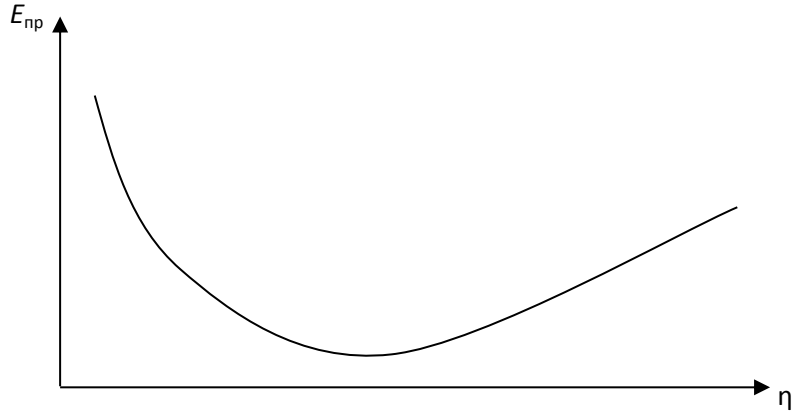


Рис. 2.2. Зависимость электрической прочности газа от давления

Как видно из рис. 2.2, при малых значениях давления наблюдается уменьшение электрической прочности с ростом давления. Такое явление объясняется тем, что при малых давлениях вероятность столкновения заряженной частицы с нейтральной молекулой незначительная, и затрудняется развитие процессов ударной и фотонной ионизации. С ростом давления плотность молекул газа увеличивается, что приводит к возрастанию

вероятности столкновений заряженных частиц с молекулами газа и облегчает развитие процессов ударной ионизации. При сверхвысоких давлениях существенно уменьшается длина свободного пробега заряженной частицы, что, согласно уравнению (2.7), приводит к росту начальной напряженности поля.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика существенно зависит от однородности электрического поля (рис. 2.3).

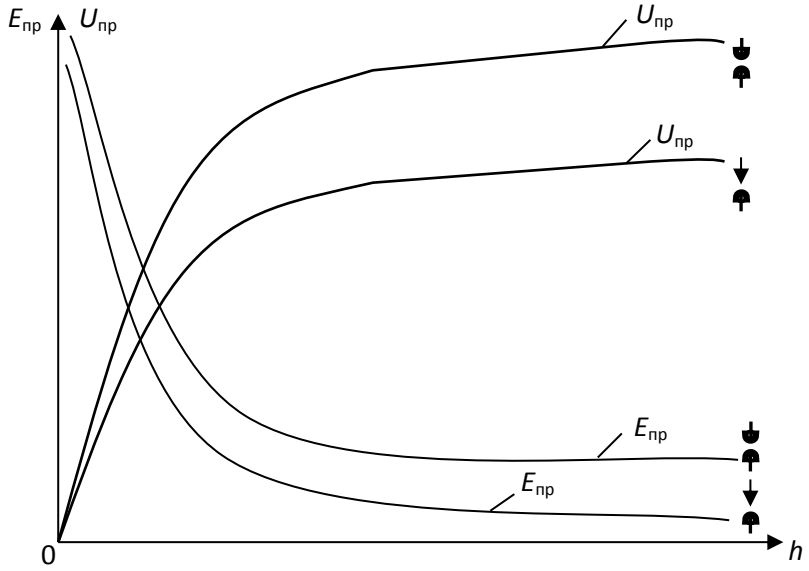


Рис. 2.3. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения газообразного диэлектрика от расстояния между электродами в однородном и неоднородном электрических полях

В однородных электрических полях, возникающих между плоскими электродами с закругленными краями, либо между сферическими электродами большого диаметра, электрическая прочность значительно выше, чем в неоднородных электрических полях между электродами типа «игла – игла», «полусфера – игла», « плоскость – игла» и т. п. Неоднородное электрическое поле возникает также между двумя полусферами, когда расстояние между ними больше радиуса сферы.

Меньшее значение электрической прочности газообразных диэлектриков в неоднородных электрических полях по сравнению с электрической прочностью в однородных полях объясняется тем, что при одной и той же разности потенциалов между электродами напряженность поля в точках, расположенных по кратчайшему расстоянию между двумя электродами, в неоднородных полях значительно выше, чем напряженность однородного электрического поля. Следовательно и электрический пробой газообразного диэлектрика в неоднородном электрическом поле произойдет при меньшем напряжении, приложенном к электродам, чем в однородном поле.

По разному развивается электрический пробой в однородных и неоднородных электрических полях.

В однородном электрическом поле при определенном значении напряжения, зависящем от температуры, давления газа и расстояния между электродами возникает искровой разряд, переходящий в дуговой при дальнейшем росте напряжения.

В неоднородных электрических полях вначале возникает частичный разряд в местах, где напряженность достигает максимальных значений (коронный разряд). При дальнейшем возрастании напряжения коронный разряд переходит в искровой, а затем и в дуговой разряды.

Электрическая прочность газообразного диэлектрика зависит от полярности электродов типа «игла – плоскость», «игла – сфера».

При положительной полярности иглы пробой происходит при меньшем напряжении, чем при обратной полярности. Это явление объясняется тем, что ионизация газа начинается в районе кончика иглы, независимо от ее полярности, так как именно в этой области напряженность поля максимальная. При положительной полярности иглы у ее кончика возникает положительный объемный заряд из положительно заряженных ионов газа, который как бы является продолжением иглы, способствуя уменьшению длины газообразного промежутка и соответствующему уменьшению пробивного напряжения.

При отрицательной полярности иглы образовавшийся объемный положительный заряд как бы экранизирует иглу, препятствуя перемещению электронов от иглы к поверхности положительно заряженной плоскости или сферы. Наличие экрана из положительно заряженных ионов около кончика иглы и приводит к возрастанию пробивного напряжения при отрицательной полярности иглы, по сравнению с пробивным напряжением при обратной полярности иглы.

2.3. Пробой твердых диэлектриков

В твердых диэлектриках могут возникать четыре вида пробоев:

- электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков;
- электрический пробой макроскопически неоднородных твердых диэлектриков;
- электротепловой (тепловой) пробой;
- электрохимический пробой.

Электрический пробой макроскопически однородных твердых диэлектриков развивается аналогично электрическому пробою в газообразных диэлектриках в результате осуществления процесса ударной ионизации, когда

исключено влияние электропроводности и диэлектрических потерь, обуславливающих разогрев диэлектрика.

В связи с этим, зависимости электрической прочности и пробивного напряжения твердых диэлектриков от толщины и конфигураций электродов анологичны таким же зависимостям для газообразных диэлектриков (рис. 2.1, рис. 2.3).

Электрический пробой неоднородных диэлектриков характерен для технических диэлектриков, в структуре которых имеются поры и капилляры, заполненные газообразным диэлектриком. Чаще всего таким газообразным диэлектриком является воздух. Так как электрическая прочность воздуха значительно меньше электрической прочности твердых диэлектриков, то наличие капилляров и пор в структуре твердых диэлектриков обуславливает значительную меньшую электрическую прочность неоднородных диэлектриков сравнению с однородными.

С ростом толщины неоднородного твердого диэлектрика наблюдается уменьшение его электрической прочности, так как возрастает количество газовых включений.

Электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков зависит от однородности и неоднородности электрического поля. Но, в отличие от газообразных и однородных твердых диэлектриков, электрическая прочность неоднородных твердых диэлектриков может быть в неоднородном поле больше, чем в однородном. Это связано с тем, что при большей площади электродов, между которыми создается однородное поле, возрастает количество слабых мест (пор, капилляров, трещин и т. д.), приводящих к снижению электрической прочности твердого диэлектрика.

Электротепловой (тепловой) пробой связан с разогревом материала в электрическом поле за счет возрастания сквозной электропроводности и диэлектрических потерь, приводящих к потере изоляционных свойств материала. Пробивное напряжение при электротепловом пробое зависит от частоты поля, условий охлаждения, температуры окружающей среды и т. п.

Установившийся температурный режим возникает тогда, когда выделение тепла в изоляционном материале равняется теплоотдаче в окружающую среду. Этот режим описывается следующим уравнением

$$U^2 \cdot \omega \cdot c \cdot \mathrm{tg}\delta = \sigma \cdot S\left(t_{\text{раб}} - t_{\text{о}}\right), \qquad (2.8)$$

где U – напряжение на электродах; ω – угловая частота; c – емкость изоляционного материала; $\mathrm{tg}\delta$ – тангенс угла диэлектрических потерь изоляционного материала σ – коэффициент теплоотдачи; S – поверхность изоляционного материала; $t_{\text{раб}}$ – температура изоляционного материала; $t_{\text{о}}$ – температура окружающей среды.

На рисунке 2.4 построены зависимости мощности диэлектрических потерь P_a и мощности теплоотдачи P_t от температуры.

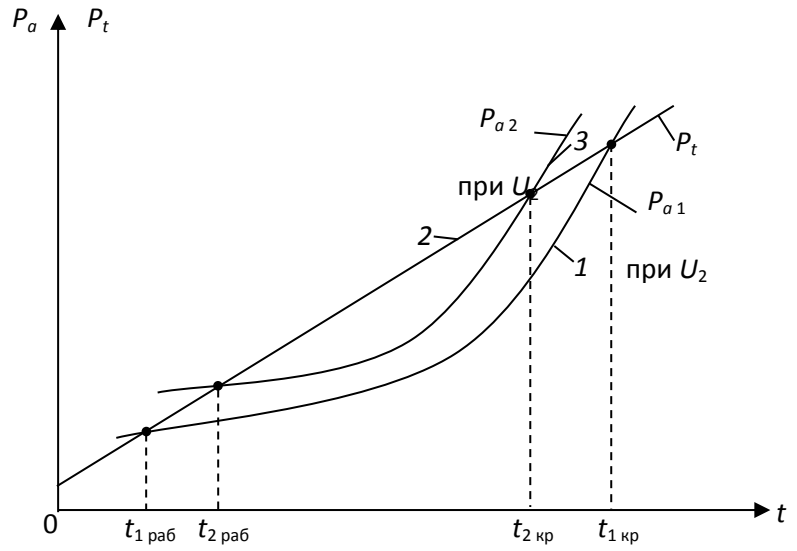


Рис. 2.4. Зависимость мощности диэлектрических потерь и мощности теплоотдачи изоляционного материала от температуры

Как видно из рис. 2.4, зависимость $P_{a1}=f(t)$ имеет две точки пересечения с прямой $P_t = f(t)$ и следовательно, два установившихся режима при $t_{1раб}$ и $t_{1кр}$. Учитывая, что в условиях эксплуатации не исключается дополнительный разогрев изоляционного материала за счет посторонних источников тепловой энергии, рабочая температура может случайно возрасти. Если с учетом возможного возрастания $t_{1раб}<t_{1кр}$, то тепловой пробой не произойдет, так как количество тепла, выделяемое внутри диэлектрика, возрастает медленнее, чем увеличивается теплоотдача. Если за счет дополнительного нагрева установится соотношение $t_{1раб}>t_{1кр}$, то количество тепловой энергии, выделяемой в изоляционном материале, превысит теплоотдачу, и температура будет расти до полного разрушения диэлектрика. С ростом напряжения зависимость $P_a=f(t)$ смещается вверх (см. кривую *3*, полученную при $U_2>U_1$). При тех же самых условиях охлаждения повышение напряжения приводит к росту рабочей температуры ($t_{2раб}>t_{1раб}$) и уменьшению критической температуры ($t_{1кр}>t_{2кр}$).

Таким образом, как видно из рис. 2.4, увеличение напряжения приводит к возрастанию рабочей температуры за счет роста количества тепла, выделяемого в материале.

Выделение тепловой энергии вследствие диэлектрических потерь приводит к увеличению электрической прочности диэлектрика. На рисунке 2.5 приведены зависимости электрической прочности и пробивного напряжения

твердого диэлектрика от толщины при электрическом и электротепловом пробоях.

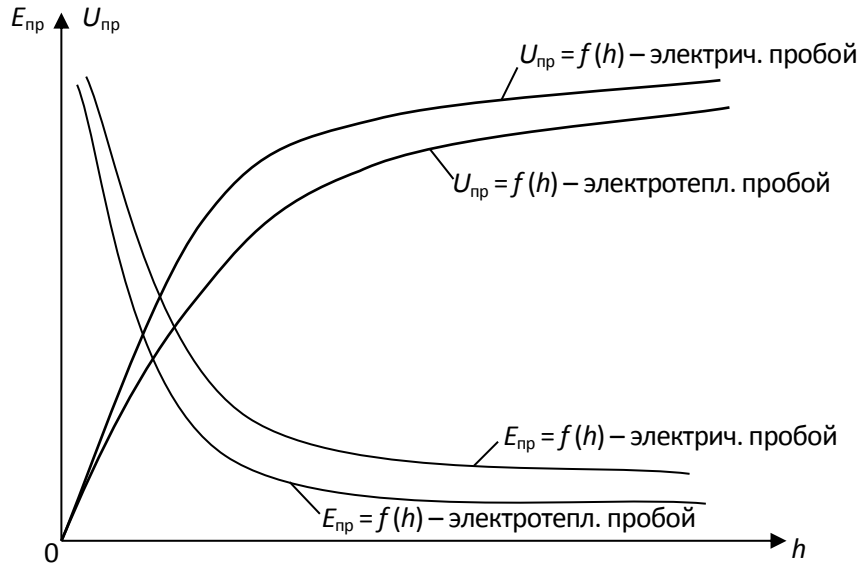


Рис. 2.5. Зависимости электрической прочности и пробивного напряжения от толщины диэлектрика

Как видно из рис. 2.5, электрическая прочность изоляционного материала при электротепловом пробое меньше, чем при чисто электрическом пробое.

Уменьшение электрической прочности при электротепловом пробое связано с одной стороны с разрушением структуры строения изоляционного материала (растрескивание, обугливание и т. д.), когда рабочая температура превышает критическую. С другой стороны, электрическая прочность при электротепловом пробое меньше, чем при электрическом даже в том случае, когда рабочая температура не превышает критическую. Такое явление можно объяснить следующим образом: с ростом температуры изоляционного материала увеличивается кинетическая энергия теплового хаотического движения заряженных частиц и нейтральных молекул твердого диэлектрика. Возрастание энергии теплового хаотического движения молекул приводит к тому, что полю необходимо сообщить меньшую дополнительную энергию движущихся заряженных частиц, чтобы последняя могла ионизировать нейтральную молекулу при столкновении с ней. И, следовательно, выполнение условия развития ударной ионизации наступает при меньшем напряжении, подаваемом на электроды.

2.4. Лабораторная работа № 1. Определение электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков. Цель работы

Целью лабораторной работы является научить студентов определять электрическую прочность твердых и газообразных диэлектриков и выявлять зависимости электрической прочности от толщины диэлектрика и конфигурации электродов, формирование навыков использования теоретических сведений к объяснению результатов эксперимента.

2.5. Объект исследования

1. Образцы твердых диэлектриков. Материал, размеры образцов и их толщины задаются преподавателем.
2. Воздух. Длины воздушных зазоров задаются преподавателем.

2.6. Средства измерения

1. Испытательная высоковольтная установка с максимальным напряжением до 10 кВ. Принципиальная электрическая схема установки приведена на рис. 2.6.
2. Вольтметр переменного тока с пределом измерения до 150 В.
3. Микрометр типа МК с пределом измерения 0 – 25 мм. Цена деления микрометра – 0,1 мм.
4. Штангенциркуль. Цена деления – 0,1 мм.

2.7. Рабочее задание

1. Испытать на электрический пробой образцы твердого диэлектрика различной толщины, определяя пробивное напряжение каждого из них. Число образцов и измерений определяет преподаватель.
2. Рассчитать электрическую прочность каждого образца.
3. Произвести электротепловой пробой аналогичных по химическому составу и толщине образцов твердого диэлектрика, определяя пробивное напряжение каждого образца. Количество образцов и измерений такое же, как и при испытании на электрический пробой.
4. Рассчитать электрическую прочность каждого образца при электротепловом пробое.
5. Построить для одних и тех же образцов:
   - зависимости $U_{пр}=f(h)$ при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат;

- зависимости $E_{пр}=f(h)$ при электрическом и электротепловом пробоях в одних осях координат.

6. Осуществить электрический пробой воздуха при различных толщинах воздушного зазора h, определяя каждый раз значение пробивного напряжения. Электрический пробой произвести для двух сочетаний электродов с различной конфигурацией, заданных преподавателем.
7. Рассчитать электрическую прочность воздуха для каждого пробоя.
8. Построить:
   - зависимости $U_{пр}=f(h)$ для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат;
   - зависимости $E_{пр}=f(h)$ для каждого из сочетаний электродов в одних осях координат.
9. Сделать выводы по работе.

2.8. Методические указания по выполнению рабочего задания

2.8.1. Устройство и принцип действия лабораторной установки

Принципиальная электрическая схема лабораторной установки для определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых и газообразных диэлектриков приведена на рис. 2.6.

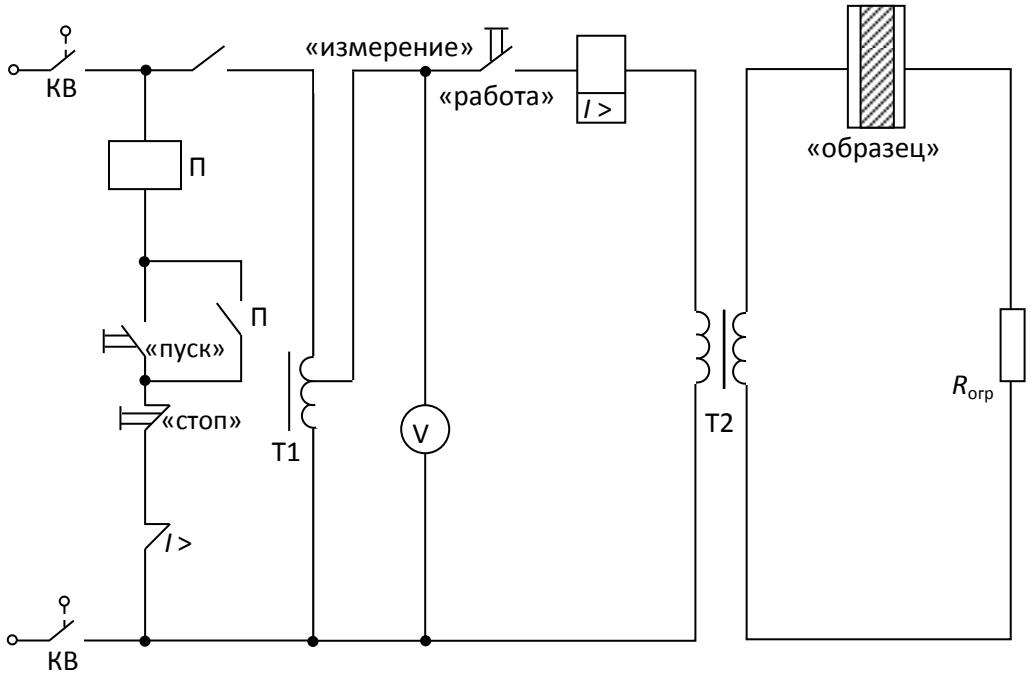


Рис. 2.6. Принципиальная электрическая схема установки

В состав установки входят:

– линейный автотрансформатор Т1, предназначенный для регулирования напряжения, подаваемого на испытательный образец;

– высоковольтный трансформатор Т2 с максимальным напряжением вторичной обмотки U_{2max}=10 кВ и коэффициентом K=10;
– сопротивление $R_{огр}$, предназначенное для ограничения тока в обмотке высокого напряжения при возникновении пробоя образца;
– электромагнитный пускатель: кнопки «пуск» и «стоп»;
– сигнальная лампа «напряжение подано»;
– переключатель режима работы установки «работа – измерение»;
– многопредельный вольтметр.

В нижней части лабораторной установки находится высоковольтный трансформатор и токоограничивающее сопротивление. Эта часть установки закрыта металлическим заземленным экраном, исключающим возможность попадания работающего на установке под высокое напряжение.

На верхней, горизонтально расположенной части установки находятся линейный автотрансформатор, вольтметр, переключатель режима работы и высоковольтная камера со сменными электродами.

Принцип действия лабораторной установки заключается в следующем. При закрытой дверце высоковольтной камеры контакты концевых выключателей КВ замкнуты и электрическая цепь установки подготовлена к работе.

При нажатии кнопки «пуск», расположенной в левом верхнем углу стенда, срабатывает электромагнитный пускатель П и через его замкнутые контакты напряжение подается на автотрансформатор Т1. Одновременно в камере высокого напряжения загорается сигнальная лампа «напряжение подано». Вторая пара контактов пускателя блокирует кнопку «пуск». Напряжение с выхода автотрансформатора поступает на обмотку низкого напряжения высоковольтного трансформатора, если переключатель режима работы установлен в положении «работа». Это напряжение измеряется многопредельным вольтметром переменного тока. На обмотке высокого напряжения трансформатора создается напряжение, значение которого может быть вычислено по формуле

$$U_2 = K \cdot U_1 . \qquad (2.9)$$

Когда напряжение U_2 достигает значения, равного напряжению пробоя $U_{пр}$, происходит пробой образца, и в цепи вторичной обмотки возрастает ток, амплитуда которого ограничивается сопротивлением $R_{огр}$. Возрастание тока вторичной обмотки вызывает соответствующее увеличение тока первичной обмотки трансформатора, в результате которого срабатывает реле максимального тока $I >$. Контакты этого реле размыкаются, разрывая цепь питания обмотки электромагнитного пускателя. Контакты пускателя размыкаются и отключают стенд от сети.

Обычно пробой образца происходит внезапно, что затрудняет отсчет по вольтметру напряжения, при котором произошел пробой. Поэтому для облегчения отсчета напряжения пробоя предусмотрена возможность работы установки в режиме «измерение». Для перевода установки в этот режим переключатель режима работы устанавливается в положение «измерение». В этом режиме высоковольтный трансформатор отключается от выхода автотрансформатора. Если положение рукояти автотрансформатора, регулирующей его выходное напряжение, сохранить таким же, как и в момент пробоя, то после нажатия на кнопку «пуск» вольтметр покажет то же напряжение, что было установлено при пробое.

2.8.2. Методика экспериментального определения пробивного напряжения и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое

1. Перед началом эксперимента необходимо проверить правильность подключения элементов установки (рис. 2.7), предварительно установив рукоятку автотрансформатора в нулевое положение и открыв дверку камеры высокого напряжения. Лампа «напряжение подано» не должна гореть.

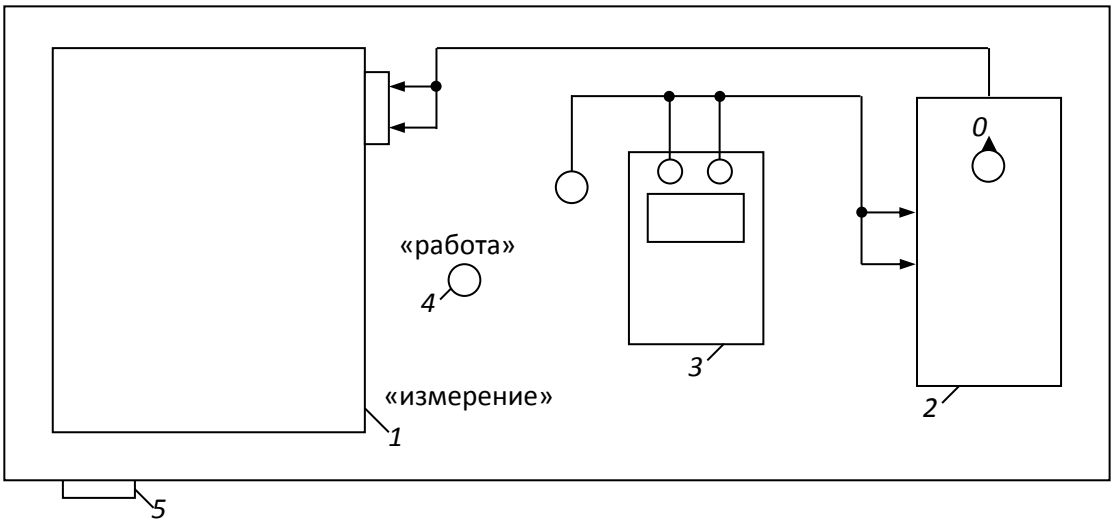


Рис. 7. Схема соединения элементов лабораторной установки:
1 – высоковольтная камера; 2 – линейный автотрансформатор; 3 – вольтметр; 4 – переключатель режима работы установки; 5 – кнопки «пуск» и «стоп»

2. Установить по указанию преподавателя сменные электроды.

3. Измерить микрометром толщину испытываемого образца диэлектрика. Рекомендуется начинать эксперимент с образца наибольшей величины. Данные измерений записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Экспериментальное определение напряжение пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электрическом пробое

№ п/п	h, мм	U_1, В	$U_{пр}$, кВ	$E_{пр}$, кВ/мм	Конфигурация электродов

Примечание: высота столбцов таблицы должна быть рассчитана для записи результатов пробоя 7 – 8 образцов.

4. Разместить образец между электродами в высоковольтной камере. Для этого необходимо отвернуть стопорный винт верхнего электрода до тех пор, пока последний не начнет свободно перемещаться. Поднять верхний электрод и поместить образец в образовавшийся зазор. Опустить верхний электрод на образец и повернуть стопорный винт в обратном направлении до упора.

5. Закрыть крышку камеры высокого напряжения.

6. Установить переключатель режима работы в положение «работа».

7. Нажать кнопку «пуск». При этом загорается лампа «напряжение подано».

8. Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, увеличивать напряжение, подаваемое на образец, до тех пор, пока не произойдет автоматическое отключение напряжения, свидетельствующее о пробое образца. Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

9. Переключатель режима работы установить в положение «измерение».

10. Нажать на кнопку «пуск». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна загореться.

11. По вольтметру отсчитать напряжение U_1, при котором произошел пробой диэлектрика и записать в табл. 2.1.

12. Нажать кнопку «стоп». Сигнальная лампа «напряжение подано» должна погаснуть.

13. Установить рукоятку линейного автотрансформатора в нулевое положение, открыть дверцу камеры высокого напряжения и убрать пробитый образец.

14. Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца по формуле

$$U_{пр} = \frac{K \cdot U_1}{1000}; \qquad (2.10)$$

$$E_{пр} = \frac{U_{пр}}{h}, \qquad (2.11)$$

где U_1 – действующее значение выходного напряжения автотрансформатора, В; $U_{пр}$ – действующее значение напряжения пробоя образца, кВ; K=100 – коэффициент

трансформации высоковольтного трансформатора; $E_{пр}$ – электрическая прочность образца, кВ/мм.

Рассчитанные значения $U_{пр}$ и $E_{пр}$ записать в таблицу 2.1.

2.8.3. Методика экспериментального определения электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое

1. Электротепловой пробой производится на образцах диэлектриков, аналогичных по химическому составу и геометрическим размерам образцам, использованным при электрическом пробое. Количество испытываемых образцов и их толщины задаются преподавателем.

2. Перед началом испытаний необходимо рассчитать значения начального напряжения $U_{нач}$ и интервал, через который будет изменяться напряжение установки ΔU по следующим формулам:

$$U_{нач} = 0{,}6 \cdot U_{пр} \cdot 1000; \qquad (2.12)$$

$$\Delta U = 1000 \cdot U_{пр} \cdot \frac{(1-0{,}6)}{6 \div 7} = \frac{0{,}4}{6 \div 7} \cdot U_{пр} \cdot 1000, \qquad (2.13)$$

где $U_{пр}$ – пробивное напряжение образца, полученное при электрическом пробое, кВ; ΔU – интервал, через который изменяется напряжение, приложенное к образцу при электротепловом пробое, В.

3. Выполнить пункты 3 – 7 из 2.8.2. данных методических указаний.

4. Плавно вращая рукоятку автотрансформатора, установить напряжение, подаваемое на образец, равным ___.

5. Выдержать образец под действием напряжения $U_{нач}$ и в течение интервала времени, указанного преподавателем.

6. Вращая рукоятку автотрансформатора увеличить напряжение на образец на ΔU.

7. Выдержать образец под действием напряжения в течение указанного преподавателем интервала времени.

8. Повторить операции, перечисленные в пунктах 6 и 7, до тех пор пока не произойдет пробой образца.

9. Измерить пробивное напряжение в соответствии с пунктами 9 – 13 из методики 2.8.2.

10. Рассчитать пробивное напряжение и электрическую прочность образца при электротепловом пробое по формулам (2.10) и (2.11). Данные измерений и расчётов записываются в таблицу 2.2. Пример заполнения таблицы приведен ниже.

Таблица 2.2

Экспериментальное определение напряжение пробоя и электрической прочности твердых диэлектриков при электротепловом пробое

№ п/п	h, мм	$U_{нач}$, В	ΔU, В	U_1, В	$U_{пр}$, кВ	$E_{пр}$, кВ/мм	Конфигурация электродов

11. Построить зависимости $U_{пр}=f(h)$ при электротепловом и электрическом пробоях в одних осях координат.

12. Построить зависимости $E_{пр}=f(h)$ при электротепловом и электрическом пробоях твердого диэлектрика в одних осях координат.

2.8.4. Методика экспериментального определения электрической прочности воздуха

1. Установить электроды заданной преподавателем конфигурации в высоковольтной камере стенда.

2. Установить необходимую толщину воздушного зазора между электродами. Для этого отвернуть стопорный винт верхнего электрода и разместить калиброванные пластины между электродами. Опустить верхний электрод на поверхность пластин и зафиксировать его положение с помощью стопорного винта. Убрать калиброванные пластины из камеры.

3. Осуществить электрический пробой воздуха в соответствии с пунктами 5 – 14 из 2.8.2. данных методических указаний. Электрический пробой воздуха произвести для двух сочетаний электродов различной формы в соответствии с указаниями преподавателя.

4. Построить зависимости $U_{пр}=f(h)$ для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

5. Построить зависимости $E_{пр}=f(h)$ для обоих сочетаний электродов в одних осях координат.

2.9. Контрольные вопросы

1. С помощью каких показателей характеризуется способность диэлектрика противостоять электрическому пробою?
2. Какая из величин (пробивное напряжение или электрическая прочность) более точно оценивает способность различных диэлектриков противостоять электрическому пробою?
3. Чем объяснить, что электрическая прочность пористых твердых диэлектриков ниже прочности однородных по структуре строения твердых диэлектриков?
4. Какими процессами обуславливается развитие электрического пробоя в газообразных диэлектриках?
5. В чем разница между электротепловым и чисто электрическим пробоем диэлектриков?
6. Какое явление называется пробоем диэлектриков?
7. В каком из электрических полей (однородном или неоднородном) электрическая прочность диэлектриков выше? Чем это можно объяснить?
8. По каким причинам электрическая прочность диэлектриков при тепловом пробое меньше, чем при электрическом?

9. Зависит ли электрическая прочность воздуха от полярности электродов при следующих сочетаниях электродов: игла – плоскость, игла – полусфера? Ответ аргументируйте.
10. Чем объяснить, что электрическая прочность воздуха при сочетании электродов игла плоскость или игла полусфера уменьшается в большем диапазоне, чем его прочность при сочетании электродов плоскость – плоскость, полусфера – полусфера, с ростом толщины воздушного зазора?
11. Чем объяснить, что электрическая прочность диэлектриков уменьшается с ростом толщины?
12. При каких условиях в твердых диэлектриках может произойти электротепловой пробой?
13. Почему необходимо учитывать процесс старения электрической изоляции при определении рабочего напряжения различных электрических машин?
14. Как изменяется электрическая прочность газообразных диэлектриков с ростом давления и почему?
15. Влияет ли температура на электрическую прочность диэлектриков? Ответ аргументируйте.

Часть 3
МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Основные характеристики магнитных веществ

Магнитное состояние вещества оценивается намагниченностью. Намагниченностью называется сумма элементарных магнитных моментов в единице объема вещества

$$M = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i}{V}, \qquad (3.1)$$

где m_i – элементарный магнитный момент (спин электрона); V – объем образца.

Значение намагниченности зависит от напряженности магнитного поля H и связано с последней в соответствии с уравнением:

$$M = \chi \cdot H$$

где χ – магнитная восприимчивость вещества.

В системе СИ магнитная восприимчивость является безразмерной величиной.

Под воздействием напряженности магнитного поля в веществе создается магнитная индукция, зависимость которой от напряженности поля и намагниченности материала описывается уравнением

$$B = \mu_0 (H + \chi \cdot H), \qquad (3.2)$$

где μ_0=1,256·10^{-6} – магнитная постоянная вакуума, Гн/м.

В системе СИ индукция измеряется в теслах (Тл), а в ситстеме СГС – в гауссах (ГС).

Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля может быть также описана следующим уравнением:

$$B = \mu_a \cdot H = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot H, \qquad (3.3)$$

где μ_a – абсолютная магнитная проницаемость; μ_r – относительная магнитная проницаемость.

Абсолютная магнитная проницаемость имеет ту же размеренность, что и магнитная постоянная вакуума, а относительная магнитная проницаемость является безразмерной величиной.

Абсолютная и относительная магнитная проницаемости связаны между собой соотношением

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu_r. \qquad (3.4)$$

Если учесть, что

$$\mu_a = \frac{B}{H},$$

а (3.5)

$$\mu_r = \frac{B}{H \cdot \mu_0},$$

становится ясным физический смысл относительной магнитной проницаемости. Она показывает, во сколько раз магнитная индукция в веществе больше, чем индукция в вакууме под воздействием намагничивающих полей одинаковой напряженности.

3.2. Физическая природа магнетизма

Известно, что элементарный замкнутый круговой электрический ток i создает магнитное поле, основной характеристикой которого является магнитный элемент

$$\underline{m} = i \cdot \underline{S},$$

где $\underline{S}$ – векторная величина площади, охватываемой током.

На уровне атома можно условно выделить три основные формы движения электрических зарядов, создающих элементарные магнитные моменты:

- движение электронов по круговой орбите вокруг ядра;
- вращение электронов вокруг собственной оси;
- вращение протонов ядра атома.

Наибольший магнитный момент создается за счет вращения электрона вокруг собственной оси. Этот магнитный момент получил название – спин электрона. Спины электронов могут принимать только вполне определенные дискретные значения, кратные постоянной Планка. Минимальное значение спина электрона превышает магнитный момент, создаваемый протоном, примерно в 650 раз.

Но не все электроны, создающие электронные оболочки атома, участвуют в создании магнитного момента атома. Рассмотрим, как создается результирующий магнитный момент атома вещества. Электроны в атомах вещества занимают различные энергетические уровни, которые принято изображать в виде ряда электронных оболочек. Количество оболочек в атоме химического элемента определяется номером периода таблицы Менделеева, в котором расположен данный элемент. Каждая из электронных оболочек состоит из ряда подоболочек, число которых колеблется от 1 до 4. Номер электронной оболочки индексируется цифрами от 1 до 7, а номер подоболочки буквами *S*, *p*, *d*, *f*. Пример обозначения оболочек и подоболочек приведен на рис. 3.1.

В подоболочках с индексом *S* могут находиться максимально 2, в подоболочках *p* – 6, в подоболочках *d* – 10 и в подоболочках *f* – 14 электронов.

Заполнение электронами оболочек и подоболочек у подавляющего большинства элементов подчиняются следующему правилу.

Прежде всего заполняются наиболее близко расположенные к ядру атома оболочки и подоболочки. Заполнение последующих электронных подоболочек начинается после того, как полностью заполнена предыдущая.

В полностью заполненных подоболочках половина количества электронов, заполнивших электронную подоболочку, вращаются в одном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых условно принимается за *положительное*.

Другая половина электронов данной подоболочки вращается в противоположном направлении, создавая спиновые моменты, направление которых принимается за *отрицательное*.

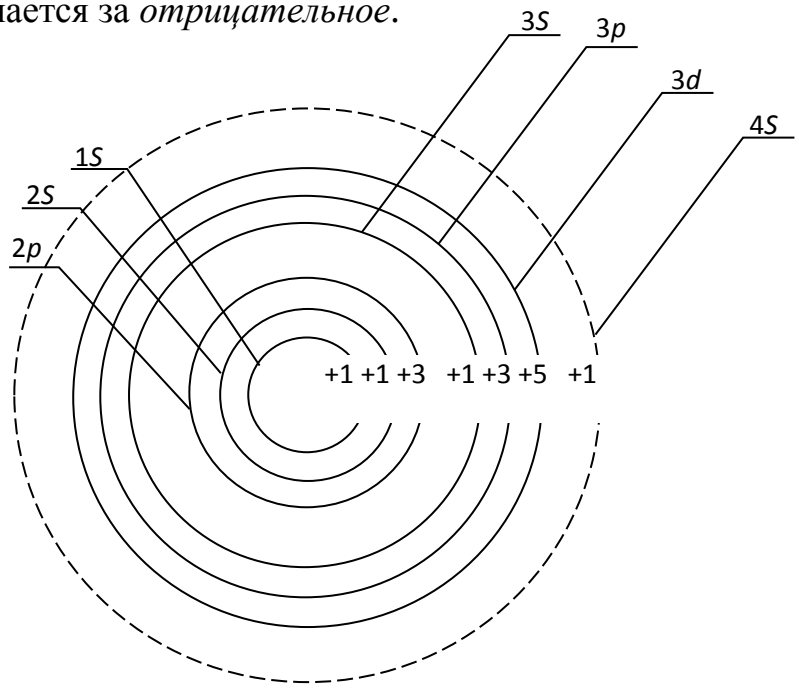


Рис. 3.1. Распределение электронов по оболочкам и подоболочкам в атоме железа

Так как количество положительных и отрицательных спинов в полностью заполненной электронной подоболочке одинаково, то они взаимокомпенсируются.

Следовательно, атомы элементов, электронные оболочки и подоболочки которых полностью заполнены электронами, не имеют собственных магнитных моментов, а сами вещества слабо намагничиваются в магнитном поле.

Но у ряда химических элементов такой порядок заполнения электронами оболочек и подоболочек нарушается.

Как видно из рис. 3.1, у атома железа не заполнена полностью подоболочка 3*d*, на которой находится всего 6 электронов вместо 10, а уже заполнена следующая, валентная для железа, подоболочка 4*S*.

Пять из шести электронов подоболочки 3*d* вращаются в одном направлении, создавая положительные спины электронов. Шестой электрон вращается в направлении обратном, создавая противоположно направленный спин – отрицательный.

Таким образом в подоболочке 3*d* атома железа существует 4 нескомпенсированных спинов электронов, которые, суммируясь, вызывают появление магнитного момента у атома.

Наличие нескомпенсированных спинов электронов в различных подоболочках наблюдается и у атомов ряда других элементов: кобальта, никеля, марганца и др.

Электроны, находящиеся в наружной валентной подоболочке, служить источником магнитных моментов не могут, т. к. при образовании молекул и кристаллов их магнитные моменты компенсируются спинами валентных электронов соседних атомов.

Учитывая вышеизложенное, можно сформулировать первое условие возникновения ферромагнетизма у веществ.

Для того чтобы вещество хорошо намагничивалось и в нем создавалась большая магнитная индукция, необходимо, чтобы у атомов этого вещества существовали нескомпенсированные спины электронов в подоболочках, предшествующих валентной.

Однако выполнения только одного этого условия недостаточно для того, чтобы вещество являлось ферромагнетиком. Связано это с тем, что в любом объеме вещества, с которым приходится иметь дело на практике, содержится большое количество атомов. Электроны атомов образуют многоэлектронный коллектив.

Между атомами происходит постоянный обмен электронами. При обмене между электронами соседних атомов возникает сильное электростатическое взаимодействие. Данное взаимодействие получило название «обменного», а энергия этого взаимодействия называется «обменной энергией».

Такое электростатическое взаимодействие электронов соседних атомов способно ориентировать нескомпенсированные спины электронов определенным образом. Направление ориентации спинов электронов соседних атомов определяется значением обменной энергии.

График зависимости обменной энергии от отношения *K* приведен на рис. 3.2.

Известно, что обменная энергия зависит от отношения

$$k = \frac{a}{r},$$

где a – расстояние между центрами соседних атомов; r – радиус электронной подоболочки с некомпенсированными спинами электронов.

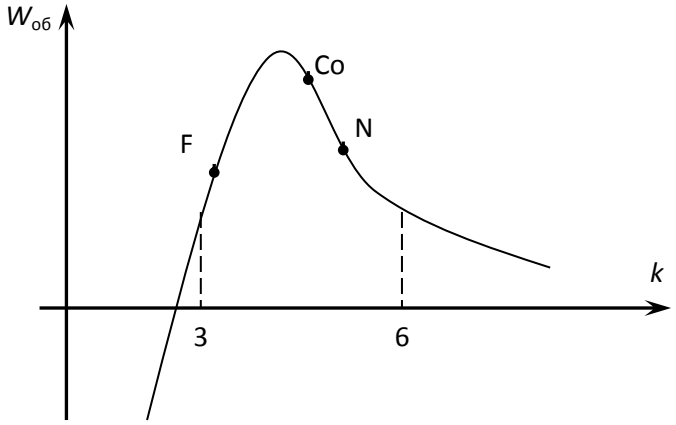


Рис. 2.2. Зависимость «обменной» энергии от геометрических размеров кристаллической решетки вещества

При $k > 3$ обменная энергия положительна, но настолько мала, что спины электронов соседних атомов ориентируются хаотично, вещества с такой ориентацией спинов намагничиваются слабо и относятся к классу парамагнетиков. С уменьшением k значение обменной энергии возрастает, что заставляет спиновые моменты соседних атомов ориентироваться параллельно друг другу. Это приводит к тому, что спиновые моменты атомов складываются и возникает самопроизвольное намагниченное состояние вещества. При k = 3,5 обменная энергия достигает максимума и при дальнейшем сближении атомов начинает убывать. Когда $k < 3$, обменная энергия становится отрицательной. При отрицательной обменной энергии энергетически выгодным становится взаимопротивоголожная ориентация спинов электронов соседних атомов, приводящая к их взаимной компенсации. Вещества с отрицательной обменной энергией называются антиферромагнетиками.

Таким образом, второе условие возникновения ферромагнетизма в веществе заключается в том, что оно должно обладать достаточно большей положительной обменной энергией, т. е. отношение k должно находиться в диапазоне $3 < k < 6$.

При выполнении обоих условий в веществе возникает внутреннее магнитное поле, характеризуемое намагниченностью М, определяемой в соответствии с уравнением (3.1).

3.3. Классификация веществ по магнитным свойствам

В 3.2. показано, что магнитные свойства веществ зависят от наличия или отсутствия нескомпенсированных спиновых моментов в электронных подоболочках атомов и от длины междуатомных расстояний между соседними атомами (отношение *k*).

По способности намагничиваться под воздействием магнитного поля все вещества подразделяются на следующие большие группы: диамагнетики, парамагнетики, магнетики.

Магнетики, в свою очередь, подразделяются на ферромагнетики, ферримагнетики и антиферромагнетики. Краткая характеристика каждой из групп материалов приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Классификация веществ по магнитным свойствам

Группа	Ориентация спиновых электронов соседних атомов	Краткая характеристика свойств
Диамагнетики	нескопенсированные спины электронов, отсутствуют	при отсутствии намагничивающего поля (H=0), намагниченность M=0. При $H\neq0$ появляются индуктированные магнитные моменты и $M\neq0$. Отсюда $\chi=-10^{-6}$, а $\mu_r<1$. Магнитная проницаемость μ_r не зависит от напряженности поля
Парамагнетики	ориентация спиновых моментов соседних атомов хаотичная	при H=0, у атомов существуют собственные магнитные моменты m, но намагниченность M=0, из-за хаотической оринетации спиновых моментов, $10^{-6}<\chi<10^{-3}$. Магнитная проницаемость $\mu_r>1$, но не значительно и не зависит от напряженности магнитного поля

Продолжение табл. 3.1

Группа	Ориентация спиновых электронов соседних атомов	Краткая характеристика свойств
Ферромагнетики	ориентация спиновых моментов паралельная	при H=0, у атомов существуют собственные магнитные моменты m, возникают области с самопроизвольной намагниченностью ($M\neq0$). Но в целом намагниченность всего атома вещества равна 0. $X=10^5\ldots10^7$. Магнитная проницаемость $\mu_r>>1$ и ее значение зависит от напряженности магнитного поля
Ферримагнетики (ферриты)	антипаралельная ориентация магнитных моментов разного	материалы, получаемые спеканием оксидов железа, никеля, цинка,

	значения	марганца и других металлов, являются нескомпенсированными антиферомагнетиками. При H=0 существуют области самопроизвольного намагничивания с $M \neq 0$. В целом вещество остается ненамагниченным. Магнитная проницаемость $\mu_r >> 1$ и зависит от напряженности поля
Антиферомагнетики	антипаралельная ориентация спиновых моментов соседних атомов	атомы имеют собственные магнитные моменты, одинаковые по значению и противоположно направленные. При H=0, намагниченность M=0, т. к. эти вещества обладают отрицательной обменной энергией. Легированием других веществ могут быть превращены в ферримагнетики.

Из таблицы видно, что наиболее высокими свойствами обладают ферромагнетики и ферримагнетики, в которых можно создавать значительно большие магнитные индукции, чем в других материалах, из-за наличия у них самопроизвольной намагниченности.

3.4. Строение ферромагнетиков

Все процессы намагничивания и перемагничивания обусловлены магнитным взаимодействием атомов. Это взаимодействие приводит к тому, что при отсутствии внешнего магнитного поля ферромагнитные тела разбиваются на области с самопроизвольным намагничиванием, называемые *доменами*.

Объем домена колеблется в пределах $10^{-1} \div 10^{-6}$ см^3. Каждый из доменов намагничен до насыщения в направлении, отличном от направления намагниченности соседних доменов. Насыщенное магнитное состояние домена оценивается намагниченностью насыщения M_S, которая определяется из следующего уравнения:

$$M_S = \lim_{V \to 0} \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{m_i}{V} \right). \qquad (3.6)$$

Направление намагниченности каждого из доменов устанавливается таким, чтобы магнитные моменты их взаимокомпенсировались, и намагниченность ферромагнетика в целом равнялась нулю при отсутствии внешнего намагничивающего поля.

Рассмотрим подробнее, почему это происходит. Допустим, что ферромагнетик имеет однодоменную структуру, при которой магнитные моменты атомов ориентированы параллельно.

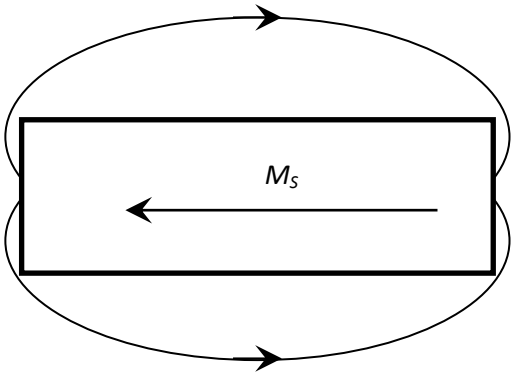


Рис. 3.3. Однодоменная структура строения ферромагнетика

При такой структуре строения (рис. 3.3.) силовые линии магнитного поля замыкаются через окружающее образец воздушное пространство, и, следовательно, в нем возникает размагничивающее поле напряженностью:

$$H_p = -N \cdot M_S, \qquad (3.7)$$

где N – коэффициент размагничивания, значение которого зависит от структуры строения, ферромагнетика (числа доменов).

В отсутствие внешнего магнитного поля свободная магнитостатическая энергия образца в собственном размагничивающем поле зависит от коэффициента размагничивания и может быть определена из уравнения

$$W_{\text{ст}} = -0{,}5N \cdot H_p \cdot M_S = 0{,}5N \cdot M_S^2. \qquad (3.8)$$

Так как коэффициент размагничивания имеет наибольшее значение при однодоменной структуре строения, то и свободная магнитостатическая энергия максимальна именно при такой структуре строения.

Известно, что при отсутствии внешних источников энергии вещество стремится приобрести такую структуру строения, при которой его собственная энергия была бы минимальна. С этой точки зрения однодоменная структура строения для ферромагнетика является энергетически невыгодной, так как в этом случае он обладает максимальной свободной магнитостатической энергией.

Стремясь уменьшить значение магнитостатической энергии, ферромагнетик начинает самопроизвольно делиться на области со спонтанным намагничиванием.

Энергетически более выгодными являются структуры с двумя и четырьмя доменами, рис. 3.4.

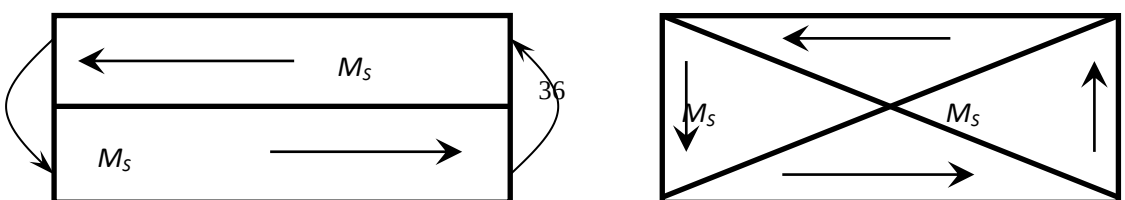


Рис. 3.4. Двухдоменная и четырехдоменная структура строения ферромагнетика

При двухдоменной структуре коэффициент размагничивания и, следовательно, свободная магнитостатическая энергия приблизительно в два раза меньше, чем при однодоменной.

Энергетически еще более выгодной является структура с четырьмя доменами. При самопроизвольном разбиении образца на 4 домена в каждом из них устанавливаются такие направления спонтанной намагниченности, при которых магнитный поток замыкается внутри образца и размагничивающее поле отсутствует, $H_p = 0$.

При переходе от домена к домену направление намагниченности изменяется плавно в пределах слоя, расположенного между соседними доменами. Этот слой получил название стенки, или границы (рис. 3.5).

В пределах границы происходит постепенный поворот спинов от одного направления намагниченности к другому. Толщина стенок соответствует определенному значению общей свободной энергии стенки, которая складывается из обменной энергии, магнитоупругой энергии и энергии магнитной анизотропии.

Спонтанное деление образца ферромагнетика на домены приводит к уменьшению свободной магнитостатической энергии образца. Но одновременно возрастает количество стенок между доменами, что приводит к увеличению свободной энергии, равной сумме свободных энергий всех стенок.

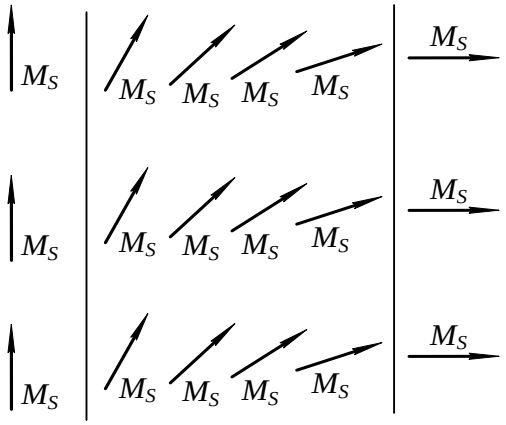


Рис. 3.5. Схема поворота спинов атома в пределах границы домена

Деление ферромагнетика на домены будет продолжаться до тех пор, пока затраты энергии на создание нового домена, равные свободной энергии стенки,

не сравняются с уменьшением магнитостатической энергии. Дальнейшее деление ферромагнетика на домены становится энергетически невыгодным.

Доменная структура строения ферромагнетика сохраняется только до определенной температуры, называемой температурой Кюри, или точкой Кюри.

Точка Кюри соответствует равенству кинетической энергии теплового движения и обменной энергии. Поэтому у разных ферромагнетиков точка Кюри различна. Так, у железа она равна 770 °С, у никеля – 358 °С, у кобальта – 1127 °С.

При температуре выше, чем точка Кюри, кинетическая энергия теплового движения становится достаточной для преодоления ориентирующего действия обменной энергии, и состояние самопроизвольной намагниченности доменов нарушается. Ферромагнетик превращается в парамагнетик.

3.5. Явления магнитной анизотропии и магнитострикции

Практически все ферромагнетики состоят из большого числа кристаллов. Кристаллы различных материалов имеют разные пространственные кристаллические решетки, в узлах которых находятся атомы вещества. Так, кристалл железа представляет собой куб, в вершинах и в центре которого располагаются атомы железа (рис. 3.6, *а*).

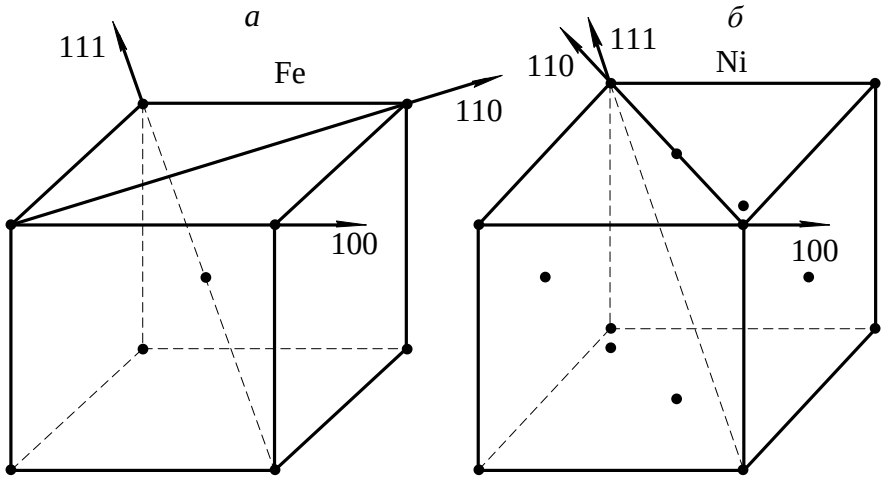


Рис. 3.6. Основные кристаллографические направления железа и никеля

В кристаллах железа различают три основные кристаллографических направления:

- 100 – направление по ребру куба;
- 110 – направление по диагонали грани куба;
- 111 – направление по диагонали грани самого куба.

Если ферромагнетик намагничивать по различным кристаллографическим направлениям, то состояние насыщения будет достигаться при разных значениях напряженности магнитного поля.

Состояние магнитного насыщения железа достигается при наименьшей напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по направлению 100, т. е. по ребру куба. И наоборот, насыщение железа происходит при максимальной напряженности намагничивающего поля, если намагничивание производится по кристаллографической оси 111.

Направление 100 называется *осью легкого намагничивания*, направление 111 – *осью трудного намагничивания*.

Если железо намагничивать по кристаллографическому направлению 110, то насыщение материала достигается при меньшей напряженности намагничивающего поля, чем при намагничивании по оси 111 и большей, чем при намагничивании по кристаллографическому направлению 100. Кристаллографическое направление 110 называется *осью среднего намагничивания*. Кривые намагничивания для разных направлений железа приведены на рисунке 3.7.

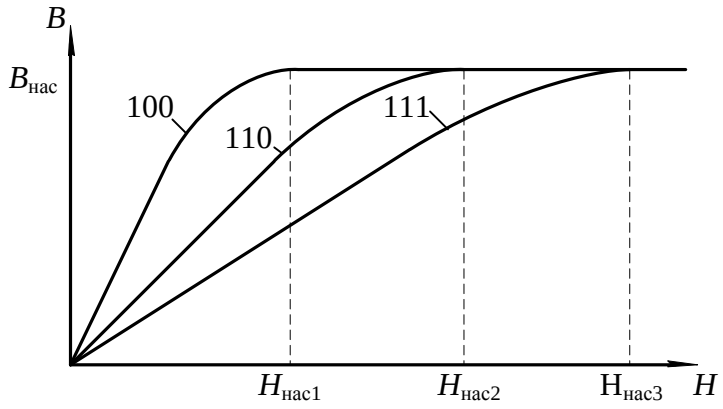


Рис. 3.7. Кривые намагничивания для разных направлений железа

В отличие от железа, у кристалла никеля атомы располагаются в вершинах и в центрах каждой грани куба. Такое расположение атомов в кристалле никеля приводит к изменению осей легкого и трудного намагничивания. У никеля осью легкого намагничивания является направление 111, а осью трудного намагничивания – кристаллографическое направление 100 (рис. 3.6, *б*). Направление среднего намагничивания у никеля остается таким же, что и у железа –110.

Различие магнитных свойств у ферромагнетиков при намагничивании по различным кристаллографическим направлениям называется *магнитной анизотропией*.

Явление магнитной анизотропии учитывается при изготовлении холоднокатаных анизотропных текстурованных электротехнических сталей. У таких сталей оси легкого намагничивания всех кристаллов совпадают с направлением прокатки. Применение анизотропных холоднокатаных сталей позволяет уменьшить вес электрических машин примерно на одну треть, по

сравнению с электрическими машинами такой же мощности, в которых используется изотропная горячекатаная сталь.

Намагничивание ферромагнетиков сопровождается изменением линейных размеров образца за счет магнитного взаимодействия электронов, вызывающего изменение расстояний и деформацию кристаллической решетки. Это явление называется *магнитострикцией*. Относительное изменение линейных размеров ферромагнетика при намагничивании оценивается коэффициентом магнитострикции:

$$\lambda = \pm \frac{\Delta l}{l},$$

где Δl – удлинение образца ферромагнетика при намагничивании; l – исходная длина образца до намагничивания.

Значение и знак коэффициента магнитострикции зависят от направления намагничивания и вида ферромагнетика.

Так, при намагничивании кристалла железа по оси легкого намагничивания происходит его удлинение вдоль этой оси и, следовательно, коэффициент магнитострикции является положительным.

Если же железо намагничивать по оси трудного намагничивания, то происходит укорочение образца вдоль данной оси, т. е. коэффициент магнитострикции отрицателен.

В отличие от железа, у кристаллов никеля коэффициент магнитострикции отрицателен при намагничивании по оси легкого намагничивания 111, и положителен, если намагничивать кристалл по оси трудного намагничивания.

Удлинение или сжатие ферромагнетика в направлении намагничивающего поля сопровождается сжатием или удлинением, соответственно, в поперечном направлении.

Явление магнитострикции обнаруживается и во влиянии внешних механических воздействий на магнитные свойства ферромагнетиков.

Растяжение ферромагнетика внешними механическими силами вызывает облегчение, а сжатие – затруднение процесса намагничивания, если у ферромагнетика положительный коэффициент магнитострикции. Для материалов с отрицательным коэффициентом магнитострикции сжатие приводит к облегчению, а растяжение – к затруднению процесса намагничивания. Явление магнитострикции широко используется в технике. Например, в области ультразвуковой локации магнитострикционные материалы широко используются как источники ультразвука.

Явление магнитострикции, свойственное магнитным материалам, приводит к тому, что линейные размеры магнитопроводов машин переменного тока колеблются с частотой, равной частоте переменного магнитного поля. Это

приводит к возникновению дополнительных механических напряжений в местах крепления магнитопровода к корпусу электрической машины и появлению шума, что является нежелательным.

3.6. Намагничивание ферромагнетика

Если размагниченный ферромагнетик поместить в магнитное поле, то под воздействием напряженности поля начинается перераспределение магнитных моментов доменов, в результате которого появляется намагниченность ферромагнетика в направлении напряженности намагничивающегося поля.

Внутри ферромагнетика создается магнитная индукция, значение которой определяется намагниченностью ферромагнетика и напряженностью H намагничивающего поля:

$$B = \mu_0(H + M). \qquad (3.9)$$

В ферромагнетиках внутренняя намагниченность значительно больше напряженности намагничивающего поля ($H > M$). В связи с этим значение магнитной индукции, в основном, определяется внутренней намагниченностью ферромагнетика, а не напряженностью внешнего поля.

Рассмотрим подробнее процесс намагничивания ферромагнетика. На рис. 3.8. приведена основная кривая намагничивания .

Выделим на этой кривой участки, в пределах которых возрастание магнитной индукции обусловливается различными процессами.

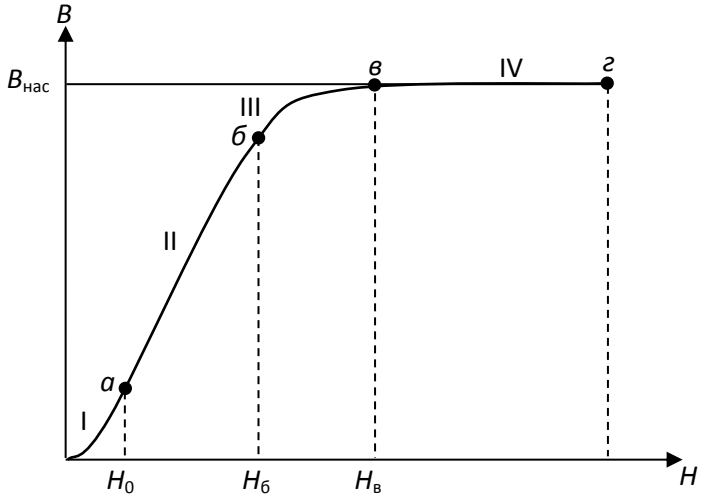


Рис. 3.8. Основная кривая намагничивания ферромагнетика

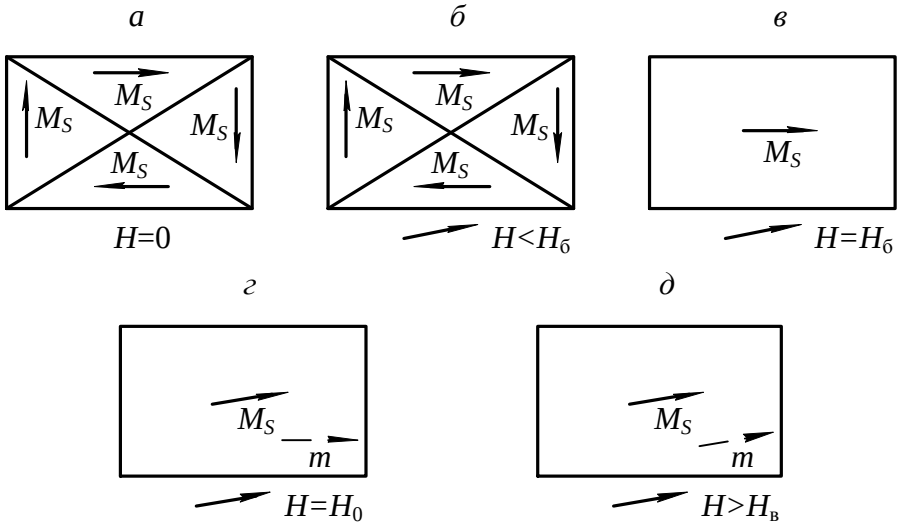


Рис. 3.9. Схема намагничивания ферромагнетика

Из параграфа 3.4. известно, что размагниченный образец ферромагнитного материала при отсутствии магнитного поля (H = 0) самопроизвольно разбивается на домены, направление намагниченности каждого из которых такое, что суммарная намагниченность образца в целом равна 0 (рис. 3.9, *а*).

Намагничиваем образец, плавно увеличивая напряженность магнитного поля. В диапазоне изменения напряженности H от 0 до $H_а$ происходит рост объема (смещение границ) тех доменов, у которых направление собственной намагниченности наиболее близко к направлению напряженности внешнего намагничивающего поля (рис. 3.9, *б*). Процесс роста домена в этом диапазоне осуществляется вполне упруго и без потерь энергии. Если напряженность поля опять уменьшить до 0, то ферромагнетик вернется в исходное размагниченное состояние (см. рис. 3.9, *а*).

При возрастании напряженности в диапазоне $H_а < H < H_б$ магнитная индукция за счет продолжающегося смягчения границ доменов с наименьшим углом между собственностью и напряженностью намагничивающегося поля (рис. 3.9, *б*). Только этот процесс приобретает необратимый характер и связан с потерями энергии. Необратимость процесса на участке II кривой намагничивания (см. рис. 3.8) обусловлена тем, что неоднородные внутренние напряжения, инородные включения, пустоты и дефекты, всегда имеющиеся в материале, препятствуют смещению границ доменов. Наличие препятствий приводит к тому, что при плавном повышении напряженности поля индукция в ферромагнетике изменяется скачкообразно. Скачкообразное изменение индукции вызывает появление микроскопических вихревых токов, при

протекании которых происходит нагрев образца, т.е. в материале возникают потери энергии на намагничивание.

Чтобы размагнитить образец после того, как напряженность поля возросла до $H > H_а$, необходимо изменить направление напряженности поля на обратное и опять затратить энергию. Когда напряженность поля $H = H_б$, ферромагнетик приобретает однодоменную структуру строения (рис. 3.9, *в*), но направление намагниченности отлично от направления напряженности намагничивающегося поля.

Дальнейшее повышение напряженности поля вызывает рост магнитной индукции в образце за счет процесса ориентации магнитных моментов в направлении поля (поворот моментов). Когда направление магнитных моментов домена совпадает с направлением напряженности намагничивающего поля, рост магнитной индукции практически прекратится с ростом напряженности поля (рис. 3.9, *г*).

Такое состояние ферромагнетика называется техническим насыщением. Напряженность поля в точке «в» кривой намагничивания обозначается H_S и называется *напряженностью насыщения*.

С дальнейшим ростом напряженности поля ($H > H_в$) наблюдается медленное и весьма незначительное повышение намагниченности за счет парапроцесса, заключающегося в дополнительной ориентации спиновых моментов электронов, направление которых отлично от направления поля из-за теплового движения частиц.

3.7. Свойства ферромагнитных материалов в квазипостоянных магнитных полях

Квазипостоянным магнитным полем называется такое переменное поле, напряженность которого изменяется с частотой, близкой к 0, и амплитудой, равной H_m .

Если предварительно размагниченный образец поместить в квазипостоянное магнитное поле, то при возрастании напряженности поля от 0 до + H_m индукция в образце увеличивается в соответствии с основной кривой намагничивания (участок *ОА*, рис. 3.10).

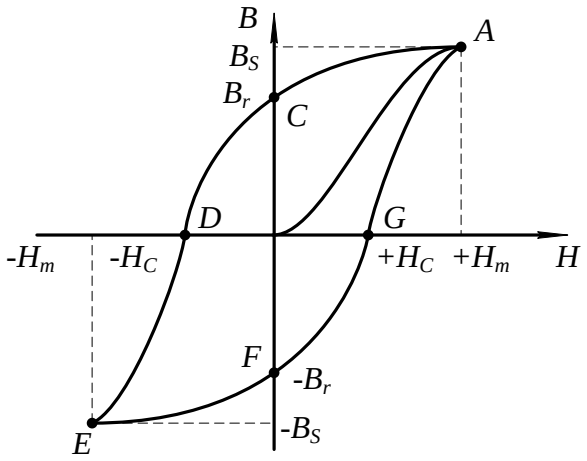


Рис. 3.10. Петля гистерезиса ферромагнетика

После того, как напряженность намагничивающего поля достигнет значения, равного амплитудному, она начинает уменьшаться до 0, вызывая снижение магнитной индукции за счет обратного поворота магнитного момента домена в направлении ближайшей оси легкого намагничивания. Когда напряженность поля станет равной 0, в ферромагнетике сохранится остаточная магнитная индукция B_r (участок *AC*, см. рис. 3.10). В дальнейшем напряженность намагничивающего поля изменяет свое направление на обратное и становится «отрицательной», вызывая дальнейшее уменьшение магнитной индукции (участок *CD*, см. рис. 3.10). На этом участке происходит необратимое разделение однодоменной структуры ферромагнетика на ряд доменов с различными направлениями собственных магнитных моментов. Когда напряженность поля H становится равной $-H_C$ (коэрцитивная сила), ферромагнетик приобретает структуру, аналогичную структуре строения до начала намагничивания, а индукция образца становится равной нулю (точка *D*, см. рис. 3.10).

На участке *DE* напряженность поля изменяется в пределах от $-H_C$ до $-H_m$. Магнитная индукция в образце возрастает за счет смещения границ доменов и последующей ориентации векторов намагниченности в направлении действия поля.

Достигнув амплитудного значения, напряженность магнитного поля начинает изменяться от $-H_m$ до 0.

Индукция в образце уменьшается до значения, равного остаточной магнитной индукции (участок *EF*) за счет процесса, аналогичного процессу размагничивания ферромагнетика на участке АС.

При изменении напряженности поля от 0 до $+H_C$ (участок *FG*) продолжается процесс размагничивания образца аналогично размагничиванию на участке *CD*. Когда $H = H_C$, индукция в образце равна 0.

Дальнейшее возрастание напряженности поля до амплитудного значения приводит к намагничиванию образца и возрастанию индукции.

Таким образом, зависимость магнитной индукции от напряженности квазипостоянного поля за полный цикл перемагничивания представляет петлю, называемую *петлей гистерезиса*.

Площадь петли гистерезиса пропорциональна потерям на гистерезис.

Если после каждого цикла перемагничивания увеличивать амплитуду напряженности квазипостоянного магнитного поля, то получится семейство петель гистерезиса. Причем большему значению амплитуды напряженности поля будет соответствовать петля с большей амплитудой магнитной индукции и площадью петли (рис. 3.11). Когда напряженность поля достигает значения, при котором наступает насыщение ферромагнетика, площадь петли гистерезиса максимальна. При дальнейшем возрастании амплитуды напряженности площадь петли остается постоянной, а в концах петли появляются прямолинейные участки со слабым возрастанием магнитной индукции.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной петлей гистерезиса*.

По предельной петле гистерезиса определяются основные характеристики магнитных материалов, значения которых приводятся в справочниках; индукция технического насыщения, B_s; напряженность поля, при которой достигается насыщение ферромагнетика, H_s; остаточная индукция, B_r; коэрцитивная сила, H_c.

Если через вершины семейства петель гистерезиса провести линию, то полученная кривая $B_m = f(H_m)$ представляет собой основную кривую намагничивания.

По основной кривой намагничивания определяются абсолютная и относительная магнитные проницаемости:

$$\mu_a = \frac{B_m}{H_m}; \qquad (3.10)$$

$$\mu_r = \frac{B_m}{(\mu_o \cdot H_m)}, \qquad (3.11)$$

где μ_a – абсолютная магнитная проницаемость.

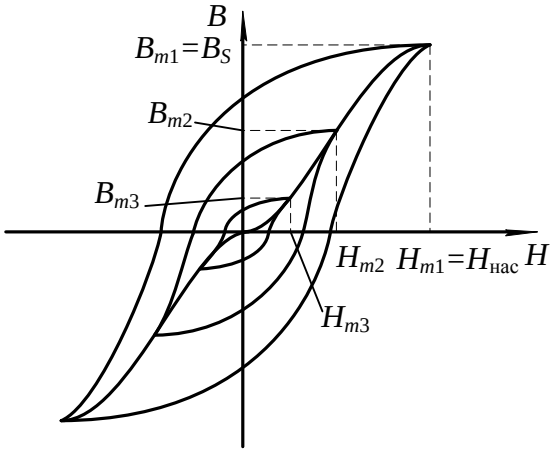


Рис. 3.11. Семейство петель гистерезиса

Определяя значение относительной магнитной проницаемости для каждого значения напряженности намагничивающего поля по основой кривой намагничивания, можно получить зависимость $\mu_r = f(H_m)$, (рис. 3.12).

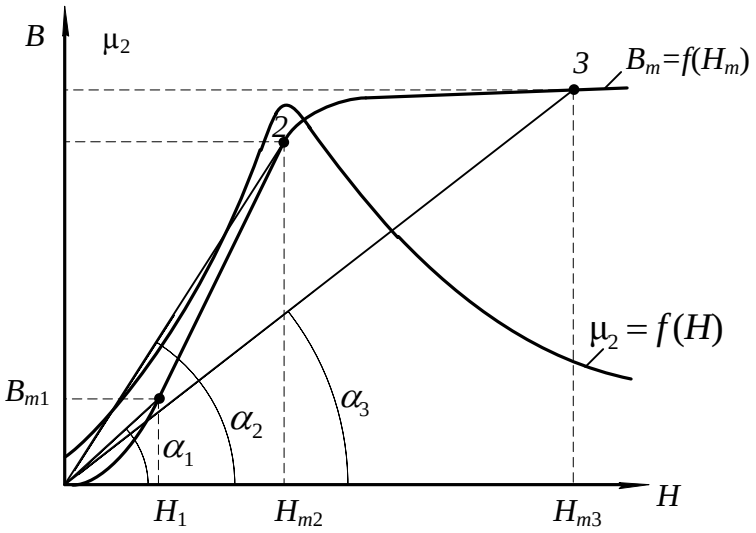


Рис. 3.12. Зависимость относительной магнитной проницаемости от напряженности поля

Как видно из рис. 3.12,относительная магнитная проницаемость с ростом напряженности поля вначале возрастает от $\mu_{нач}$ до μ_{max}, а затем уменьшается. Неоднозначный характер изменения μ_r связан с видом основной кривой намагничивания. Покажем это на примере. Допустим, что необходимо определить проницаемость материала μ_r в точках 1, 2 и 3.

Тогда, в соответствии с формулой (3.11):

$$\mu_{r1} = \frac{B_1}{(\mu_o \cdot H_1)};$$

$$\mu_{r2} = \frac{B_2}{(\mu_o \cdot H_2)};$$

$$\mu_{r3} = \frac{B_3}{(\mu_o \cdot H_3)}.$$

B_1 и H_1, B_2 и H_2, B_3 и H_3 с учетом масштабов по индукции и напряженности представляют собой катеты прямоугольных треугольников с вершинами O_{11}, O_{22} и O_{33} соответственно, а отношения B_1/H_1, B_2/H_2, B_3/H_3 являются тангенсами углов наклона, образованных прямыми, проведенными из начала координат в точки 1, 2, 3, на кривой намагничивания.

Вследствие переменной крутизны основной кривой намагничивания, угол наклона этих прямых сначала возрастает, затем, когда ферромагнетик входит в состояние насыщения, уменьшается с ростом напряженности намагничивающего поля. Максимальное значение магнитной проницаемости μ_r достигается в той точке кривой намагничивания, в которой прямая, соединяющая эту точку с началом координат, является касательной к кривой намагничивания. Значение магнитной проницаемости в этой точке обозначается $\mu_{r\,max}$ и обычно находится в начале участка *б – в* кривой намагничивания (см. рис. 3.8).

Определение магнитной проницаемости μ_r при напряженности поля $H = 0$ в соответствии с уравнением (3.11) лишено смысла, так как значение относительной магнитной проницаемости в этом случае неопределенно. В связи с этим введено понятие *начальной магнитной проницаемости* $\mu_{r\,нач}$.

За начальную магнитную проницаемость принимается предельное значение отношения индукции, деленной на магнитную постоянную, к напряженности при стремлении напряженности магнитного поля к нулю:

$$\mu_{r\,нач} = \frac{1}{\mu_o} \cdot \lim_{H \to 0} \frac{B}{H}. \qquad (3.12)$$

Практически начальная магнитная проницаемость $\mu_{r\,нач}$ определяется при напряженности поля $H \le 0{,}1$ А/м.

Значения начальной $\mu_{r\,нач}$ и максимальной $\mu_{r\,max}$ магнитных проницаемостей для каждого магнитного материала приводятся в справочниках.

3.8. Дифференциальная магнитная проницаемость

Неоднозначность зависимости магнитной индукции от напряженности поля существенно усложняет расчет и анализ цепей, содержащих магнитные элементы. С целью упрощения, расчеты и анализ электромагнитных цепей часто ведутся по основной кривой намагничивания $B=f(H)$, что в ряде случаев приводит к существенным ошибкам. Особенно это касается тех ферромагнитных устройств, форма и значение выходного напряжения которых зависят от того, как и в каких пределах изменяется на напряженность магнитного поля. Для таких устройств введена еще одна характеристика магнитного материала – дифференциальная магнитная проницаемость:

$$\mu_{rg} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{dB}{dH}, \qquad (3.13)$$

где $\frac{dB}{dH}$ – производная от магнитной индукции по напряженности поля в заданной точке петли гистезиса.

Если определить μ_{rg} в каждой точке петли гистезиса, то можно получить зависимость $\mu_{rg}=f(H)$, представленную на рис. 3.13.

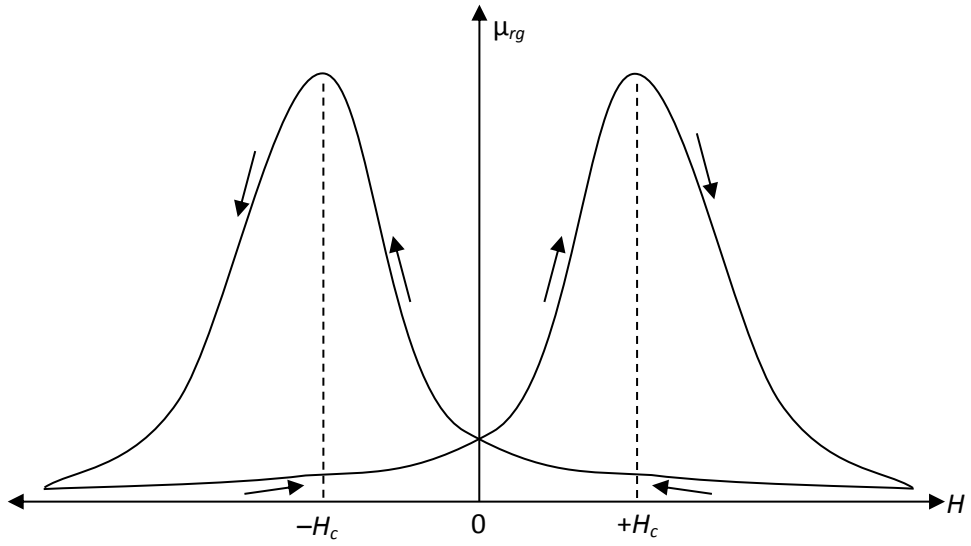


Рис. 3.13. Зависимость дифференциальной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля

Полученная зависимость $\mu_{rg}=f(H)$ за полный цикл перемагничивания представляет собой замкнутую петлю с двумя максимумами. Максимальные значения μ_{rg} достигаются при напряженностях магнитного поля, приблизительно равных коэффициентной силе $H=\pm H_c$. Минимальные значения μ_{rg} соответствуют вершинам предельной петли гистезиса.

В диапазоне напряженности от 0 до $+H_c$ дифференциальная магнитная проницаемость возрастает до $\mu_{rg\max}$, т. к. возрастает производная от индукции по напряженности (крутизна петли гистезиса) $\frac{dB}{dH}$ (участок *FG*, рис. 3.10).

При изменении напряженности поля от $+H_c$ до $+H_m$ μ_{rg} уменьшается из-за уменьшения крутизны петли гистезиса (участок *GA* рис. 3.10).

Последующее уменьшение *H* от $+H_m$ до 0, вызывает медленное возрастание дифференциальной магнитной проницаемости, т. к. крутизна петли гистезиса на участке *AC* (рис. 3.10) медленно растет.

Характер зависимости $\mu_{rg}=f(H)$ при отрицательных значениях напряженности аналогичен характеру этой же зависимости при положительных значениях напряженности.

3.9. Свойства ферромагнетиков в переменных магнитных полях

3.9.1. Динамическая петля намагничивания

Когда на магнитный материал воздействует переменное магнитное поле, напряженность которого изменяется с частотой *f*, то он периодически перемагничивается с той же самой частотой. При таком циклическом перемагничивании зависимость магнитной индукции от напряженности магнитного поля представляет собой петлю, которая называется *д и н а м и ч е с к о й п е т л е й намагничивания.*

Площадь динамической петли намагничивания больше площади петли гистерезиса, полученной при той же амплитуде напряженности поля. Это объясняется тем, что потери на перемагничивание в переменных магнитных полях больше, чем в квазипостоянных. Если изменять амплитуду напряженности переменного магнитного поля, то можно получить семейство динамических петель намагничивания (рис. 3.14).

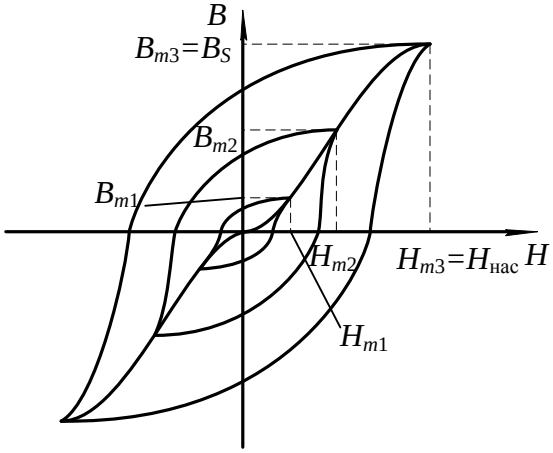


Рис. 3.14. Семейство динамических петель намагничивания

Как видно из рис. 3.14, с увеличением амплитуды напряженности магнитного поля растут амплитуда магнитной индукции и площадь динамической петли намагничивания. После того, как амплитуда напряженности поля достигает значения, при котором наступает насыщение магнитного материала, возрастание индукции и площади петли прекращается, а в вершинах петли появляются линейные участки, практически параллельные оси напряженности поля.

Петля с наибольшей площадью называется *предельной динамической петлей намагничивания.*

Если через вершины семейства динамических петель намагничивания провести линию, то полученная зависимость $B_m = f(H_m)$ называется *основной динамической кривой намагничивания*.

По предельной динамической петле намагничивания и динамической кривой намагничивания определяются основные характеристики магнитных материалов в переменном магнитном поле аналогично определению характеристик этих материалов в квазипостоянном магнитном поле.

3.9.2. Эффект вытеснения магнитного поля при перемагничивании ферромагнетиков в переменном поле

Перемагничивание в переменном магнитном поле приводит к появлению в магнитных материалах вихревых токов, протекание которых вызывает появление эффекта вытеснения магнитного поля из центра к периферии образца.

Рассмотрим подробнее это явление.

Пусть имеется образец магнитного материала площадью сечения S (рис. 3.15).

Можно разбить сечение такого образца на ряд элементарных замкнутых контуров толщиной Δh. Переменный магнитный поток, сцепляясь с каждым из элементарных витков, наводит в них ЭДС.

Под воздействием наведенной ЭДС в каждом из витков начнет протекать макроскопический вихревой ток, который создает свою магнитодвижущую силу $F_{вт}$, направленную противоположно основной магнитодвижущей силе, создающей переменный магнитный поток в образце. Таким образом, в переменном магнитном поле на магнитный материал воздействуют две магнитодвижущие силы, направленные встречно друг другу. В результате возникает результирующая магнитодвижущая сила (МДС), которая может быть определена как разность двух магнитодвижущих сил:

$$F_{р} = F - F_{вт},$$

где $F_{р}$ – результирующая МДС; F – основная МДС, создаваемая намагничивающим током; $F_{вт}$ – МДС вихревого тока.

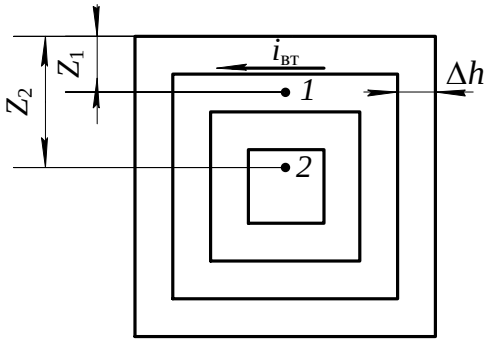


Рис. 3.15. К объяснению эффекта вытеснения

Известно, что значение магнитодвижущей силы вихревого тока в какой-либо точке сечения образца зависит от числа элементарных контуров, охватывающих данную точку. Поскольку точка *2* охвачена большим числом элементарных контуров с вихревыми токами, чем точка *1*, то можно сделать вывод, что магнитодвижущая сила вихревого тока возрастает по мере удаления от поверхности образца к центру (рис. 3.16). Экспериментально установлено, что МДС вихревого тока зависит от расстояния до заданной точки от поверхности образца по экспоненциальному закону (кривые $F_{вт1}$ и $F_{вт2}$).

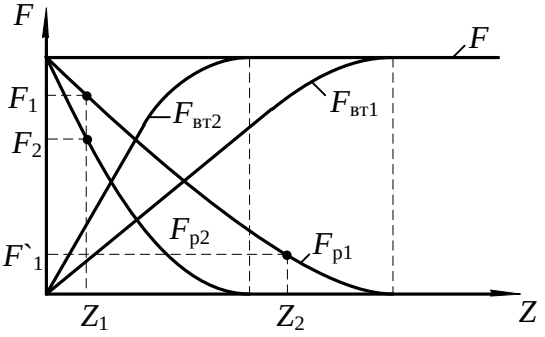


Рис. 3.16. Зависимость изменения результирующей МДС от расстояния до поверхности

образца

На рис. 3.16 построены зависимости магнитодвижущих сил от расстояния Z для двух различных частот намагничивающего поля f_1 и f_2 ($f_1 > f_2$). Тогда результирующая магнитодвижущая сила по мере удаления от поверхности образца к его центру убывает также по экспоненциальному закону (кривые F_{p1} и F_{p2}). Аналогично результирующей магнитодвижущей силе уменьшается и напряженность магнитного поля по мере удаления от поверхности образца к центру. Зависимость напряженности поля от расстояния определяется из уравнения:

$$H(Z) = H_{\max} \cdot e^{-bz}.$$

где $H_{\max}$ – напряженность поля на поверхности образца; Z – расстояние от поверхности образца; $b = 2\pi \frac{\sqrt{\frac{\mu_p \cdot \gamma}{T}}}{C}$; C – константа, обусловленная выбором системы единиц; T – период волны напряженности поля; γ – удельная проводимость образца.

В соответствии с изменением напряженности переменного магнитного поля уменьшается индукция в образце с увеличением расстояния от его поверхности. При достаточно большой толщине образца уменьшение индукции может привести к тому, что в центральной части сечения образца индукция будет равна 0, а магнитный поток в ней отсутствовать. Таким образом, за счет макроскопических вихревых токов возникает эффект вытеснения магнитного потока из центральной части сечения образца к периферии. Следовательно, из-за эффекта-вытеснения магнитного поля уменьшается площадь сечения образца, по которой проходит магнитный поток. Уменьшение площади сечения приводит к возрастанию магнитного сопротивления образца и соответствующему падению величины магнитного потока. Зависимость магнитного потока Ф в ферромагнетике от магнитодвижущей силы F и от сопротивления магнитной цепи $R_м$ описывается формулой

$$\Phi = \frac{F}{R_м}.$$

Магнитное сопротивление определяется по уравнению:

$$R_м = \frac{l}{S' \cdot \mu_a},$$

где и S' – длина и площадь сечения образца ферромагнетика, через которую проходит магнитный поток; μ_a – абсолютная магнитная проницаемость ферромагнетика.

Как видно из вышеприведенных равенств, уменьшение площади, по которой проходит магнитный поток, вызываем возрастание магнитного сопротивления образца. А увеличение магнитного сопротивления уменьшает магнитный поток в ферромагнетике при неизменной магнитодвижущей силе. Т.к. геометрические размеры образца (длина и площадь сечения) остаются постоянными при намагничивании, то уменьшение магнитного потока к снижению магнитной индукции в образце:

$$B = \frac{\Phi}{S},$$

где S – геометрическая площадь сечения образца.

Для оценки влияния эффекта вытеснения на магнитное сопротивление образца используется характеристика, называемая *глубиной проникновения переменного магнитного поля в ферромагнетик*:

$$Z_1 = \frac{1}{b},$$

где Z_1 – глубина проникновения переменного магнитного поля.

Глубиной проникновения называется расстояние от поверхности образца, на котором амплитудное значение напряженности магнитного поля уменьшается в 2,7 раза, по сравнению с напряженностью поля на поверхности образца.

Глубина проникновения определяется химическим составом ферромагнетика и частотой магнитного поля.

Для ослабления эффекта вытеснения магнитопроводы электрических машин собирают из отдельных листов электротехнической стали, толщина которых не превышает Z_1. На поверхности листов стали наносятся электроизоляционные покрытия (лаковые, оксидные и т. п.), обладающие высокими электрическими сопротивлениями, наличие участков с высоким электрическим сопротивлением на пути протекания вихревых токов приводит к их уменьшению и соответственному ослаблению эффекта вытеснения.

При больших толщинах листов, чем Z_1 или цельнолитых магнитопроводах, магнитные свойства ферромагнетиков используются плохо из-за ярко выраженного эффекта вытеснения.

Существенное влияние на эффект вытеснения оказывает частота переменного магнитного поля. Это объясняется тем, что с ростом частоты увеличивается ЭДС $E_{вт}$, наводимая в элементарном контуре, так как значение ее прямо пропорционально частоте. Возрастание ЭДС приводит к увеличению

вихревого тока и МДС $F_{вт}$. Поэтому на одном и том же расстоянии Z от поверхности образца (см. рис. 3.16) результирующая магнитодвижущая сила при большей частоте окажется меньше, чем при меньшей частоте намагничивающего тока. Следовательно, с ростом частоты глубина проникновения переменного магнитного поля уменьшается, что вызывает соответствующее снижение среднего значения индукции в образце.

На рис. 3.16 приведены зависимости $F_{р} = f(Z)$ для двух значений частоты магнитного поля. Зависимость $F_{р2} = f(Z)$ соответствует большей частоте магнитного поля, чем у $F_{р1} = f(Z)$.

3.9.3. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле

Потери мощности на перемагничивание в переменном магнитном поле больше, чем в квазипостоянном поле. Это связано с тем, что в переменном магнитном поле помимо потерь на гистерезис существуют также потери от вихревых токов и добавочные потери.

Потери мощности на перемагничивание определяются следующим образом:

$$P = P_r + P_{вт} + P_g, \tag{3.14}$$

где потери мощности на гистерезис:

$$P_r = \vartheta \cdot f \cdot B_{max}^n \cdot V, \tag{3.15}$$

то же от вихревых токов:

$$P_{вт} = \xi \cdot f^2 \cdot B_{max}^2 \cdot V, \tag{3.16}$$

где ϑ – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика; ξ – коэффициент, зависящий от марки ферромагнетика, толщины листа и формы образца; V – объем ферромагнитного образца; P_g – добавочные потери; n – коэффициент, значение которого определяется величиной индукции в ферромагнетике.

Коэффициент n принимает следующие значения:

$n = 1$ при $B_{max} \le 0{,}1$ Тл;

$n = 1{,}6$ при $B_{max} \approx 0{,}1 – 1{,}0$ Тл;

$n = 2 – 3$ при $B_{max} > 1{,}0$ Тл.

Природа добавочных потерь полностью не выяснена. Эти потери связаны со структурой строения ферромагнетика, формой и размерами зерен вещества. При практических расчетах потерь их значение принимается примерно равным (0,2 – 0,3) от суммы потерь на гистерезис и вихревые токи:

$$P_g = (0{,}2 – 0{,}3) \cdot (P_r + P_{вт}).$$

3.9.4. Потери на перемагничивание в переменном магнитном поле

Определение свойств ферромагнитных материалов может производиться двумя методами. Первый из них заключается в следующем. Изменяется частота магнитного поля, а индукция, создаваемая в образце, поддерживается неизменной ($f = V_{ar}$, $B_m = \text{const}$). При втором методе с изменением частоты поля поддерживается неизменной напряженность магнитного поля ($f = V_{ar}$, $H_m = \text{const}$).

С увеличением частоты переменного магнитного поля, при условии постоянства амплитуды магнитной индукции, в образце $B_m = \text{const}$, форма динамической петли приближается к эллипсу, вытянутому по оси H (рис. 3.17).

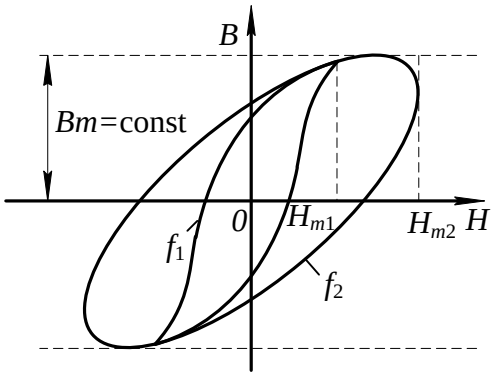


Рис. 3.17. Семейство динамических петель намагничивания

Площадь динамической петли с ростом частоты увеличивается пропорционально потерям мощности на перемагничивание.

Определив значения относительной магнитной проницаемости в вершинах семейства динамических петель намагничивания и потери на перемагничивание, можно построить зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$. Эти зависимости приведены на рис. 3.18.

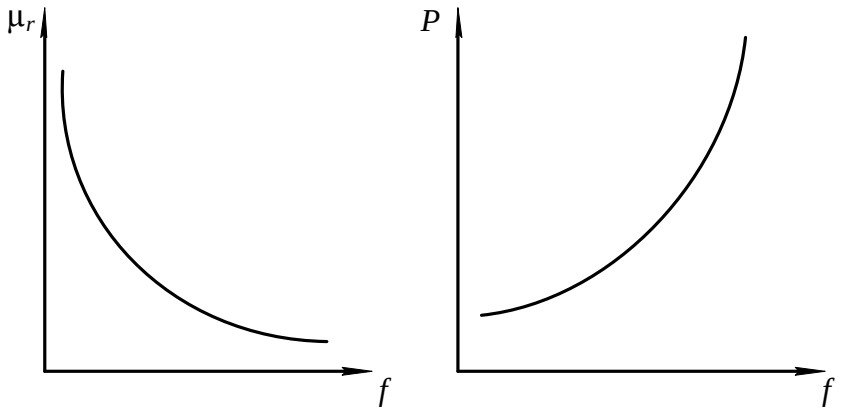


Рис. 3.18. Зависимости $\mu_r = F(f)$

Из рис. 3.18 видно, что с ростом частоты относительная магнитная проницаемость уменьшается. Это явление можно объяснить следующим. С

возрастанием частоты переменного магнитного поля уменьшается среднее значение индукции в образце за счет усиления эффекта вытеснения магнитного поля.

Для того чтобы компенсировать уменьшение индукции, необходимо увеличивать напряженность намагничивающего поля. А так как

$$\mu_r = \frac{B_m}{H_m \cdot \mu_0},$$

то относительная магнитная проницаемость μ_r уменьшается с ростом частоты из-за увеличения амплитуды напряженности поля H_m.

При неизменной магнитной индукции характер изменения потерь мощности на перемагничивание определяется зависимостью этих потерь от вихревых токов. А так как потери мощности пропорциональны квадрату частоты переменного поля, то и зависимость этих потерь в ферромагнетике имеет квадратичный характер от изменения частоты (см. рис. 3.18).

Если увеличивать частоту переменного магнитного поля, поддерживая постоянной его напряженность, то форма динамической петли приближается к эллипсу, а амплитуда магнитной индукции уменьшается (рис. 3.19).

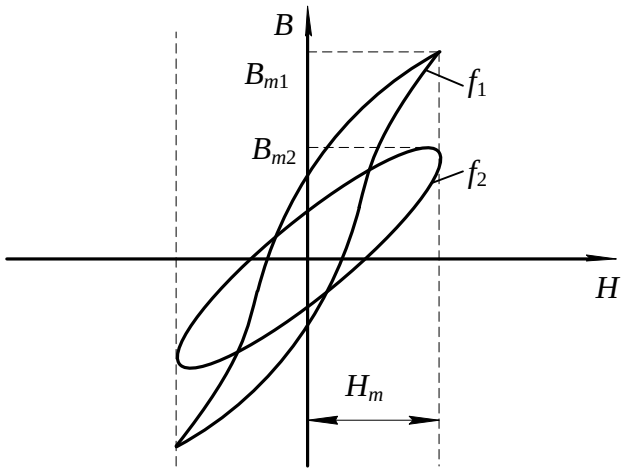


Рис. 3.19. Семейство динамических петель намагничивания при $H_m = \text{const}$

Определив по семейству динамических петель намагничивания значения магнитной проницаемости μ_r и потери мощности на перемагничивание, строим зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$ (рис. 3.20).

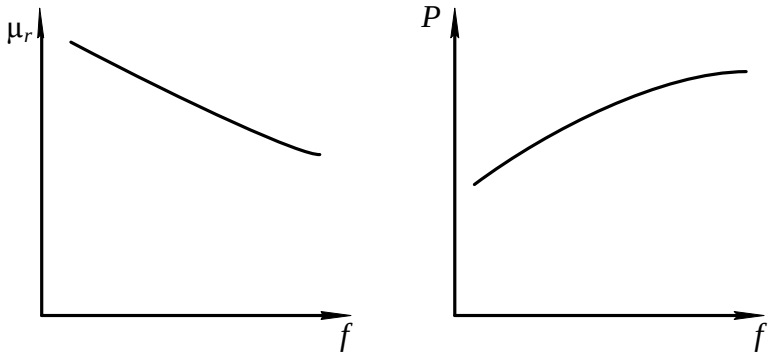


Рис. 3.20. Зависимости $\mu_r = F(f)$ и $P = F(f)$

С ростом частоты относительная магнитная проницаемость ферромагнетика уменьшается, но в меньших пределах, по сравнению с пределом изменения ее при $B_m = \text{const}$ в одном и том же интервале изменения частоты. Это объясняется тем, что с ростом частоты уменьшается амплитуда магнитной индукции ферромагнетика из-за усиления эффекта вытеснения. Электродвижущая сила, наводимая в элементарном контуре $E_{\text{вт}}$, зависит от индукции B_m и частоты f магнитного поля:

$$E_{\text{вт}} \approx S \cdot B_m \cdot f \ ,$$

где S – поперечное сечение образца.

Из приведенного уравнения видно, что электродвижущая сила вихревого тока при неизменной напряженности поля возрастает с увеличением частоты медленнее, чем при постоянной амплитуде магнитной индукции, так как рост ЭДС за счет частоты частично компенсируется ее уменьшением из-за снижения магнитной индукции. Медленное возрастание электродвижущей силы, а следовательно, и вихревого тока, протекающего по элементарному контуру, приводит к тому, что эффект вытеснения при неизменной амплитуде напряженности выражен менее ярко, чем при $B_m = \text{const}$.

Поэтому относительная магнитная проницаемость изменяется в меньшем диапазоне по сравнению со случаем, когда магнитная индукция поддерживалась неизменно.

Анализ уравнений (3.15, 3.16) показывает, что потери на гистерезис и вихревые токи возрастают незначительно с повышением частоты, так как их рост с повышением частоты частично компенсируется за счет уменьшения магнитной индукции в образце. Таким образом, потери на перемагничивание ферромагнетика в целом медленно увеличиваются с ростом частоты магнитного поля.

3.10. Индукционный метод определения параметров магнитных материалов с использованием осциллографа

Общие сведения

В связи с тем, что невозможно с достаточной степенью точности рассчитать характеристики магнитных материалов при намагничивании в переменном поле, широко используются экспериментальные методы их определения.

В настоящее время разработаны и используются на практике различные методы испытаний ферромагнитных материалов в переменном магнитном поле.

Основными из них являются:

- индукционный с использованием амперметра и вольтметра;
- индукционный с использованием фазочувствительного вольтметра (феррометр);
- индукционный с использованием осциллографического способа измерения (феррограф);
- индукционный с использованием компенсатора переменного тока;
- параметрический (мостовой).

При испытаниях индукционными методами измеряются ЭДС, индуктируемые в измерительных обмотках, и токи, протекающие по намагничивающим обмоткам, намотанным на образцах исследуемого магнитного материала.

Измерение ЭДС, пропорциональной магнитной индукции и намагничивающего тока, пропорционально магнитодвижущей силе намагничивающей обмотки, осуществляется с помощью либо показывающих приборов (амперметров и вольтметров) либо электронных осциллографов либо компенсаторов переменного тока.

Наиболее простым из индукционных методов является метод с использованием амперметра и вольтметра для определения магнитной проницаемости и потерь в образцах, основной динамической кривой намагничивания и динамических петель намагничивания. Недостатком этого метода является погрешность при перемагничивании материала до индукции свыше 1,2 Тл из-за отклонения формы кривой индукции от синуссидальной.

Наиболее точным из индукционных методов испытания магнитных материалов является компенсационный, основанный на измерении напряжений, пропорциональных индукций и напряженности магнитного поля с помощью компенсаторов переменного напряжения. С помощью этого метода определяется зависимости индукции от напряженности поля, потери на перемагничивание и т. д. Достоинствами способа являются полнота информации, высокая точность измерения, широкий диапазон измерения измеряемых величин. Недостатки заключаются в большой длительности процесса измерения, сложности и высокой стоимости аппаратуры.

Параметрический (мостовой) метод испытаний магнитных материалов, обеспечивающий высокую точность измерения в широком частотном диапазоне, заключается в определении индуктивности и сопротивления катушки с испытуемым образцом путем уравновешивания мостовой схемы изменением двух переменных параметров. Метод позволяет исследовать зависимости максимальной индукции от максимального значения напряженности поля, определять магнитную проницаемость, потери на перемагничивание и составляющие комплексного магнитного сопротивления. В основном мостовой метод предназначен для определения характеристик в слабых полях, когда индукция в образце не превышает 80 % от индукции насыщения исследуемого материала.

Достоинствами данного метода являются высокая точность измерения, возможность определения практически всех характеристик, широкий частотный диапазон испытаний.

Наиболее удобным и наглядным методом исследования динамических характеристик магнитных материалов является индукционный с использованием осциллографа, суть которого заключается в измерении электрических напряжений, пропорциональных магнитной индукции и напряженности поля, с помощью электронно-лучевого осциллографа. Этот метод используется для измерения показателей и визуального наблюдения основной динамической кривой намагничивания, семейств динамических петель намагничивания, определения потерь на перемагничивание, дифференциальной магнитной проницаемости, абсолютной и относительной магнитных проницаемостей в диапазоне частот магнитного поля от 20 Гц до нескольких десятков кГц.

Основной недостаток этого метода заключается в сравнительно высокой погрешности используемого средства регистрации, составляющей несколько процентов.

Вышеперечисленные достоинства осциллографического метода измерения, обусловили его использование для исследования свойств магнитных материалов в лабораторной работе.

Рассмотрим более подробно суть этого метода.

Принципиальная электрическая схема установки для исследования магнитных материалов индукционным методом с использованием электронно-лучевого осциллографа приведена на рис. 3.21.

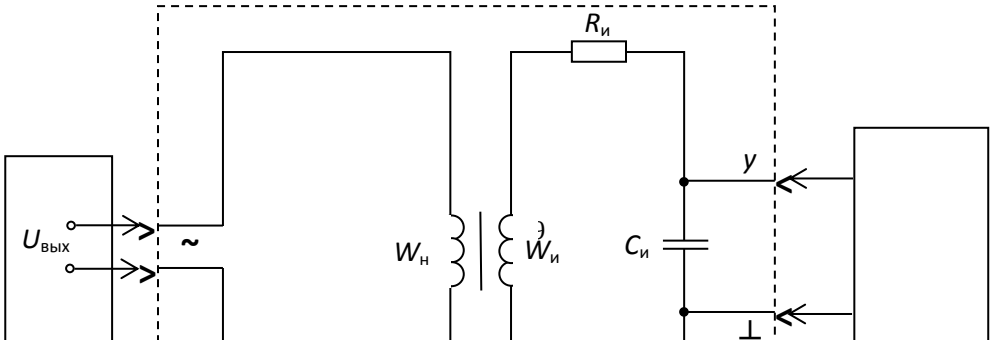


Рис. 3.21. Принципиальная электрическая схема установки:
1 – звуковой генератор; 2 – исследуемый образец; 3 - электронно-лучевой осциллограф

Для обеспечения необходимой точности измерений лучше всего применять образцы, в которых исключено влияние воздушных зазоров и рассеяния магнитного тока и в которых напряженность поля во всех точках образца практически одна и та же.

Чтобы выполнить данные требования, используются кольцевые (тороидальные) образцы и образцы в виде стержней с различным отношением длины к поперечному сечению.

Кольцевые образцы, намагничиваемые по замкнутому контуру, наиболее широко применяются для испытания магнитных материалов с максимальной напряженностью магнитного поля до 50 кА/м. Площадь сечения образца должна быть постоянной по всей длине. Разность между наибольшей и наименьшей площадями сечения допускается не более 1 %. Кольцевые образцы листовых и ленточных материалов изготавливают сборкой из штампованных и точеных колец или спиральной навивкой. Ферритовые образцы изготавливаются прессованием.

Внешний диаметр образца не должен превышать внутренний более чем в 1,3 раза. Это объясняется тем, что в кольцевых образцах с большим отношением внешнего диаметра к внутреннему наблюдается сильная неравномерность намагничивания, приводящая к значительным погрешностям при исследовании.

В работе исследуются образцы из различных магнитных материалов тороидальной формы, на каждом из которых намотано по две обмотки: намагничивающая $W_н$ и измерительная $W_и$.

Последовательно с намагничивающей обмоткой включено активное сопротивление $R_о$, а к зажимам измерительной обмотки подключена

интегрирующая цепь, состоящая из пассивных элементов: активного сопротивления $R_и$ и конденсатора емкостью $C_и$.

При подаче на зажим «~» выходного напряжения звукового генератора $U_{вых}$ по намагничивающей обмотке образца начнет протекать намагничивающий ток $i_н$, который создает магнитодвижущую силу, вызывающую появление в образце магнитного поля.

Мгновенное значение магнитодвижущей силы F_t связано с мгновенным значением напряженности поля в любой точке образца H_t следующим соотношением:

$$F_t = i_н \cdot W_н = 2\pi \cdot r_{ср} \cdot H_t, \qquad (3.17)$$

где $i_н$ – мгновенное значение намагничивающего тока; $r_{ср}$ – средний радиус кольцевого образца, равный

$$r_{ср} = \frac{r_{вш} + r_{вн}}{2},$$

где $r_{вш}$ – внешний радиус сердечника образца; $r_{вш}$ – внутренний радиус сердечника образца.

Из уравнения (3.17) выразим H_t через намагничивающий ток. Получим:

$$H_t = \frac{i_н \cdot W_н}{2\pi \cdot r_{ср}}. \qquad (3.18)$$

Из выражения (3.18) видно, что мгновенное значение напряженности магнитного поля в любой точке образца прямопропорционально намагничивающему току $i_н$.

Таким образом, измерив значение намагничивающего тока и зная число витков намагничивающей обмотки и средний радиус образца, можно определить по уравнению (3.18) мгновенное значение напряженности магнитного поля.

Преобразовав выражение (3.18), получим уравнение для амплитудных значений напряженности поля и намагничивающего тока.

$$H_m = \frac{I_{mн} \cdot W_н}{2\pi \cdot r_{ср}}. \qquad (3.19)$$

Учитывая, что отклонение луча в электронно-лучевом осциллографе пропорционально значению напряжения, подаваемого на вход усилителя, возникает необходимость преобразования намагничивающего тока в напряжение. Это осуществляется последовательным включением с намагничивающей обмоткой эталонного активного сопротивления $R_о$ (рис. 3.21). При протекании тока $i_н$ по сопротивлению $R_о$, на последнем создается падение напряжения

$$U_x = R_о \cdot i_н.$$

Амплитудное значение этого напряжения

$$U_{mx} = R_{\text{о}} \cdot I_{\text{н}}. \qquad (3.20)$$

Подставив в уравнение (3.19) вместо тока $I_{m\text{н}}$ его выражение из (3.20), получим

$$H_m = \frac{W_{\text{н}}}{2\pi \cdot r_{\text{ср}} \cdot R_{\text{о}}} \cdot U_{mx}. \qquad (3.21)$$

Из уравнения (3.21) видно, что если на вход «*x*» падать напряжение U_{mx} с сопротивления $R_{\text{о}}$, то отклонение луча осциллографа по горизонтальной оси прямопропорционально напряженности магнитного поля в образце.

Магнитодвижущая сила тока $i_{\text{н}}$ создает в сердечнике образца магнитный поток, который наводит в измерительной наводке ЭДС

$$e = -W_{\text{и}} \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} = -W_{\text{и}} \cdot S \cdot \frac{dB_t}{dt}. \qquad (3.22)$$

где $W_{\text{и}}$ – число витков измерительной обмотки; Φ_t – мгновенное значение магнитного потока в сердечнике образца; S – площадь поперечного сечения сердечника образца; B_t – мгновенное значениемагнитной индукциив сердечнике образца.

Чтобы получить на экране осциллографа динамическую петлю намагничивания надо на вход «*y*» электронно-лучевого осциллографа подать напряжение, которое должно быть пропорционально магнитной индукции, создаваемой в образце. С этой целью измерительная обмотка образца подсоединяется по входу интегрирующей цепи с пассивными элементами $R_{\text{и}}$ и $C_{\text{и}}$ (рис. 3.21).

Тогда мгновенное значение тока, протекающего по интегрирующей цепи, определяется

$$i = \frac{e}{Z_{\text{и}}}. \qquad (3.23)$$

Если выполнить условие $R_{\text{и}} >> x_{C_{\text{и}}}$, то можно считать, что ток в интегрирующей цепи является практически активным (i=i_a). Тогда напряжение на входе интегратора будет равно интегралу от ЭДС, наводимой в измерительной обмотке

$$U_{\text{вых}} = \frac{1}{C_{\text{и}}} \int_0^t i \cdot dt = \frac{1}{C_{\text{и}}} \int_0^t \frac{e}{R_{\text{и}}} \cdot dt \approx -\frac{W_{\text{и}} \cdot S}{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}} \cdot B_t. \qquad (3.24)$$

Решив уравнение (3.24) относительно величины B_t получим

$$B_t = \frac{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}}{W_{\text{и}} \cdot S} \cdot U_{\text{вых}}, \qquad (3.25)$$

где $R_{\text{и}}$ – активное сопротивление интегрирующей цепи; $C_{\text{и}}$ – емкость конденсатора этой цепи.

Из уравнения (3.25) видно, что индукция в образце пропорциональна выходному напряжению интегрирующей цепи.

Переходя к амплитудным значениям индукции и выходного напряжения интегрирующей цепи, получим

$$B_m = \frac{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}}{W_{\text{и}} \cdot S} \cdot U_{m\text{вых}}, \qquad (3.26)$$

Подав напряжение с выхода интегратора $U_{m\text{вых}}$ на вход «*y*» и напряжение с сопротивления $R_{\text{о}}$ на вход «*x*» осциллографа, на экране последнего получим динамическую петлю намагничивания.

Чтобы реакция измерительной цепи не влияла на форму динамической петли, желательно, чтобы магнитодвижущая сила тока измерительной обмотки была значительно меньше, чем магнитодвижущая сила тока намагниченной обмотки, т. е.

$$\frac{R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}}{W_{\text{и}} \cdot S} \geq 0{,}001.$$

Для получения неискаженной формы динамической петли постоянная времени интегратора должна удовлетворять следующему требованию:

$$\tau_{\text{и}} = R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}} \geq (60 \div 100) \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f_{\min}}, \qquad (3.27)$$

где $f_{\min}$ – наименьшая частота переменного магнитного поля.

По активному сопротивлению $R_{\text{и}}$ и емкости конденсатора $C_{\text{и}}$, рассчитывается постоянная времени интегрирующей цепи $\tau_{\text{и}}$ по уравнению

$$\tau_{\text{и}} = R_{\text{и}} \cdot C_{\text{и}}. \qquad (3.28)$$

Затем определяется наименьшая частота магнитного поля, при которой выходное напряжение интегратора пропорционально магнитной индукции в образце:

$$f_{\min} = \frac{60}{2\pi \cdot \tau_{\text{и}}}. \qquad (3.29)$$

При частоте магнитного поля $f<f_{\min}$ исследовать образец нельзя из-за больших искажений формы динамической петли намагничивания, вызываемых интегрирующей цепью образца.

3.11. Объект исследования

Образцы ферромагнитных материалов тороидальной формы с двумя обмотками: намагничивающей и измерительной. Параметры образцов и

обмоток приведены в таблицах, расположенных на корпусах образцов. Параметры образцов и обмоток записываются в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Данные исследуемого образца

Номер образца			Данные схемы						
			Число витков			Интегратор			
средний радиус, $r_{ср}$, м	поперечное сечение, S, м2	плотность, γ, кг/м3	намагничивающей обмотки, $W_н$	измерительной обмотки, $W_и$	образцовое сопротивление, $R_о$, Ом	активное сопротивление, $R_и$, Ом	емкость, $Си$, Ф	постоянная времени, $\tau_и$, С	наименьшая частота, f_{min}, Гц

3.12. Средства измерения и вспомогательные средства исследования

Осциллограф универсальный типа СI-73.

Звуковой генератор с регулируемым напряжением и частотой.

3.13. Подготовка осциллографа к работе

Перед включением осциллографа установить органы управления на передней панели в следующие положения:

- ручку «яркость» – в крайнее левое;
- ручку «фокус» – в среднее;
- переключатель «V/дел» – 0,01;
- ручку «усиление» - крайнее правое;
- ручку «↕» – в среднее;
- переключатель «~⊥⎓» в «⎓»;
- ручку «уровень» – в крайнее правое»
- ручку «↔» – в среднее.

Далее установить тумблер «развert. X» на правой боковой панели в положение «⊖ X». Подключить осциллограф кабелем питания к сети 220 В и включить тумблер «питание» на передней панели осциллографа. При этом должна загореться сигнальная лампочка. В течение 2-3 минут прогреть

осциллограф. Пока осциллограф прогревается, необходимо нанести координатную сетку осциллографа на листки кальки. После прогрева осциллографа установите ручкой «яркость» удобную яркость точки. Рукояткой «↕» установите точку на горизонтальную ось экрана осциллографа. Рукояткой «↔» установите точку точно по центру экрана.

В результате выполнения вышеперечисленных операций осциллограф подготовлен к выполнению экспериментальной части лабораторной работы.

3.14. Калибровка осциллографа и определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля

Для определения амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля образца по динамическим петлям необходимо определить чувствительность осциллографа по входам «*x*» и «*y*». Если при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, то чувствительность осциллографа по оси «*y*» определяется по числу, против которого находилась риска переключателя «*V*/дел», если осциллограф был правильно откалиброван. Для проверки правильности калибровки необходимо переключатель «*V*/дел» установить в положение «5 дел». При правильной калибровке на экране осциллографа появятся две горизонтальные линии или две точки, смещенные на 5 клеток (делений) относительно друг друга.

Пример: при зарисовке динамических петель намагничивания ручка «усиление» находится в крайнем правом положении, а переключатель «*V*/дел» – против числа 0,02. При переключении переключателя «*V*/дел» в положение «5 дел» на экране появились две горизонтальные линии на расстоянии 5 клеток друг от друга.

В этом случае масштаб осциллографа по входу «н» составляет

$$m_{\text{в}} = 0{,}02 \ \text{В/дел.}$$

Масштаб $m_{\text{в}}$ необходимо записать в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Определение масштабов по напряженности и индукции магнитного поля

Измерено				Вычислено			
$n_{\text{в}}$	$m'_{\text{в}}$	n_r	U_r	$m_{\text{в}}$	m_r	$M_{\text{в}}$	$M_{\text{н}}$
дел.	В/дел.	дел.	В	В/дел.	В/дел.	Т\мм	А/м/мм

Если ручка «усиление» находилась в положении, отличном от крайнего правого, то расчет масштаба осуществляется следующим образом. Сохраняя ручку «усиление» в том же положении, что и при зарисовке динамических петель намагничивания, переключатель «*V*/дел» установить в положение «5 дел». Измерить расстояние по вертикальной оси между двумя горизонтальными линиями или точками $n_в$ и записать в таблицу 3.3. Тогда чувствительность осциллографа по оси «*y*» может быть рассчитана следующим образом:

$$m_в = \frac{m'_в}{n_в} \cdot 5, \tag{3.30}$$

где $m'_в$ – чувствительность осциллографа, определенная числом напротив переключателя «*V*/дел» в рабочем положении; $n_в$ – расстояние между горизонтальными линиями в дел.

Результат расчета записывается в табл. 3.3.

При калибровке усилителя сигнала на оси «*x*» необходимо соединить гнездо «⊖ X», расположенное на правой боковой панели. С гнездом « ⊖⎍1V», расположенным на левой боковой панели. Определить расстояние между двумя вертикальными линиями n_r и записать в табл. 3.3. Напряжение, подаваемое на вход усилителя *x*, равно 1 В. Тогда чувствительность осциллографа по горизонтальной оси (оси «*x*») рассчитывается по уравнению

$$m_r = \frac{U_r}{n_r}. \tag{3.31}$$

Рассчитанное значение m_r записывается в табл. 3.3.

По определенным масштабам $m_в$ и $m_н$ рассчитываются масштабы по индукции и напряженности магнитного поля $M_в$ и $M_н$ по уравнениям

$$M_в = \frac{m_в \cdot R_и \cdot C_и}{6 \cdot W_и \cdot S}; \tag{3.32}$$

$$M_н = \frac{m_r \cdot W_н}{6 \cdot R_о \cdot 2\pi \cdot r_{ср}}, \tag{3.33}$$

где $r_{ср}$ – средний радиус сердечника, м; $R_о$ – образцовое сопротивление в цепи намагничивающей обмотки; $W_н$ – число витков намагничивающей обмотки; $W_и$ – число витков измерительной обмотки; $R_и$ – сопротивление интегрирующей цепи, Ом; $C_и$ – емкость интегрирующей цепи, ф; *S* – площадь поперечного сечения сердечника образца м^2.

Определенные масштабы $M_в$ и $M_н$ записываются в таблицу 3.3.

3.15. Подготовка звукового генератора к работе

Методика подготовки звукового генератора к работе, написана применительно к генератору Г3-53. При использовании генератора другого типа необходимо производить подготовку к работе согласно инструкции по эксплуатации или в соответствии с указанием преподавателя.

Перед включением звукового генератора необходимо установить органы управления на передней панели прибора в следующие положения:

- переключатель «поддиапазоны» – «Ок Hz»;
- рукоятку «частота Hz» – в положение при котором риска указателя частоты оказывается против цифры 0 на шкале частоты соответствующей поддиапазону 0 – 5 кГц;
- переключатель «пределы шкал, ослабление» – 3 в;
- рукоятка «регулировка выхода» – в положение, соответствующее значению выходного напряжения, равного нулю.

Затем следует подключить генератор кабелем питания к сети 220 В и включить переключатель «сеть». При этом должна загореться сигнальная лампа.

В течение 2 – 3 минут прогреть генератор. Если после прогрева вольтметр «напряжение выхода» покажет напряжение, отличное от нуля, необходимо плавным вращением рукоятки «уст. нуля» добиться нулевого показания вольтметра.

После выполнения вышеуказанных операций звуковой генератор подготовлен к работе.

3.16. Лабораторная работа №1. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях постоянной частоты». Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное определение свойств и характеристик ферромагнитных материалов при воздействии на них магнитного поля постоянной частоты с изменяющейся по амплитуде напряженностью.

3.17. Рабочее задание

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания, начиная с предельной динамической петли до минимально различимой (6 – 7 петель.)

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштабы по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить удельные потери на перемагничивание.

Определить для каждой динамической петли значение магнитной проницаемости.

Рассчитать по предельной динамической петле дифференциальную магнитную проницаемость при различных значениях напряженности поля в диапазоне изменения ее от 0 до H_m и обратно.

Построить зависимости $B_m=F(H_m)$, $\mu_r=(H_m)$, $\mu_{rg}=(H)$, $P=F(B_m)$.

Сделать выводы по работе.

3.18. Методические рекомендации к выполнению рабочего задания

3.18.1. Подготовка к проведению эксперимента

Перед началом выполнения лабораторной работы необходимо получить у лаборанта комплект соединительных проводов, осциллограф, звуковой генератор и исследуемый образец по указанию преподавателя.

Данные образца записать в табл. 3.2.

По известным параметрам интегрирующей цепи образца рассчитайте наименьшую частоту магнитного поля $f_{\min}$ в соответствии с уравнением (3.29) и запишите ее в таблицу 3.2.

Соберите схему установки (рис. 3.21).

При сборке схемы, в соответствии с рис. 3.21, гнезда «вход *y*» и «⊥» исследуемого образца соединить с гнездом « ⊖ УІМ Ω 35*pF*» тракта вертикального отклонения луча осциллографа, а гнезда «вход *x*» и «⊥» образца с гнездом « ⊖X» осциллографа.

Произведите подготовку осциллографа к работе в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.13 данных методических указаний и звукового генератора (раздел 3.15).

3.18.2. Рекомендации по зарисовке семейства динамических петель намагничивания

Увеличивая выходное напряжение генератора, получите на экране осциллографа предельную динамическую петлю намагничивания. Предельной динамической петлей является наибольшая по площади динамическая петля, у которой появляются «усы», свидетельствующие о начале насыщения. Наложив кальку с нанесенной координатной сеткой, зарисуйте предельную динамическую петлю намагничивания.

Уменьшая выходное напряжение звукового генератора, зарисуйте на кальку семейство 6 – 7 динамических петель от предельной до минимально различимой петли намагничивания.

3.18.3. Калибровка осциллографа

Калибровка осциллографа осуществляется в соответствии с пунктом 3.14 данных методических указаний. При калибровке положение точки «усиление» должно быть таким же как и во время зарисовки динамических петель.

3.18.4. Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание

По имеющимся на кальках изображениям определяются для каждой динамической петли намагничивания координаты вершин H'_m и B'_m в миллиметрах. Значения H'_m и B'_m записываются в табл. 3.4. Пример определения координат H'_m и B'_m приведен на рис. 3.22.

Таблица 3.4

Определение амплитудных значений индукции, напряженности магнитного поля и потерь в сердечнике образца на перемагничивание

Номер опыта	Измерено				Вычислено			
	f	B'_m	H'_m	S_n	B_m	H_m	μ_r	P
	Гц	мм	мм	мм^2	Т	А/м	10^3	Вт/кг

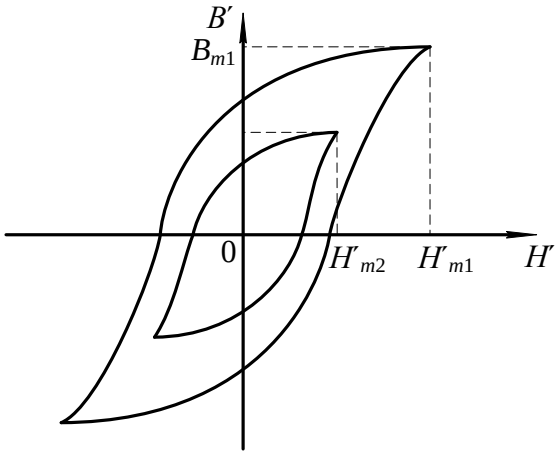


Рис. 3.22. Определение координат вершин динамических петель намагничивания

Амплитудные значения индукции и напряженности магнитного поля рассчитываются:

$$B_m = B'_m \cdot M_в . \quad (3.34)$$

$$H_m = H'_m \cdot M_н . \quad (3.35)$$

Для определения потерь на перемагничивание образца подсчитываются площади каждой из динамических петель намагничивания по клеткам миллиметровой бумаги, на которую накладывается калька с динамическими петлями намагничивания. Значения площадей записываются в табл. 3.4.

По найденным значениям B_m, H_m, S_n вычисляются значения относительной магнитной проницаемости и потери на перемагничивание для каждой петли

$$\mu_r = \frac{B_m}{\mu_о \cdot H_m}; \quad (3.36)$$

$$P = \frac{S_n \cdot M_в \cdot M_н}{\gamma} \cdot f , \quad (3.37)$$

где $\mu_о$=1,256·10^{-6} Гн/м – магнитная постоянная вакуума; f – частота намагничивающего потока, Гц; γ – плотность сердечника образца, кг/м^3.

Результаты расчетов записываются в табл.3.4.

3.18.5. Определение дифференциальной магнитной проницаемости

Определение дифференциальной магнитной проницаемости производится по предельной динамической петле намагничивания в следующем порядке. В интервале изменения H' от 0 до H'_m откладываются 6 – 7 значений H' (H'_0, H'_1, H'_2 … H'_m) на одинаковом расстоянии друг от друга. Затем в окрестности каждого значения H' задаются приращениями $\Delta H'$ так, чтобы эти значения Н′ находились посередине отрезка равного $\Delta H'$ (рис. 3.23).

Проведя из концов $\Delta H'$ линии, параллельные оси В до пересечения с восходящей и нисходящей ветвями предельной динамической петли намагничивания, определяем для каждого значения напряженности поля приращение индукции $\Delta B'_1$ и $\Delta B'_2$. $\Delta B'_1$ – приращение индукции, когда размагничивание осуществляется по нисходящей ветви при уменьшении напряженности поля от H'_m до 0.

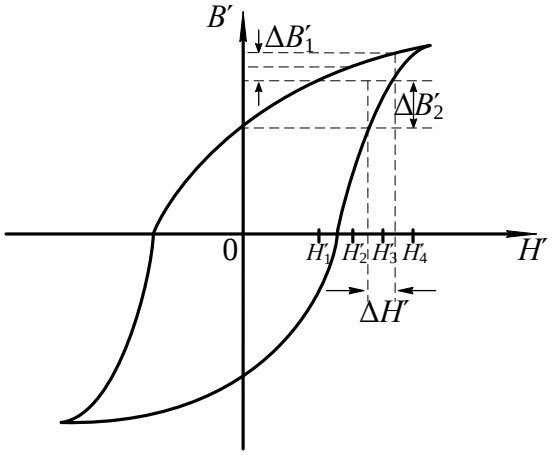


Рис. 3.23. К определению дифференциальной магнитной проницаемости

Значения напряженности $\Delta H'$, приращений $\Delta H'$, $\Delta B'_1$, $\Delta B'_2$ записываются в таблицу 3.5.

Таблица 3. 5

Определение дифференциальной магнитной проницаемости

H', мм	$\Delta H'$, мм	$\Delta B'_1$, мм	$\Delta B'_2$, мм	H, А/м	ΔH, А/м	ΔB_1, Тл	ΔB_2, Тл	μ'_{rg}	μ''_{rg}

Затем производится перерасчет значений напряженности H' по уравнению (3.35), а $\Delta H'$, $\Delta B'_1$, $\Delta B'_2$ по нижеследующим формулам

$$\Delta H = \Delta H' \cdot M_{\text{н}}, \tag{3.38}$$

$$\Delta B_1 = \Delta B_1^{'} \cdot M_{\text{в}}, \tag{3.39}$$

$$\Delta B_2 = \Delta B_2^{'} \cdot M_{\text{в}}. \tag{3.40}$$

Значения дифференциальной магнитной проницаемости рассчитывается по формулам

$$\mu_{rg}^{'} = \frac{\Delta B_1}{\mu_{\text{о}} \cdot \Delta H}, \tag{3.41}$$

$$\mu_{rg}^{''} = \frac{\Delta B_2}{\mu_{\text{о}} \cdot \Delta H}. \tag{3.42}$$

При построении зависимости $\mu_{rg}=F\ (H)$ по оси абсцисс откладываются значения напряженности Н, а по оси ординат соответствующие им значения μ'_{rg} и μ''_{rg}. В результате построения должен получится график, представленный на рис. 3.24.

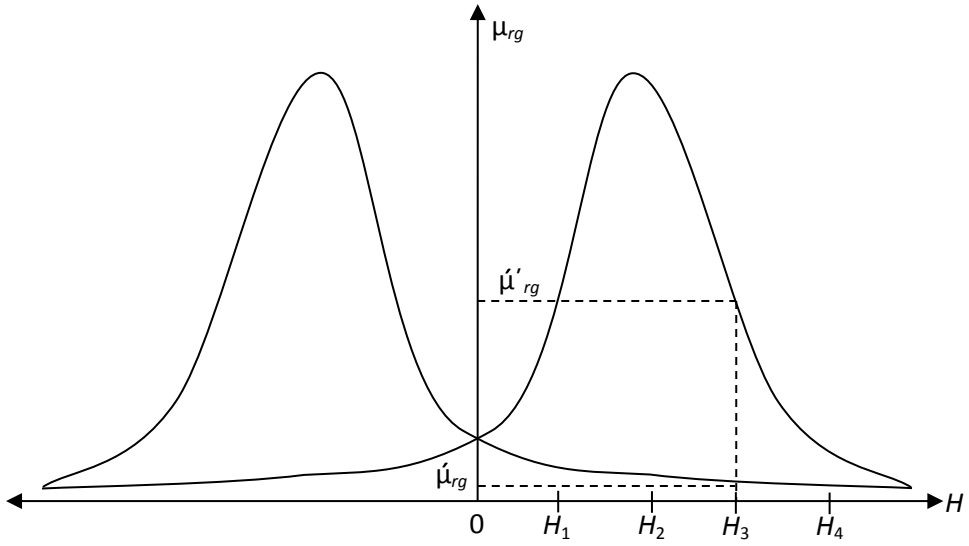


Рис. 3.25. Зависимость $\mu_{rg}=F\ (H)$

3.19. Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен иметь следующее содержание:

1. Цель лабораторной работы.

2. Характеристика и основные параметры исследуемого образца.

3. Характеристики средства измерения и вспомогательных средств исследования.

4. Таблицы с записью результатов экспериментальных исследований и расчетов.

5. Основные расчетные формулы.

6. Зависимости магнитной индукции $B_m=F(H_m)$ и относительной магнитной проницаемости $\mu_r=F\ (H_m)$, дифференциальной магнитной проницаемости $\mu_{rg}=F\ (H)$ от напряженности магнитного поля.

7. Зависимость потерь на перемагничивание от индукции в образце $P=F(B_m)$.

Зависимости магнитной индукции $B_m=F(H_m)$ и относительной магнитной проницаемости $\mu_r=F\ (H_m)$ необходимо строить в одной системе координат, откладывая по оси абсцисс значения H_m, а по оси ординат значения B_m и μ_r, в выбранных для каждой из этих величин масштабах.

Отчет заканчивается выводами, в которых в краткой форме должны быть описаны характеры полученных экспериментально зависимостей и дано их теоретическое обоснование.

3.20. Вопросы для самоконтроля

1. Как зависит относительная магнитная проницаемость от напряженности магнитного поля?
2. Чем объяснить, что сначала магнитная проницаемость возрастает с ростом напряженности, а затем уменьшается при дальнейшем возрастании последней?
3. Как изменяется магнитная индукция в образце с ростом напряженности намагничивающего поля?
4. На чем основан принцип действия лабораторной установки?
5. Какими параметрами установки ограничивается наименьшая частота намагничивающего тока?
6. Определите наименьшую частоту магнитного поля, при которой можно исследовать образец.
7. Как зависят потери на перемагничивание от магнитной индукции, создаваемой в образце?
8. Какие причины обуславливают рост потерь на перемагничивание с ростом магнитной индукции?
9. Объясните, как осуществляется намагничивание ферромагнетиков на различных участках основной кривой намагничивания?
10. В какой точке основной кривой намагничивания относительная магнитная проницаемость максимальна?
11. Каким основным условиям должно удовлетворять вещество, являющееся ферромагнетиком?
12. Какой из видов элементарного движения электрических зарядов создает основной магнитный момент в атоме?
13. Какое явление называется магнитной анизотропией?
14. Какое явление называется магнитострикцией?
15. Почему ферромагнетик самопроизвольно делится на отдельные области, домены?
16. Какая область ферромагнетика называется доменом?
17. Как и где происходит изменение направления намагниченности между доменами?

3.21. Лабораторная работа №2. «Исследование свойств магнитных материалов в магнитных полях переменной частоты». Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с индукционным методом измерения магнитных величин и экспериментальное

определение свойств и характеристик магнитных материалов при воздействии на них магнитного поля переменной частоты.

3.22. Рабочее задание

Рассчитать для полученного образца постоянную времени интегрирующей цепочки $\tau_и$ и минимальную частоту магнитного поля, при которой его можно исследовать.

Собрать схему установки (рис. 3.21).

Зарисовать с экрана осциллографа семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной магнитную индукцию B_m=const.

Зарисовать семейство динамических петель намагничивания при различных частотах намагничивающего тока, поддерживая неизменной напряженность магнитного поля H_m=const.

Произвести калибровку осциллографа.

По данным калибровки рассчитать масштаб по напряженности и индукции магнитного поля.

Для каждой из динамических петель намагничивания рассчитать амплитудные значения напряженности и магнитной индукции.

Для каждой из динамических петель намагничивания определить потери на перемагничивание образца.

Рассчитать для каждой динамической петли значение относительной магнитной проницаемости.

Построить зависимости $\mu_r=F(f)$, $P=F(f)$ для обоих семейств динамических петель намагничивания.

Сделать выводы по работе.

3.23. Методические указания к выполнению рабочего задания

3.23.1. Подготовка к проведению эксперимента.

Подготовка к проведению эксперимента осуществляется в соответствии с пунктом 3.18.1.

3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.

Перед началом экспериментальных исследований выбирается диапазон частот магнитного поля в пределах от f_{min} до f_{max}, который задается преподавателем.

Зарисовка динамических петель намагничивания при различных частотах магнитного поля с неизменной магнитной индукцией в образце B_m=const производится в следующем порядке. Необходимо установить на генераторе частоту $f=f_{max}$. Увеличивая выходное напряжение генератора добиться, чтобы динамическая петля намагничивания касалась двух горизонтальных линий, отстоящих друг от друга на расстоянии 5 клеток (рис. 3.26) и зарисовать на кальку.

Затем уменьшить частоту генератора на Δf. При этом амплитуда B_m возрастает. Уменьшая выходное напряжение генератора, восстановить прежнее значение индукции B_m в образце и снова зарисовать динамическую петлю намагничивания. В диапазоне изменения частоты генератора от f_{max} до f_{min} необходимо зарисовать шесть – семь петель, сохраняя индукцию в образце неизменной при каждой частоте.

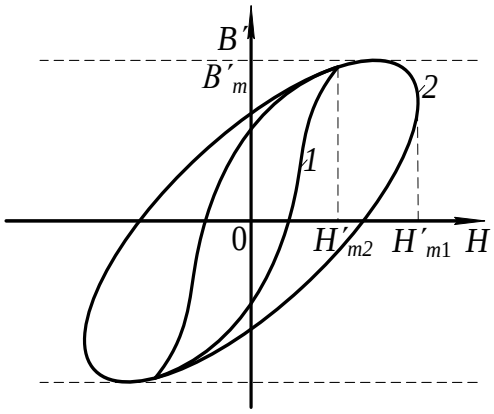


Рис. 3.26. Свойство динамических петель намагничивания с постоянной магнитной индукцией и различной частотой магнитного поля

Зарисовка семейства динамических петель намагничивания на различных частотах магнитного поля при постоянной напряженности магнитного поля в образце производится следующим образом. Частота звукового генератора устанавливается равной f_{min}. Увеличивая выходное напряжение генератора добиваются максимальной по размеру экрана магнитной индукции B_m. Через вершины петель паралельно оси B_m проводятся две вертикальные линии на кальке. Затем увеличивают частоту генератора до следующего значения. При этом ширина динамической петли или H_m уменьшится. Увеличивая выходное напряжение генератора, добиваются, чтобы динамическая петля касалась

линий, проведенных параллельно оси B_m и зарисовывают петлю на кальку (см. рис. 3.27).

Изменяя частоту генератора в диапазоне от f_{min} до f_{max} зарисовывают 6 – 7 динамических петель намагничивания на различных частотах, сохраняя H_m=const по вышеприведенной методике.

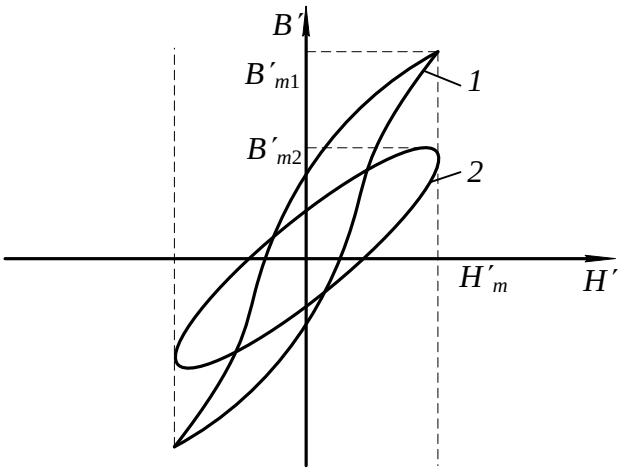


Рис. 3.27. Семейство динамических петель намагничивания при H_m=const

3.23.2. Рекомендации по зарисовке семейств динамических петель намагничивания.

Определение амплитудных значений индукции и напряженности магнитного поля потерь в сердечнике, значений относительной магнитной проницаемости для вершин каждой из зарисованных динамических петель намагничивания производится в соответствии с методикой, изложенной в пункте 3.18.4 данных методических указаний.

3.24. Содержание отчета

Содержание отчета по данной лабораторной работе должно отличаться от содержания отчета по лабораторной работе 1 (см. 3.19) полученными экспериментально зависимостями.

В этой работе определяются и строятся графики зависимостей $\mu_r=F(f)$, $P=F(f)$, когда B_m=const, и эти же зависимости, когда H_m=const. Необходимо строить зависимости $\mu_r=F(f)$ при B_m=const и $\mu_r=F(f)$ при H_m=const в одной системе координат откладывая по оси абсцисс значения H_m, а по оси ординат – значения μ_r.

Аналогично, в одной системе координат строятся зависимости $P=F(f)$ для обоих режимов испытания образца.

3.25. Вопросы для самоконтроля

1. Чем отличается динамическая петля намагничивания от петли гистерезиса?
2. Какие виды потерь существуют при перемагничивании ферромагнетика в переменном магнитном поле?
3. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на гистерезис?
4. От каких параметров намагничивающего поля и как зависят потери на вихревые токи?
5. Объясните суть явления вытеснения магнитного поля.
6. К каким последствиям приводит явление вытеснения магнитного поля?
7. Почему с ростом частоты уменьшается индукция, если B_m=const?
8. Почему с ростом частоты уменьшается магнитная индукция, если H_m=const?
9. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при B_m=const?
10. Как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при H_m=const?
11. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты относительная магнитная проницаемость изменяется в больших пределах, когда, как и почему изменяются потери на перемагничивание с ростом частоты при B_m=const, а не при H_m=const?
12. Почему в одном и том же диапазоне изменения частоты потери на перемагничивание ферромагнетика изменяются в больших пределах при B_m=const, а не при H_m=const?

Часть 4
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1. «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ДВУХЖИЛЬНОГО КАБЕЛЯ»

4.1. Требование к оформлению контрольной работы

Контрольная работа состоит из двадцати вариантов с нумерацией вариантов от 0 до 19.

Номер варианта задачи, решаемой студентов в контрольной работе, определяется суммой двух последних цифр шифра студента. Например, если номер шифра студента 4298, то номер варианта задачи – 17.

К оформлению контрольной работы предъявляются следующие требования:

1. Контрольная работа выполняется в тетради, на обложке которой должны быть указаны фамилия, имя, отчество студента, учебный шифр, наименование дисциплины и домашний адрес.

2. Условия задачи переписываются полностью, без сокращений.

3. Текстовая часть, формулы, числовые выкладки должны быть выполнены чернилами без помарок и исправлений.

4. Графическая часть работы выполняется в карандаше с помощью чертёжных инструментов.

5. Электрические схемы вычерчиваются с соблюдением установленных стандартом условных обозначений.

6. Ответы на вопросы должны быть аргументированы теоретически с использованием в необходимом объёме рисунков, графиков.

7. В конце работы необходимо привести список использованной при выполнении контрольной работы литературы.

8. После списка литературы необходимо проставить дату выполнения работы и подпись.

4.2. Задание на контрольную работу

Питание электротехнической установки осуществляется с помощью кабельной линии длиной l. Кабель со свинцовой оболочкой имеет две токопроводящие жилы радиусом R (Рис.1). В качестве электрической изоляции жил друг от друга и жил от оболочки использована кабельная бумага. В пористой структуре диэлектрика имеются капилляры, заполненные воздухом. К жилам кабеля приложено переменное напряжение, действующее значение которого U, частотой f . При расчёте считать, что электрическое поле внутри кабеля однородно.

Требуется определить:

1) ёмкость между жилами кабеля, $C_к$;
2) сопротивление изоляции между жилами кабеля, $Z_{из}$;
3) значение тока утечки между жилами кабеля, $I_у$;
4) диэлектрические потери в изоляции кабеля, P;
5) пробивное напряжение изоляции между жилами кабеля, $U_{пр}$;
6) ёмкость $C_{кп}$, сопротивление изоляции $Z_{изп}$ и ток утечки $I_{уп}$ диэлектрические потери $P_п$, пробивное напряжение $U_{прп}$ при условии, что оболочка кабеля заполнена газообразным либо жидким диэлектриком. При расчёте принять, что поры и капилляры полностью заполнены этим диэлектриком;
7) после расчёта составить таблицу сравнительных данных кабелей без пропитки и с пропиткой и произвести анализ влияния пропитки изоляции кабеля на его электрические свойства;
8) определить соответствие изоляционных свойств электрической изоляции кабеля требованиям правил установки электропотребителей (ПУЭ);

Геометрические размеры кабеля и электрические параметры диэлектриков, использованных в качестве изоляции, приведены в таблице 4.1.

Вопросы к контрольной работе

1. Дайте расшифровку цифр, используемых в обозначениях марок электрических сталей.
2. На основной кривой намагничивания укажите участки, на которых намагничивание осуществляется за счёт роста доменов. В чём отличие процессов намагничивания на этих участках?
3. Как влияют на магнитные свойства материалов вихревые токи. В каких магнитных полях возникают эти токи?

Таблица 4.1

Исходные данные для решения контрольной работы

Номер варианта	Длинна линии l	Радиус жилы, R	Расстояние между жилами, S	Рабочее напряжение, U	Частота, f	Плотность		Относительная диэлектрическая проницаемость			Тангенс угла диэлектрических потерь			Электрическая прочность		
						Целлюлозы, D_1	Бумаги, D	Целлюлозы, ε_{21}	Воздуха, ε_{22}	Пропитки, ε_{23}	Целлюлозы, $tg\delta_1$	Воздуха, $tg\delta_2$	Пропитки, $tg\delta_3$	Целлюлозы, $E_{пр1}$	Воздуха, $E_{пр2}$	Пропитки, $E_{пр3}$
	м	мм	мм	В	Гц	кг/м^3	кг/м^3				10^{-4}	10^{-6}	10^{-3}	кВ/мм	кВ/мм	кВ/мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0	120	1,38	7,5	220	50	1550	780	6,6	1,00059	2,1	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	20,0
1	50	1,78	8,3	380	50	1550	850	6,6	1,00059	2,7	65,0	4,0	10,0	15,0	3,2	60,0

2	1000	2,25	12,24	2200	50	1550	1100	6,6	1,00059	4,5	65,0	4,0	25,0	15,0	3,2	50,0
3	800	2,82	13,58	1100	50	1550	1090	6,6	1,00059	4,1	65,0	4,0	15,0	15,0	3,2	55,0
4	150	3,34	17,92	6600	50	1550	780	6,6	1,00059	2,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	43,0
5	1500	3,99	19,42	3300	50	1550	770	6,6	1,00059	5,2	65,0	4,0	30,0	15,0	3,2	35,0
6	3000	4,72	14,18	6600	50	1550	900	6,6	1,00059	4,8	65,0	4,0	5,0	15,0	3,2	20,0

Окончание табл. 4.1

Номер варианта	Длинна линии l	Радиус жилы, R	Расстояние между жилами, S	Рабочее напряжение, U	Частота, f	Плотность		Относительная диэлектрическая проницаемость			Тангенс угла диэлектрических потерь			Электрическая прочность		
						Целлюлозы, D_1	Бумаги, D	Целлюлозы, ε_{21}	Воздуха, ε_{22}	Пропитки, ε_{23}	Целлюлозы, $tg\delta_1$	Воздуха, $tg\delta_2$	Пропитки, $tg\delta_3$	Целлюлозы, $E_{пр1}$	Воздуха, $E_{пр2}$	Пропитки, $E_{пр3}$
	м	мм	мм	В	Гц	кг/м^3	кг/м^3				10^{-4}	10^{-6}	10^{-3}	кВ/мм	кВ/мм	кВ/мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	500	5,5	15,74	380	50	1550	970	6,6	1,00059	2,4	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	18,0
8	250	6,18	19,5	2200	50	1550	800	6,6	1,00059	1,01	65,0	4,0	4,0	15,0	3,2	20,0
9	2000	6,91	20,76	1100	50	1550	1100	6,6	1,00059	3,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	45,0
10	200	7,68	24,8	3300	50	1550	1100	6,6	1,00059	2,1	65,0	4,0	3,0	15,0	3,2	20,0
11	4000	8,74	27,3	6600	50	1550	850	6,6	1,00059	2,3	65,0	4,0	1,0	15,0	3,2	18,0
12	3500	1,38	11,2	1100	50	1550	780	6,6	1,00059	5,0	65,0	4,0	20,0	15,0	3,2	42,0
13	1600	1,78	11,2	2200	50	1550	900	6,6	1,00059	4,4	65,0	4,0	5,0	15,0	3,2	45,0
14	600	7,68	20,1	220	50	1550	770	6,6	1,00059	2,8	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	24,0
15	800	8,74	22,2	660	50	1550	970	6,6	1,00059	4,8	65,0	4,0	8,0	15,0	3,2	25,0
16	300	2,25	16,14	3300	50	1550	1090	6,6	1,00059	2,7	65,0	4,0	10,0	15,0	3,2	25,0
17	1400	3,34	17,92	6600	50	1550	780	6,6	1,00059	1,019	65,0	4,0	0,2	15,0	3,2	50,0
18	700	6,18	17,1	660	50	1550	780	6,6	1,00059	3,8	65,0	4,0	20,0	15,0	3,2	32,0

4.3. Методические указания к выполнению контрольной работы

Кабельная бумага представляет собой механическую смесь целлюлозы и воздуха с неодинаковой относительной диэлектрической проницаемостью. Определение относительной диэлектрической проницаемости такого диэлектрика производится в соответствии с уравнением Лихтенеккера для последовательного расположения компонентов. В связи с тем, что при использовании этого уравнения необходимо знать объёмные концентрации компонентов, расчёт

следует начать с определения последних по заданным значениям плотности целлюлозы и кабельной бумаги в соответствии с уравнениями

$$\theta_1 = \frac{D}{D_1}\ ; \tag{4.1}$$

$$\theta_2 = 1 - \frac{D}{D_1}, \tag{4.2}$$

где θ_1 – объёмная концентрация целлюлозы; θ_2 – объёмная концентрация воздуха; D – плотность кабельной бумаги, кг/м^3; D_1 – плотность целлюлозы, кг/м^3.

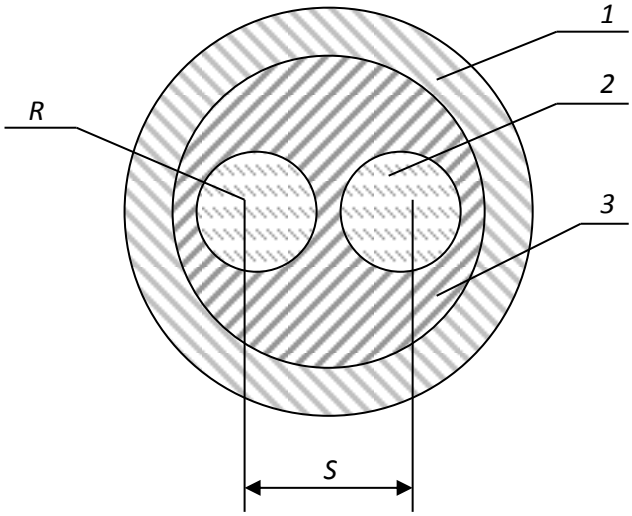


Рис. 4.1. Сечение двужильного кабеля
1- оплётка кабеля; 2- жила кабеля; 3- изоляция кабеля

По вычисленному значению относительной диэлектрической проницаемости непропитанной кабельной бумаги и заданным геометрическим размерам кабеля рассчитывается ёмкость кабельной линии.

Для двухжильного кабеля ёмкость между жилами может быть определена из уравнения:

$$C_k = \xi_r \cdot \xi_0 \times \frac{2 \cdot \pi \cdot l}{\ln K^2}, \tag{4.3}$$

где

$$K = \frac{a + x - R}{a + R - x};$$

$$x = \frac{S}{2};$$

$$a = \sqrt{(\frac{S}{2})^2 - R^2}\ ;$$

S – расстояние между центрами жил кабеля, м; R – радиус жил кабеля, м; l – длинна кабельной линии, м.

Тангенс угла диэлектрических потерь кабельной бумаги вычисляются по заданным значениям тангенсов углов диэлектрических потерь целлюлозы и воздуха по формуле

$$\mathrm{tg}\delta = \frac{\mathrm{tg}\delta_1}{1+\dfrac{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_2)\cdot \xi_{r2}}} + \frac{\mathrm{tg}\delta_2}{1+\dfrac{(1-\theta_2)\cdot \xi_{r2}}{\theta_2 \cdot \xi_{r1}}}. \qquad (4.4)$$

Удельная активная ($\gamma_а$) и удельная реактивная ($\gamma_р$) проводимости изоляции в переменном электрическом поле с частотой f вычисляются по формулам, приведённым в основных учебных пособиях.

Удельная полная проводимость изоляции кабеля связана с удельными активной и реактивной проводимостями соотношением

$$\gamma_{из} = \sqrt{\gamma_а^2 + \gamma_р^2} \qquad (4.5)$$

Полная проводимость $Y_{из}$ изоляции кабеля определяется по удельной проводимости $\gamma_{из}$ и геометрическим размерам кабеля

$$Y_{из} = \gamma_{из} \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2} \qquad (4.6)$$

Ток утечки кабеля, возникающий под воздействием приложенного напряжения, сопротивление изоляции между жилами в двухжильных кабелях рассчитываются на основании соотношений

$$I_у = U \cdot Y_{из}; \qquad (4.7)$$

$$Z_{из} = \frac{1}{Y_{из}}. \qquad (4.8)$$

Диэлектрические потери в изоляции кабеля P находятся по действующему значению приложенного переменного напряжения, ёмкости кабельной лини, тангенсу угла диэлектрических потерь и частоте питающей сети

$$P = U^2 \cdot 2\pi \cdot f \cdot C_k \cdot \mathrm{tg}\delta, \qquad (4.9)$$

где U – рабочее напряжение кабельной линии, В; f – частота, Гц; C_k – ёмкость кабельной линии, Ф; tgδ – тангенс угла диэлектрических потерь; P – диэлектрические потери, Вт.

Для упрощения расчёта величины пробивного напряжения делаем допущение, что электрическое поле внутри кабеля однородное, то есть напряженность поля в любой его точке одинакова. Тогда электрическая прочность кабельной бумаги может быть получена по заданным значениям

электрической прочности компонентов (целлюлозы и воздуха) из следующего уравнения

$$E_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{пр1}} \cdot E_{\text{пр2}}}{E_{\text{пр1}} + E_{\text{пр2}} \cdot (1 - \frac{\xi_{r2}}{\xi_{r1}})}. \qquad (4.10)$$

Пробивное напряжение изоляции:

$$U_{\text{пр}} = E_{\text{пр}} \cdot h_{\text{из}}, \qquad (4.11)$$

где $h_{\text{из}}$ – минимальная толщина изоляции, мм.

Минимальная толщина изоляции между жилами кабеля для двухжильного кабеля определяется из уравнения

$$h_{\text{из}} = S - 2R \qquad (4.12)$$

Вычислив электрические параметры линии, в кабеле которой в качестве изоляции использована непропитанная кабельная бумага, следует произвести расчёт параметров этой линии при условии, что оболочка кабеля заполнена вместо воздуха либо газообразным диэлектриком, либо жидким изоляционным материалом. При этом считаем, что в порах капиллярах воздух полностью замещается этими диэлектриками.

Последовательность расчёта остаётся той же, что для непропитанной кабельной бумаги. В уравнениях (4.2), (4.4) и (4.10) необходимо вместо электрических параметров воздуха подставлять аналогичные параметры замещающего воздух другого диэлектрика согласно условию задачи. При записи расчётного уравнения необходимо индекс 2, обозначающий, что это параметр воздуха, изменить на индекс 3.

Например, при определении $\text{tg}\delta_n$ пропитанной жидким диэлектриком кабельной бумаги уравнение (4.4) нужно записать в следующем виде:

$$\text{tg}\delta_{\text{п}} = \frac{\text{tg}\delta_q}{1 + \frac{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r2}}} + \frac{\text{tg}\delta_3}{1 + \frac{(1-\theta_3) \cdot \xi_{r3}}{\theta_3 \cdot \xi_{r1}}}.$$

При расчёте следует полагать, что объёмные концентрации целлюлозы и заменяющего воздух другого газообразного или жидкого диэлектрика остались такими же, как целлюлозы и воздуха, то есть

$$\theta_3 = \theta_2.$$

После окончания расчёта следует *обязательно* проанализировать, как влияет на электрические параметры кабельной линии пропитка её изоляции жидким диэлектриком. Для удобства анализа необходимо составить таблицу расчётных значений электрических параметров кабельной линии дои после пропитки. Образец такой таблицы представлен ниже.

Таблица 4.2

Таблица сравнительных данных кабельной линии

Обозначение параметра	ξ_r	C_k, Ф	$X_{из}$, См/м	$Z_{из}$, Ом	$Y_{из}$, См	P, Вт	$U_{пр}$, кВ
Кабель без пропитки							
Кабель с пропиткой							

При анализе необходимо указывать, как влияет пропитка изоляции на значение каждого из рассчитанных параметров с использованием теоретических сведений.

В конце анализа необходимо сделать вывод о соответствии изоляции пропитанного и непропитанного кабелей требованиям, предъявляемых к кабельной линии правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

В соответствии с этими требованиями кабельные линии с рабочим напряжением до 1000 В должны обладать сопротивлением изоляции $R_{из}$>0,5 МОм при прозвонке их мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Изоляция кабельных линий с рабочим напряжением более 1 кВ должна выдерживать воздействия постоянных напряжений, значение которых приводятся в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей

Изоляция	Напряжение, кВ, для кабелей на рабочее напряжение, кВ								Продолжительность
	2	3	6	10	20	35	110	220	
Бумажная	12	18	36	60	100	175	300	450	

Для установления соответствия изоляции кабельных линий с рабочим напряжением до 1 кВ требованиям ПУЭ необходимо рассчитать сопротивление изоляции $R_{из}$ постоянному току. Расчёт $R_{из}$ осуществляется по активной удельной проводимости в соответствии с уравнениями

$$g_{из} = \gamma_а \cdot \frac{2\pi \cdot l}{\ln K^2}; \quad (4.13)$$

$$R_{из} = \frac{1}{g_{из}}, \quad (4.14)$$

где $g_{из}$ – активная проводимость кабельной линии, См; $\gamma_а$ – удельная активная проводимость кабельной линии, См/м; $R_{из}$ – сопротивление изоляции постоянному току, Ом.

Если рассчитанное значение сопротивления изоляции $R_{из}$ больше 0,5 мОм, то кабельная линия удовлетворяет требованиям ПУЭ.

Для кабельных линий с рабочим напряжением свыше 1000В проверка изоляции на соответствие требованиям ПУЭ производится путём сравнения рассчитанного пробивного напряжения с $U_{пр}$ с испытательным напряжением, приведённым в табл. 4.3.

4.4. Экзаменационные вопросы

1. Понятия об электротехнических материалах. Классификация (определения).
2. Диэлектрики. Основные понятия. Определения. Классификация.
3. Понятия поляризации. Механизм поляризации.
4. Виды поляризации. Электронная поляризация.
5. Виды поляризации. Ионная поляризация.
6. Виды поляризации. Спонтанная (остаточная) поляризация.
7. Обобщенная схема замещения диэлектрика.
8. Относительная диэлектрическая проницаемость газообразных диэлектриков.
9. Относительная диэлектрическая проницаемость твердых диэлектриков
10. Относительная диэлектрическая проницаемость сложных диэлектриков. Уравнение Лихтеннекера.
11. Понятия об электропроводности диэлектриков. Электропроводность твердых диэлектриков. Объемное и поверхностное удельные сопротивления диэлектриков.
12. Диэлектрические потери. Основные понятия. Схемы замещения. Виды диэлектрических потерь.
13. Понятие пробоя диэлектриков. Электрический пробой газообразных диэлектриков.
14. Понятие электрического пробоя диэлектриков. Электротепловой пробой.
15. Механические, физические и тепловые свойства диэлектриков.
16. Электроизоляционные материалы. Газообразные, жидкие твердые и твердеющие изоляционные материалы.
17. Физика магнетизма. Условия возникновения ферромагнетизма.
18. Основные характеристики магнитных веществ.
19. Строение ферромагнетиков.
20. Явление магнитной анизотропии и магнитострикции.
21. Намагничивание ферромагнетиков.
22. Свойства ферромагнетиков в квазипостоянных магнитных полях.
23. Динамическая петля намагничивания.
24. Эффект вытеснения магнитного поля диэлектрика в переменном магнитном поле.
25. Потери мощности на перемагничивание ферромагнетиков в переменном магнитном поле.

26. Магнитные материалы. Магнитомягкие и магнитотвердые магнитные материалы.
27. Исследование ферромагнетика в переменном магнитном поле.
28. Полупроводники. Основные понятия. Классификация.
29. Электропроводность полупроводников.
30. Электронно-дырочный переход полупроводников.
31. Проводники. Классификация. Основные понятия.
32. Удельное сопротивление проводников. Температурный коэффициент удельного сопротивления.
33. ТермоЭДС. Температурный коэффициент линейного расширения металлических проводников.
34. Основы конструкционного и электротехнического материаловедение.
35. Агрегатные состояния и дефекты строения материалов.
36. Термическая обработка.
37. Металлы и сплавы.
38. Искусственные и синтетические материалы.
39. Классификация материалов.
40. Технологии получения материалов.

Учебно-методические материалы

Основная литература

Богородицкий Н. П., Пасынков В. В., Тареев Б. М. Электротехнические материалы. 7-е издание. Л.: Энергоатомиздат, 1985. 304 с.

Угольников А. В. Электротехническое и конструкционное материаловедение. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2015. 147 с.

Хахин Ю. М. Электротехническое материаловедение. Екатеринбург, Изд. УГГГА, 1995. 100 с.

Дополнительная литература

Справочник по электрическим материалам / под ред. Ю. В. Корицкого 2-е изд. М.: Энергия, том 1, 1974. 583 с.; том 2, 1974. 615 с; том 3, 1976. 896 с.

Агеева Н. Д., Винаковская Н. Г, Лифанов В. Н. Электротехническое материаловедение, Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2006. 76 с.

Дудкин А. Н. Ким В. С. Электротехническое материаловедение. Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2012. 216 с.

Журавлева Л. В. Электроматериаловедение, М ПрофОбрИздат, 2001. 312 с.

Попов В. С. Теоретическая электротехника. М.: Энергоатомиздат, 1990.

Розенблат М. А. Магнитные элементы автоматики и вычислительной техники. М.: Наука, 1966. 720с.

Тареев Б. М. Физика диэлектрических материалов. М.: Энергия, 1982. 320 с.

Штофа Ян. Электротехнические материалы в вопросах и ответах. М.: Энергоатомиздат, 1984. 200 с.

Электротехнические и конструкционные материалы. В. Н. Бородулин, А. С. Воробьев, В. М. Матюгин и др. М: Издательский центр «Академия», 2005. 280 с.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ЭЛЕКРОТЕХНИЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализации:
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
Геология нефти и газа
Прикладная геохимия, минералогия и геммология

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА 4
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 4
Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса 4
Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам 5
Подготовка и написание контрольной работы 6
Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта) 7
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ 8
Подготовка к зачёту 8
Подготовка к экзамену 8

ВВЕДЕНИЕ

Самостоятельная работа студентов – это разнообразные виды деятельности студентов, осуществляемые под руководством, но без непосредственного участия преподавателя в аудиторное и/или внеаудиторное время.

Это особая форма обучения по заданиям преподавателя, выполнение которых требует активной мыслительной, поисково-исследовательской и аналитической деятельности.

Методологическую основу самостоятельной работы студентов составляет деятельностный подход, когда цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, то есть на реальные ситуации, где студентам надо проявить знание конкретной дисциплины, использовать внутрипредметные и межпредметные связи.

Цель самостоятельной работы – закрепление знаний, полученных на аудиторных занятиях, формирование способности принимать на себя ответственность, решать проблему, находить конструктивные выходы из сложных ситуаций, развивать творческие способности, приобретение навыка организовывать своё время

Кроме того самостоятельная работа направлена на обучение студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свой профессиональный уровень.

Самостоятельная работа реализует следующие задачи:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирование практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развитие исследовательских умений;
- получение навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы:

- аудиторная;
- внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы, демонстрирует ранее выполненные студентами работы и т. п.

ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТА

Основные формы организации самостоятельной работы студентов определяются следующими параметрами:

- содержание учебной дисциплины;
- уровень образования и степень подготовленности студентов;
- необходимость упорядочения нагрузки студентов при самостоятельной работе.

В соответствии с реализацией рабочей программы дисциплины в рамках самостоятельной работы студенту необходимо выполнить следующие виды работ:

для подготовки ко всем видам текущего контроля:

- повторение материала лекций;
- самостоятельное изучение курса;
- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- подготовка к контрольной работе, написание контрольной работы;
- выполнение и написание курсовой работы (проекта);

для подготовки ко всем видам промежуточной аттестации:

- подготовка к зачёту;
- подготовка к экзамену.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов как online, так и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита контрольных и курсовых работ (проектов), защита зачётных работ в виде доклада с презентацией и др.

Текущий контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

Промежуточный контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного для сдачи экзамена / зачёта.

В методических указаниях по каждому виду контроля представлены материалы для самостоятельной работы и рекомендации по организации отдельных её видов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ КО ВСЕМ ВИДАМ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Повторение материала лекций и самостоятельное изучение курса

Лекционный материал по дисциплине излагается в виде устных лекций преподавателя во время аудиторных занятий. Самостоятельная работа студента во время лекционных аудиторных занятий заключается в ведении записей (конспекта лекций).

Конспект лекций, выполняемый во время аудиторных занятий, дополняется студентом при самостоятельном внеаудиторном изучении некоторых тем курса. Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и дополнительной литературы к дисциплине.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины приведён в рабочей программе дисциплины.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на повторение материала лекций и самостоятельное изучение тем курса:

для овладения знаниями:

- конспектирование текста;
- чтение основной и дополнительной литературы;
- составление плана текста;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- повторная работа над учебным материалом;
- составление таблиц для систематизации учебного материала;
- изучение нормативных материалов;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы для самопроверки;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Вопросы для самопроверки приведены учебной литературе по дисциплине или могут быть предложены преподавателем на лекционных аудиторных занятиях после изучения каждой темы.

Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам

Практические занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов системы интегрированных умений и навыков, необходимых для освоения профессиональных компетенций, а также умений определять, разрабатывать и применять оптимальные методы решения профессиональных задач.

На практических занятиях происходит закрепление теоретических знаний, полученных в ходе лекций, осваиваются методики и алгоритмы решения типовых задач по образцу и вариантных задач, разбираются примеры применения теоретических знаний для практического использования, выполняются доклады с презентацией по определенным учебно-практическим, учебно-исследовательским или научным темам с последующим их обсуждением.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к практическим занятиям:

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа с конспектом лекций;
- ответы на вопросы для самопроверки;
- подготовка публичных выступлений;
- составление библиографических списков по изучаемым темам.

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;

– рефлексивный анализ профессиональных умений.

Тематический план изучения дисциплины и содержание учебной дисциплины приведены в рабочей программе дисциплины.

Лабораторные занятия по дисциплине выступают средством формирования у студентов навыков работы с использованием лабораторного оборудования, планирования и выполнения экспериментов, оформления отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к лабораторным занятиям:

для овладения знаниями:

– изучение методик работы с использованием различных видов и типов лабораторного оборудования;
– изучение правил безопасной эксплуатации лабораторного оборудования;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– составление плана проведения эксперимента;
– составление отчётной документации по результатам экспериментирования;
– аналитическая обработка результатов экспериментов.

для формирования навыков и умений:

– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению лабораторных работ.

Подготовка и написание контрольной работы

Контрольная работа – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся. Контрольная работа является средством проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к контрольной работе:

для овладения знаниями:

– чтение основной и дополнительной литературы;
– работа со словарями, справочниками и нормативными документами.

для закрепления и систематизации знаний:

– работа с конспектом лекций;
– ответы на вопросы для самопроверки.

для формирования навыков и умений:

– решение задач по образцу и вариативных задач;
– выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
– оформление отчётной документации по выполнению контрольной работы.

Контрольная работа может быть выполнена в виде доклада с презентацией.

Доклад с презентацией – это публичное выступление по представлению полученных результатов знаний по определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной теме.

При подготовке доклада с презентацией обучающийся должен продемонстрировать умение самостоятельного изучения отдельных вопросов, структурирования основных положений рассматриваемых проблем, публичного выступления, позиционирования себя перед коллективом, навыки работы с библиографическими источниками и оформления научных текстов.

В ходе подготовки к докладу с презентацией обучающемуся необходимо:

- выбрать тему и определить цель выступления;
- осуществить сбор материала к выступлению;
- организовать работу с источниками;
- -во время изучения источников следует записывать вопросы, возникающие по мере ознакомления, ключевые слова, мысли, суждения; представлять наглядные примеры из практики;
- сформулировать возможные вопросы по теме доклада, подготовить тезисы ответов на них;
- обработать материал и представить его в виде законченного доклада и презентации.

При выполнении контрольной работы в виде доклада с презентацией самостоятельная работа студента включает в себя:

для овладения знаниями:

- чтение основное и дополнительной литературы по заданной теме доклада;
- составление плана доклада;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- просмотр обучающих видеозаписей по теме доклада

для закрепления и систематизации знаний:

- составление плана и тезисов презентации по теме доклада;
- составление презентации;
- составление библиографического списка по теме доклада;
- подготовка к публичному выступлению;
- составление возможных вопросов по теме доклада и ответов на них.

для формирования навыков и умений:

- публичное выступление;
- выполнение рисунков, схем, эскизов оборудования;
- рефлексивный анализ профессиональных умений.

Варианты контрольных работ и темы докладов приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

Подготовка к выполнению и написанию курсовой работы (проекта)

Курсовая работа (проект) – форма контроля для демонстрации обучающимся умений работать с объектами изучения, критическими источниками, справочной и энциклопедической литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать и строить априорную модель изучаемого объекта или процесса, создавать содержательную презентацию выполненной работы.

При выполнении и защите курсовой работы (проекта) оценивается умение самостоятельной работы с объектами изучения, справочной литературой, логично и грамотно излагать собственные умозаключения и выводы, обосновывать выбранную технологическую схему и принятый тип и количество оборудования, создавать содержательную презентацию выполненной работы (пояснительную записку и графический материал).

Рекомендуемые задания для самостоятельной внеаудиторной работы студента, направленные на подготовку к курсовой работе (проекту):

для овладения знаниями:

- чтение основной и дополнительной литературы;
- работа со словарями, справочниками и нормативными документами;
- составление плана выполнения курсовой работы (проекта);
- составление списка использованных источников.

для закрепления и систематизации знаний:

- работа учебно-методическими материалами по выполнению курсовой работы (проекта);
- изучение основных методик расчёта технологических схем, выбора и расчёта оборудования;
- подготовка тезисов ответов на вопросы по тематике курсовой работы (проекта).

для формирования навыков и умений:

- решение задач по образцу и вариативных задач;
- выполнение рисунков, схем, компоновочных чертежей;
- оформление текстовой и графической документации.

Тематика курсовых работ (проектов) приведены в комплекте оценочных средств дисциплины.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Подготовка к зачёту

Зачёт по дисциплине может быть проведён в виде теста или включать в себя защиту контрольной работы (доклад с презентацией).

Тест – это система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

При самостоятельной подготовке к зачёту, проводимому в виде теста, студенту необходимо:

- проработать информационный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине; проконсультироваться с преподавателем по вопросу выбора дополнительной учебной литературы;
- выяснить условия проведения теста: количество вопросов в тесте, продолжительность выполнения теста, систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с тестом, нужно внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов, выбрать правильные (их может быть несколько), на отдельном листке ответов вписать цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам.

В процессе выполнения теста рекомендуется применять несколько подходов в решении заданий. Такая стратегия позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант. Не нужно тратить слишком много времени на трудный вопрос, а сразу переходить к другим тестовым заданиям, к трудному вопросу можно обратиться в конце. Необходимо оставить время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Зачёт также может проходить в виде защиты контрольной работы (доклад с презентацией). Методические рекомендации по подготовке и выполнению доклада с презентацией приведены в п. «Подготовка и написание контрольной работы».

Подготовка к экзамену

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в форме экзамена.

Билет на экзамен включает в себя теоретические вопросы и практико-ориентированные задания.

Теоретический вопрос – индивидуальная деятельность обучающегося по концентрированному выражению накопленного знания, обеспечивает возможность

одновременной работы всем обучающимся за фиксированное время по однотипным заданиям, что позволяет преподавателю оценить всех обучающихся.

Практико-ориентированное задание – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по определенной теме.

При самостоятельной подготовке к экзамену студенту необходимо:

- получить перечень теоретических вопросов к экзамену;
- проработать пройденный материал (конспект лекций, учебное пособие, учебник) по дисциплине, при необходимости изучить дополнительные источники;
- составить планы и тезисы ответов на вопросы;
- проработать все типы практико-ориентированных заданий;
- составить алгоритм решения основных типов задач;
- выяснить условия проведения экзамена: количество теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий в экзаменационном билете, продолжительность и форму проведения экзамена (устный или письменный), систему оценки результатов и т. д.;
- приступая к работе с экзаменационным билетом, нужно внимательно прочитать теоретические вопросы и условия практико-ориентированного задания;
- при условии проведения устного экзамена составить план и тезисы ответов на теоретические вопросы, кратко изложить ход решения практико-ориентированного задания;
- при условии проведения письменного экзамена дать полные письменные ответы на теоретические вопросы; изложить ход решения практико-ориентированного задания с численным расчётом искомых величин.

Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета

«___» _____ 2018 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Издание УГГУ Екатеринбург, 2018

УДК 531
Б 87

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета.

Учебное пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от «07» июня 2018 г. (протокол № 7) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Учебно-методического совета Уральского государственного горного университета.

Брагин В. Г., Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

Б 87 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебное пособие / Ю. М. Казаков, В. Г. Брагин, Е. Б. Волков. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 250 с.
ISBN 978-5-8019-0460-3

Учебное пособие содержит краткие методические указания, примеры решений задач и упражнения для самостоятельной работы по основным темам курса теоретической механики: статика, кинематика точки и простейшие движения твёрдых тел, сложное движение точки, динамика точки и механической системы. Учебное пособие для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения.

ISBN 978-5-8019-0460-3

©Брагин В. Г., Волков Е. Б.,
Казаков Ю. М., 2018
©Уральский государственный горный университет, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА 4
1.1. Основные понятия статики 4
1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия 9
1.3. Произвольная плоская система сил 16
1.4. Равновесие систем тел 26
1.5. Произвольная пространственная система сил 34
1.6. Равновесие тел при наличии сил трения 44
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА 55
2.1. Криволинейное движение точки 55
2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела 62
вокруг неподвижной оси 62
2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела 73
2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела 84
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 100
3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки 100
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 114
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки 114
4.2. Колебания материальной точки 124
4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки 134
5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ 146
5.1. Теорема о движении центра масс системы 146
5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы
относительно оси 148
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы 153
5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию
движений твёрдого тела 162
6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ 177
6.1. Принцип Даламбера для системы 177
6.2. Принцип возможных перемещений 182
6.3. Общее уравнение динамики 189
6.4. Уравнения Лагранжа II рода 201
7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ 220
7.1. Ответы к упражнениям главы 1 220
7.2. Ответы к упражнениям главы 2 226
7.3. Ответы к упражнениям главы 3 231
7.4. Ответы к упражнениям главы 4 233
7.5. Ответы к упражнениям главы 5 236
7.6. Ответы к упражнениям главы 6 241
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 249

1. СТАТИКА

1.1. Основные понятия статики

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором освещаются условия равновесия тел под действием систем сил.

Материальной точкой называют простейшую модель материального тела, размерами которого можно пренебречь и которое можно принять за геометрическую точку, имеющую массу, равную массе тела. Совокупность материальных точек называется **системой материальных точек**. Если система материальных точек такова, что движение каждой точки зависит от положения и движения остальных точек системы, то система называется **механической системой материальных точек**. Любое материальное тело представляет собой механическую систему материальных точек. Если точки системы связаны между собой так, что расстояния между любыми двумя точками не изменяются, то система называется **неизменяемой системой**, а тело – **абсолютно твердым телом**.

Силой в механике называют меру механического действия одного материального объекта (например, твердого тела) на другой. Единицей измерения силы в системе СИ является ньютон (Н). Совокупность сил, действующих на механическую систему (в частности, на твёрдое тело), называют **системой сил.**

Если система сил, приложенная к твердому телу, оставляет его в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то такая система сил называется **уравновешенной,** или **системой сил, эквивалентной нулю**.

Если одну систему сил, действующих на твердое тело или материальную точку, можно заменить другой системой, не изменяя при этом состояния покоя или движения, в котором находится тело или материальная точка, то такие две системы сил называются **эквивалентными**. Если система сил эквивалентна одной силе, то эта сила называется **равнодействующей** данной системы сил.

Основные виды связей и их реакции

Всякое твердое тело, которое может занимать произвольное положение в пространстве, называется свободным. Если на тело наложены внешние связи, стесняющие (ограничивающие) свободу его перемещений, то тело является несвободным. Сила, с которой данная связь действует на тело, препятствуя его перемещениям, называется **реакцией связи**. Всякое несвободное твердое тело можно рассматривать как свободное, если освободить тело от связей и заменить действие связей их реакциями. **Реакция связи направлена в сторону, противоположную тому направлению, вдоль которого связь препятствует перемещению тела.**

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция $\vec{R}$ абсолютно гладкой поверхности приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей (рис. 1.1, *a*). Такая реакция называется **нормальной реакцией**.

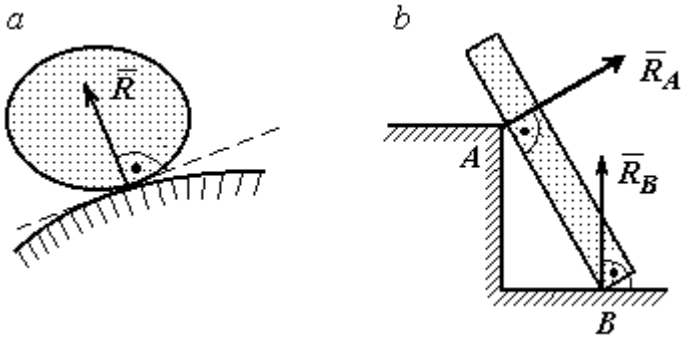


Рис. 1.1. Реакция опоры:

Брус с гладкой поверхностью (рис. 1.1, *b*), опирающийся в точке *B* на гладкий пол и в точке *A* на ребро (точечную опору), имеет реакциями опор $\vec{R}_B$ – реакцию пола и $\vec{R}_A$ – реакцию ребра (точечной опоры). Реакции приложены к брусу и направлены по нормалям к поверхности пола и поверхности бруса.

Цилиндрический шарнир и подвижная опора (каток). Цилиндрический шарнир (на рис. 1.2, *a* обозначен буквой *A*) представляет собой устройство, которое допускает поворот тела в плоскости, перпендикулярной оси шарнира (например, цилиндрическая втулка, надетая на неподвижный цилиндр).

Реакция цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач неизвестную по величине и направлению реакцию цилиндрического шарнира представляют в виде составляющих, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей (см. рис. 1.2, *a*). Величина реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$, где $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ – составляющие реакции.

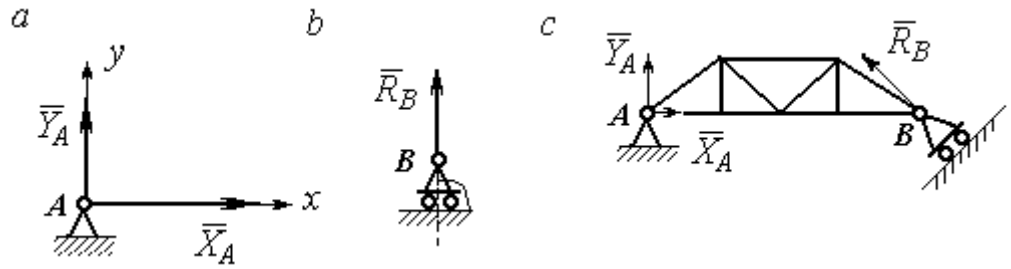


Рис. 1.2. Реакции шарнирных опор:
a – цилиндрический шарнир; *b* – каток; *c* – мостовая конструкция с цилиндрической шарнирной опорой и опорой на каток

Реакция $\vec{R}_B$ опоры на каток (подвижной опоры) (рис. 1.2, *b*) перпендикулярна опорной поверхности.

На рис. 1.2, *c* показаны реакции связей мостовой конструкции с цилиндрической шарнирной опорой и подвижной опорой (катком). Реакция цилиндрического шарнира в точке *A* изображена в виде разложения на взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}_B$ катка в точке *B* перпендикулярна наклонной плоскости, на которой стоит каток.

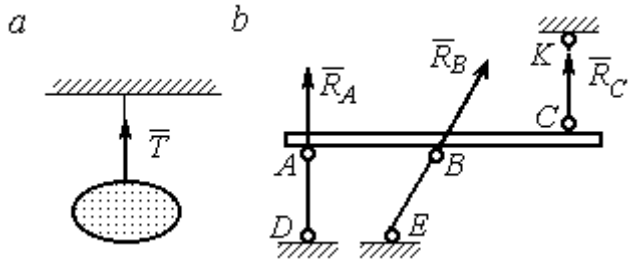


Рис. 1.3. Реакция гибкой нити и невесомого стержня

Гибкая связь и жесткий невесомый стержень. Связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса) препятствует удалению тела от точки подвеса. (рис. 1.3, *a*). Реакция связи $\vec{T}$,

равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити в сторону противоположную направлению, вдоль которого нить препятствует перемещению тела

Если опорой тела служит невесомый стержень с шарнирами на концах, то реакция прямолинейного стержня приложена к телу и направлена вдоль стержня. Направление реакции стержня противоположно направлению, по которому стержень препятствует перемещению тела.

Реакции невесомых стержней, удерживающих балку, изображённую на рис. 1.3, *b*, направлены исходя из предположения, что балка может перемещаться вниз. При этом стержни *AD* и *BE* сжаты, а стержень *CK* растянут.

Сферический шарнир. Связь в виде сферического шарнира не позволяет перемещать тело в пространстве, но допускает поворот в пространстве вокруг неподвижной точки. Реакция сферического шарнира может иметь любое направление в пространстве. При решении задач реакцию изображают ее составляющими. На рис. 1.4 реакция $\vec{R}_A$ сферического шарнира A разложена на составляющие $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Величина реакции сферического шарнира определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

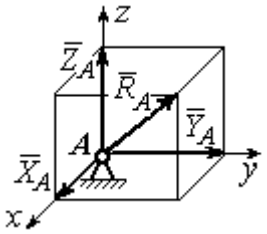


Рис. 1.4. Реакция сферического шарнира

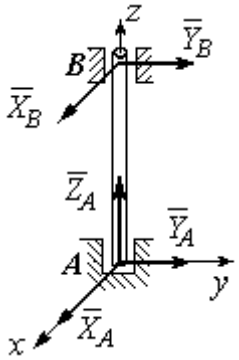


Рис. 1.5. Реакции подшипника и подпятника

Подшипник и подпятник. Подшипник представляет собой цилиндрический шарнир (рис. 1.5, подшипник *B*). Его реакция может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакция подшипника раскладывается на две составляющие. Например, на рис. 1.5 реакция $\vec{R}_B$ подшип-

ника *B* разложена на составляющие $\vec{X}_B, \vec{Y}_B$, параллельные координатным осям. Величина реакции подшипника определяется по формуле: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}$.

Подпятник является цилиндрическим шарниром с упором. В задачах реакция подпятника обычно изображается векторами $\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A$, представляющими разложение силы реакции подпятника по заданным направлениям координатных осей (см. рис. 1.5, подпятник *A*). Величина реакции подпятника определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2}$.

Проекция силы на ось и на плоскость

Проекция силы на ось есть алгебраическая величина, равная произведению модуля силы на косинус угла между силой и положительным направлением оси. Если этот угол острый, проекция положительна, если тупой – отрицательна. Если сила перпендикулярна оси, её проекция на ось равна нулю.

Проекции сил $\vec{F}$, $\vec{Q}$, $\vec{P}$, изображённых на рис. 1.6, *a*, на ось *x*: $F_x = F\cos\alpha$, $Q_x = Q\cos\alpha_1 = -Q\cos\varphi$, $P_x = P\cos 90^\circ = 0$.

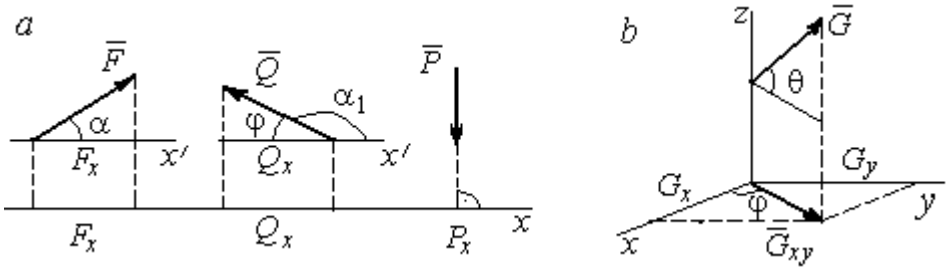


Рис. 1.6. Проекция силы на ось и на плоскость:
a – проекция силы на ось; *b* – проекция силы на плоскость

Проекцией силы на плоскость называется вектор, заключённый между проекциями начала и конца силы $\vec{G}$ на эту плоскость.

На рис. 1.6, *b* вектор $\vec{G}_{xy}$ является проекцией силы $\vec{G}$ на плоскость *xy*. По величине $G_{xy} = G\cos\theta$, где θ – угол между направлением силы $\vec{G}$ и её проек-

ции $\vec{G}_{xy}$. Проекции силы $\vec{G}$ на оси xyz: $G_x = G_{xy}\cos\varphi = G\cos\theta\cos\varphi$, $G_y = G_{xy}\sin\varphi = G\cos\theta\sin\varphi$, $G_z = G\sin\theta$.

1.2. Система сходящихся сил. Условия равновесия

Для равновесия **пространственной системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из трёх осей прямоугольной системы координат были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси.

Для равновесия **плоской системы сходящихся сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси.

Примеры решения задач на равновесие сходящейся системы сил

Задача 1. Каток весом 20 кН удерживается на гладкой наклонной плоскости тросом, который одним концом закреплён на поверхности шара, а другим – на вертикальной стене (рис. 1.7). Угол наклона троса к вертикальной стене $\beta = 120°$. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 45°$. Определить силу давления катка на плоскость и натяжение троса.

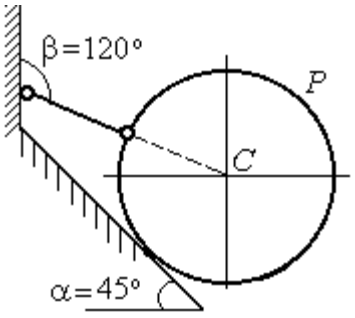


Рис. 1.7. Равновесие шара

Решение

При равновесии на каток действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция троса $\vec{N}$ и реакция опоры $\vec{R}$. Линии действия всех сил находятся в одной плоскости и пересекаются в центре шара. Направления реакций показаны на рис. 1.8.

Условия равновесия плоской сходящейся системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0.$$

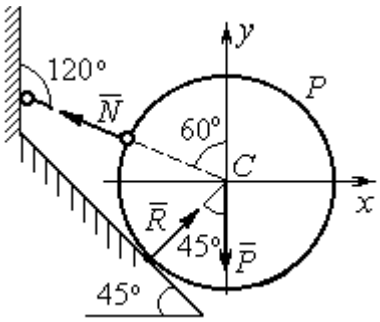


Рис. 1.8. Силы, действующие на каток, при его равновесии

Проведя оси координат, как показано на рис. 1.8, выразим условия равновесия в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = -N\cos 30^\circ + R\cos 45^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = N\cos 60^\circ + R\cos 45^\circ - P = 0.$$

Подставляя в уравнения исходные данные задачи, найдем: $N = 14{,}64$ кН, $R = 17{,}93$ кН.

Натяжение троса равно модулю его реакции. Сила давления катка на плоскость равна реакции опоры гладкой плоскости, но направлена в противоположную сторону.

Задача 2. Кронштейн состоит из невесомых стержней *AC* и *BC*, скрепленных друг с другом и с вертикальной стеной шарнирами, как показано на рис. 1.9. Стержень *BC* горизонтален, стержень *AC* составляет с горизонталью угол $\beta = 60^\circ$. К шарниру *C* прикреплены два троса, удерживающие грузы 1 и 2 весом $G_1 = 10$ кН и $G_2 = 12$ кН. Трос, удерживающий груз 1, вертикален, а другой перекинут через блок *D* так, что угол наклона участка троса *CD* к вертикали $\alpha = 60^\circ$. Определить реакции стержней *BC* и *AC*.

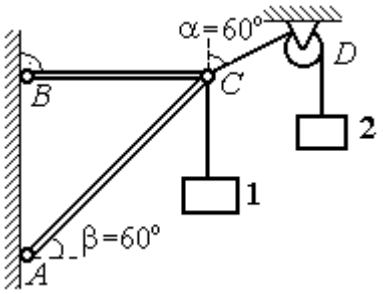


Рис. 1.9. Равновесие кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла *C*, в котором закреплены стержни и тросы. На узел *C* действуют реакции $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ тросов, натянутых грузами 1 и 2, и реакции $\vec{N}_1$ и $\vec{N}_2$ стержней *BC* и *AC* (рис. 1.10). Модули реакций тросов $\vec{T}_1$ и $\vec{T}_2$ равны весу грузов: $T_1 = G_1$, $T_2 = G_2$.

Плоская система сил ($\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$) является сходящейся. Условия равновесия: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$. Проведя оси координат xCy, как показано на рис. 1.10, и определяя проекции сил на оси, получим систему уравнений:

$$N_1 + N_2\cos 60^\circ - T_2\cos 30^\circ = 0;$$

$$N_2\cos 30^\circ + T_1 - T_2\cos 60^\circ = 0.$$

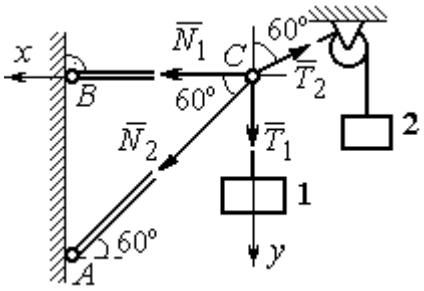


Рис. 1.10. Силы, действующие на узел *C* при его равновесии

Подставим в уравнения исходные данные задачи. С учётом того, что $T_1 = G_1 = 10$ кН, $T_2 = G_2 = 12$ кН, найдём значения реакций: $N_1 = 12{,}7$ кН, $N_2 = -4{,}62$ кН. Отрицательная величина N_2 означает, что вектор $\vec{N}_2$ реакции стержня *AC* направлен в противоположную сторону.

Задача 3. Груз весом $P = 20$ кН поднимается стержневым краном *ABC* посредством каната, перекинутого через блоки *B* и *D* (рис. 1.11). Блок *B* установлен в месте шарнирного соединения невесомых стержней *AB* и *BC*, блок *D* укреплён так, что участок троса *DB* составляет с вертикалью угол $\beta = 60^\circ$. Стержни *AB* и *BC* соединены со стенками шарнирами. Конец троса, несущий груз *P*, переброшен через блок *E* и на отрезке *BE* составляет с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$. Пренебрегая трением в блоке и размерами блока *B*, определить усилия в стержнях *AB* и *BC* при равновесии груза.

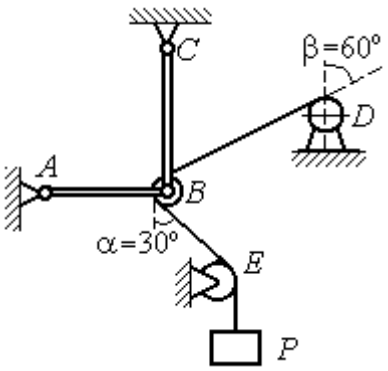


Рис. 1.11. Равновесие стержневой конструкции

Решение

Рассмотрим равновесие блока *B* вместе с отрезками нити *BE* и *BD*. Освободим блок *B* от связей и заменим их реакциями.

Рассматривая блок и отрезок нити как одно целое, можно не учитывать силы взаимного давления нити и блока. На блок действует реакция $\vec{T}$ нити *BD*, приложенная в точке *D*, численно равная весу груза *P*, реакция $\vec{T}'$ нити *BE*, приложенная в точке *E* и также численно равная весу груза *P* и реакции стержней $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$ (см. рис. 1.12).

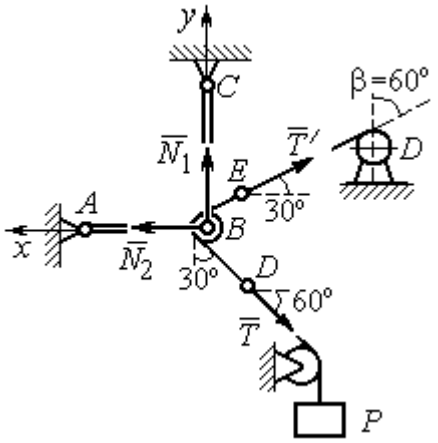


Рис. 1.12. Силы, действующие на блок *B*, при его равновесии

Пренебрегая размерами блока, можно считать систему сил сходящейся. Проведём координатные оси, как показано на рис. 1.12, и выразим условия равновесия плоской сходящейся системы сил в виде системы уравнений:

$$\sum F_{kx} = N_2 - T'\cos 30^\circ - T\cos 60^\circ = 0;\ \sum F_{ky} = N_1 + T'\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0.$$

Решая полученную систему уравнений с учётом, что $T' = T = P$ = 20 кН, получим: N_1 = 7,32 кН, N_2 = 27,32 кН.

Задача 4. Шахта ориентируется в вертикальной плоскости с помощью несвободного проволочного отвеса *CBDP*, натянутого грузом весом *P* = 50 Н (рис. 1.13).

Определить натяжения частей отвеса *CB*, *BD*, *DP* и натяжения оттяжек *BA* и *DE*, если угол отклонения оттяжки *BC* от горизонтали $\alpha = 60^\circ$, а отклонение средней части отвеса *BD* от вертикали $\beta = 4^\circ$. Весом проволоки отвеса пренебречь.

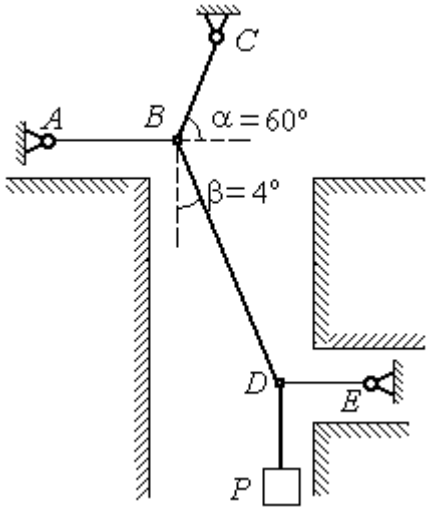


Рис. 1.13. Схема отвеса

Решение

Рассмотрим равновесие узла *D*, в котором сходятся три силы – реакция $\vec{S}$ средней части отвеса, реакция $\vec{T}_E$ оттяжки *DE* и реакция $\vec{T}_P$ отвеса на участке

DP, равная весу груза $T_P = P$ (рис. 1.14). Выберем оси координат *xDy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *D:*

$$\sum F_{kx} = S\cos 86^\circ - T_E = 0\,; \;\; \sum F_{ky} = S\cos 4^\circ - T_P = 0\,.$$

Из второго уравнения с учётом, что натяжение отвеса на участке *DP* $T_P = P =$ 50 Н, находим натяжение S на среднем участке отвеса: $S = \dfrac{T_P}{\cos 4^\circ} = 50{,}12$ Н. Из первого уравнения находим натяжение $T_E = S\cos 86^\circ = 3{,}49$ Н.

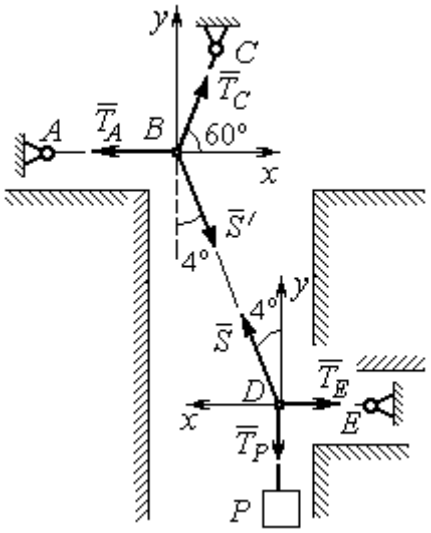


Рис.1.14. Силы, действующие в узлах *B* и *D* при равновесии отвеса

Теперь рассмотрим равновесие узла *B*, на который действуют реакция $\vec{T}_A$ оттяжки *BA*, реакция $\vec{T}_C$ верхней части отвеса *BC* и реакция $\vec{S}'$ средней части отвеса. Вектор силы $\vec{S}'$ противоположен направлению вектора $\vec{S}$: $\vec{S}' = -\vec{S}$, а численно (по принципу равенства действия и противодействия) они равны $S' = S$ (см. рис. 1.14). Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.14, и составим уравнения равновесия узла *B:*

$$\sum F_{kx} = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ - T_A = 0\,; \quad \sum F_{ky} = T_C\cos 30^\circ - S'\cos 4^\circ = 0\,.$$

Находим натяжение отвеса на верхнем участке *BC* и натяжение T_A оттяжки *BA*: $T_C = \dfrac{S'\cos 4^\circ}{\cos 30^\circ} = 57{,}73$ Н; $T_A = T_C\cos 60^\circ + S'\cos 86^\circ = 32{,}36$ Н.

Задача 5. Груз *P* = 20 кН удерживается двумя стержнями *AC*, *AD* одинаковой длины и цепью *AB*, скреплённых в точке *A*, так, что плоскость треугольника *ADC* горизонтальна (рис. 1.15). Цепь *BA* отклонена от вертикальной стены на угол $\beta = 60^\circ$ и расстояние *CE* = *ED.* Трос закреплён одним концом в точке *A*, а другой его конец, несущий груз, переброшен через блок *K* так, что отрезок

троса *АК* находится в плоскости, параллельной плоскости стены, и составляет с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$. Крепления стержней шарнирные. Углы у оснований стержней $\angle DCA = \angle CDA = 60^\circ$. Определить реакции стержней и натяжение цепи. Весами стержней пренебречь.

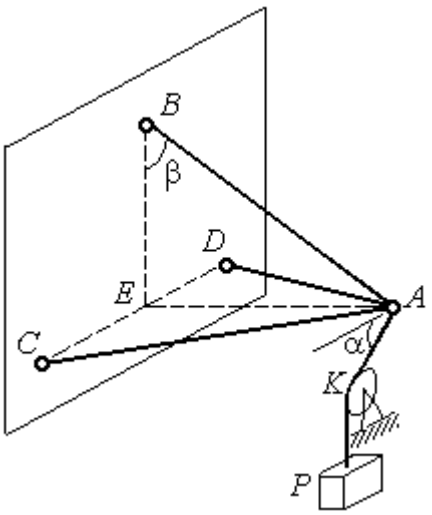


Рис. 1.15. Конструкция пространственного кронштейна

Решение

Рассмотрим равновесие узла *А*. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_D$ и $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция цепи $\vec{S}_B$ направлена вдоль линии натянутой цепи (рис. 1.16). Реакция троса $\vec{T}$ направлена вдоль троса по линии *АК* и численно равна весу груза: $T = P$. Направления реакций выбраны в предположении, что стержни и цепь растянуты.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.16. На узел *А* действует пространственная сходящаяся система сил.

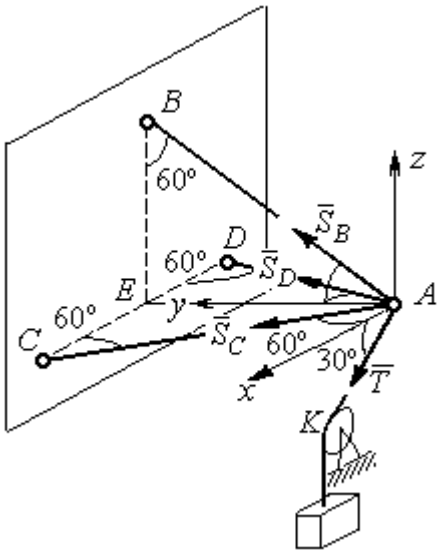


Рис. 1.16. Силы, действующие на узел *А*, при его равновесии

Условия равновесия пространственной сходящейся системы сил $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum F_{kz} = 0$, где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси. Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = S_C \cos 60^\circ - S_D \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = S_C \cos 30^\circ + S_D \cos 30^\circ + S_B \cos 30^\circ = 0; \quad \sum F_{kz} = S_B \cos 60^\circ - T \cos 60^\circ = 0.$$

Решая эту систему, находим $S_B = T = P = 20$ кН; $S_C = -27{,}32$ кН; $S_D = 7{,}32$ кН. Знак минус величины S_C показывает, что реакция стержня AC имеет обратное направление. Натяжение цепи равно модулю реакции $\vec{S}_B$.

Задача 6. Подъёмное устройство (рис. 1.17) состоит из двух стержневых опор DB и DA и растяжки DC, соединённых в точке D. В точке D к устройству прикреплена вертикальная нить, удерживающая груз весом $P = 50$ кН.

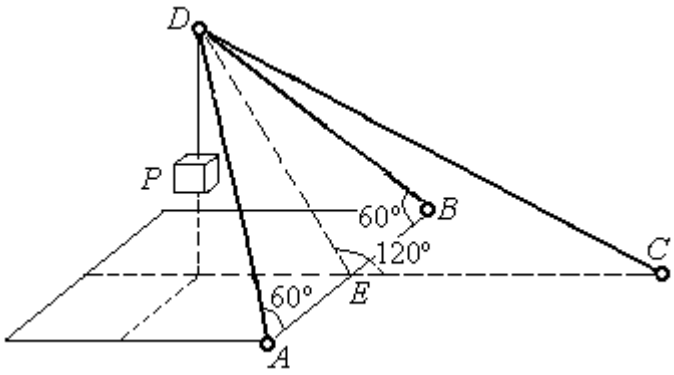


Рис. 1.17. Конструкция подъёмного устройства

Определить реакцию стержневых опор и усилие в растяжке подъёмного устройства, если крепления стержней шарнирные, угол $\angle DEC = 120^\circ$, $AE = EB$, $DE = EC$, а углы в основании опор $\angle DAB = \angle DBA = 60^\circ$.

Решение

Рассматриваем равновесие узла D. Освобождаем узел от связей, заменяя действие связей реакциями. Реакции стержней $\vec{S}_A$, $\vec{S}_B$, $\vec{S}_C$ направлены по стержням, реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу тела, направлена вдоль нити (рис. 1.18). Направление реакций выбрано в предположении, что все стержни растянуты.

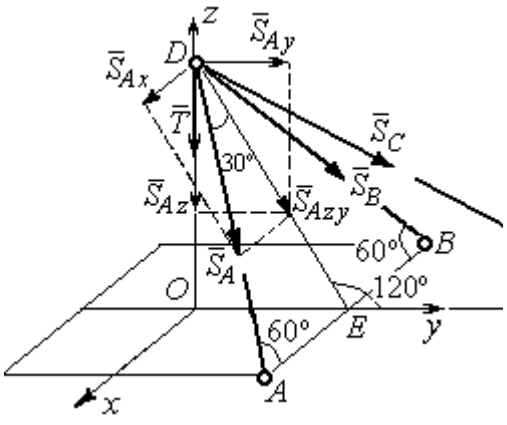


Рис. 1.18. Силы, действующие на узел D, при его равновесии

На узел D действует пространственная сходящаяся система сил. Выберем систему координат $Oxyz$, как показано на рис. 1.18, и составим уравнения равновесия. Заметим, что при определении проекции си-

лы $\vec{S}_A$ на оси координат следует вначале получить её проекции $\vec{S}_{Ax}$ на ось Ox и $\vec{S}_{Azy}$ – на плоскость Oyz, а затем найти проекции силы $\vec{S}_{Azy}$ на оси Oy и Oz. На рис. 1.18 показана последовательность вычисления проекций силы $\vec{S}_A$ на оси координат: $S_{Ax} = S_A\cos60^\circ$, $S_{Ay} = S_{Azy}\cos60^\circ = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ$, $S_{Az} = -S_{Azy}\cos30^\circ = -S_A\cos^2 30^\circ$. Определение проекций силы $\vec{S}_B$ производится аналогично. Сила $\vec{S}_C$ расположена в плоскости Oyz и имеет своими проекциями $S_{Cy} = S_C\cos30^\circ$, $S_{Cz} = -S_C\cos60^\circ$. В результате уравнения равновесия узла D принимают вид

$$\sum F_{ky} = S_A\cos30^\circ\cos60^\circ + S_B\cos30^\circ\cos60^\circ + S_C\cos30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kx} = S_A\cos60^\circ - S_B\cos60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = -S_A\cos^2 30^\circ - S_B\cos^2 30^\circ - S_C\cos60^\circ - T = 0.$$

Решая систему, получим: $S_A = S_B = -50$ кН, $S_C = 50$ кН.

Отрицательные значения S_A и S_B означают, что реакций стержней AD и DB направлены в противоположную сторону. В результате стержни AD и DB сжаты, а стержень DC растянут.

1.3. Произвольная плоская система сил

Система сил, расположенных в одной плоскости, называется **плоской системой сил.**

Алгебраическим моментом $M_O(\vec{F})$ силы $\vec{F}$ относительно центра O, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ и кратчайшего расстояния h от центра до линии действия силы (рис. 1.19, *а*): $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$. Величину h называют **плечом силы.** Единица измерения момента – Н·м. Момент считается положительным, если сила $\vec{F}$ стремится повернуть тело вокруг центра в

направлении против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

На рис. 1.19, *b* показаны знаки моментов сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = +Fh_2$, $M_O(\vec{Q}) = -Qh_1$. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра *O* равен нулю: $M_O(\vec{R}) = 0$, так как плечо силы равно нулю.

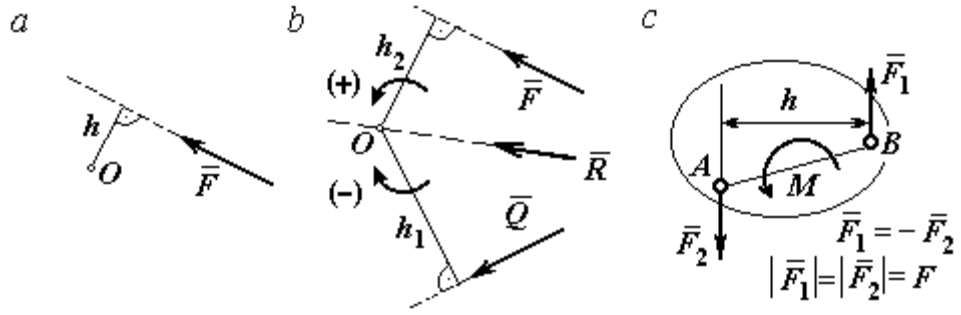


Рис. 1.19. Схемы к вычислению момента силы:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил

Парой сил, или просто парой (рис.1.19, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. **Плечом пары** называют кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары и плеча пары. Правило знаков такое же, как и для момента силы. Пара сил, показанная на рис. 1.19, *c*, имеет плечо *h* и момент *M*: $M = F_1 h = F_2 h$. Поскольку пара сил характеризуется только ее моментом, на схемах пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. *M* на рис. 1.19, *c*).

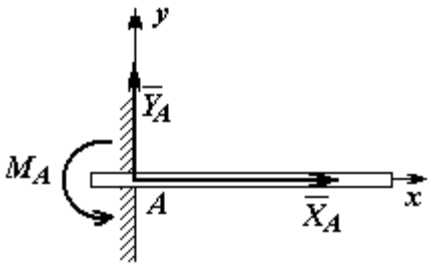


Рис. 1.20. Реакция жесткой заделки

Жесткая заделка. Такая связь (рис. 1.20) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция жесткой заделки состоит из силы

реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. Силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль координатных осей (см. рис. 1.20). Величина силы реакции $\vec{R}_A$ определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$.

При вычислении моментов сил часто применяют **теорему Вариньона** о том, что момент равнодействующей системы сил относительно любого центра равен сумме моментов всех сил этой системы относительно того же центра. На рис. 1.21 показана схема применения теоремы Вариньона. Силу $\vec{F}$ раскладываем на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, направленные вдоль координатных осей так, что имеет место равенство $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$. Численно составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ равны проекциям силы $\vec{F}$ на координатные оси: $F_1 = F\cos\alpha$, $F_2 = F\sin\alpha$. Для каждой из составляющих находим плечи h_1 и h_2 относительно центра *O*. Тогда (с учётом знаков) момент силы $\vec{F}$ относительно центра *O*: $M_O(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_1) + M_O(\vec{F}_2) = F_1 h_1 + F_2 h_2$.

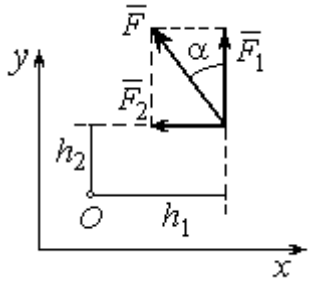


Рис.1.21. Применение теоремы Вариньона

Распределённая нагрузка. Силы, приложенные непрерывно вдоль некоторой поверхности, называются **распределенными**. Распределённая нагрузка характеризуется интенсивностью *q*. Интенсивность нагрузки, равномерно распределённой вдоль прямой, измеряется в Н/м. На рис. 1.22 приведена плоская система сил, равномерно распределённых вдоль прямой. Равнодействующая $\vec{Q}$ сил, равномерно распределённых вдоль прямой, приложена в середине отрезка действия распределённой нагрузки и по модулю равна про-

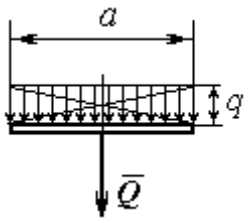


Рис. 1.22. Нагрузка, равномерно распределённая по прямой

изведению интенсивности нагрузки на длину её действия: $Q = qa$, где a – длина отрезка действия распределённой нагрузки.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0, \ \sum F_{ky} = 0, \ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Примеры решения задач на равновесие произвольной плоской системы сил

Задача 7. Однородная балка *AB* весом *P* = 100 кН прикреплена к стене шарниром *A* (рис.1.23). Балка удерживается под углом 60° к вертикали при помощи троса, прикреплённого к балке в точке *B*, перекинутого через блок *D* и несущего груз *Q*. Участок троса *DB* образует с вертикалью угол 30°. В точке *C* к балке подвешен груз *G* весом *G* = 200 кН. Определить вес груза *Q*, удерживающий балку в равновесии, и реакцию шарнира *A*, пренебрегая трением в блоке, если расстояние $BC = 0{,}25BA$.

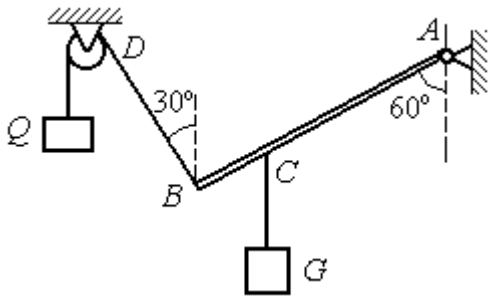


Рис. 1.23. Равновесие балки

Решение

Объектом равновесия является балка *AB*. На балку действуют сила тяжести $\vec{P}$, приложенная в середине отрезка *AB*, реакция шарнира *A*, представлен-

ная в виде двух составляющих $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленных вдоль координатных осей, реакция $\vec{T}_1$ нити, удерживающей груз *Q*, и реакция $\vec{T}_2$ нити, удерживающей груз *G*. Направления сил и реакций связей показаны на рис. 1.24.

Силы – $\vec{T}_1$, $\vec{T}_2$, $\vec{P}$, $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, действующие на балку, составляют произвольную плоскую систему. Условия равновесия произвольной плоской системы сил:

$$\sum F_{kx} = 0\,;\ \sum F_{ky} = 0\,;\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0\,.$$

Выберем систему координат *xAy,* как показано на рис. 1.24.

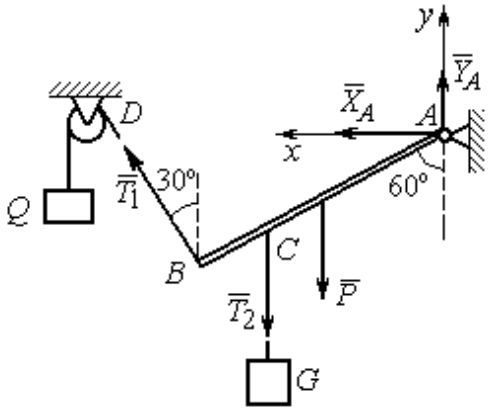


Рис. 1.24. Внешние силы и реакции связей при равновесии балки

Первые два уравнения равновесия имеют вид

$$\sum F_{kx} = X_A + T_1\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + T_1\cos 30^\circ - T_2 - P = 0.$$

Выберем центром точку *A* и будем вычислять моменты сил относительно этого центра. Обозначим (для удобства записи) длину $AB = \ell$. Условие равновесия балки в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно центра *A* имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -T_1\ell + T_2\frac{3}{4}\ell\cos 30^\circ + P\frac{1}{2}\ell\cos 30^\circ = 0.$$

Подставим данные из условия задачи, с учётом, что реакция нити, удерживающей груз *Q*, по модулю равна весу этого груза: $T_1 = Q$, а реакция нити, удерживающей груз *G*, численно равна весу груза *G*: $T_2 = G$.

Получим систему уравнений:

$$X_A + Q\cdot 0{,}5 = 0,\ \ Y_A + Q\cdot 0{,}866 - 300 = 0,\ \ -Q + 173{,}2 = 0.$$

Решая систему, найдём $Q = 173{,}2$ кН, $X_A = -86{,}6$ кН, $Y_A = 150{,}01$ кН.

Задача 8. Рама *ACE* (рис. 1.25, *a*) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара сил с моментом $M = 8$ кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю $F = 10$ кН, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная на отрезке *AB* нагрузка интенсивностью $q = 2$ кН/м. В точке *E* под прямым углом к отрезку *CE* рамы прикреплен трос, перекинутый через блок и несущий груз $P = 20$ кН.

Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

Решение

Рассмотрим равновесие рамы *ACE*. Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.25, *b*.

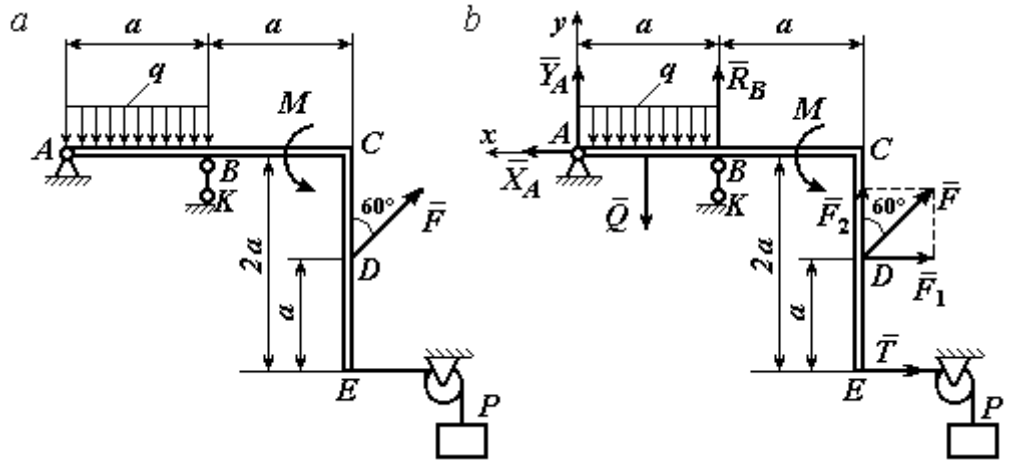


Рис. 1.25. Равновесие рамы:
a – конструкция и нагрузка рамы; *b* – внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию $\vec{R}_A$ шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными, соответственно, вдоль горизонтальной оси *Ax* и вертикальной *Ay*. Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Действие груза *P* на раму изображается реакцией троса $\vec{T}$, модуль которой ра-

вен весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка AB и численно равна: $Q = qa = 2 \cdot 2 = 4$ кН. На рис. 1.25, *b* показано направление внешних сил и реакций при равновесии рамы. Направление реакции стержневой опоры *BK* выбрано в предположении, что стержень сжимается.

При равновесии рамы *ACE* действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{R}_B, \vec{T}, M$) ~ 0. Условия равновесия имеют вид $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *Ax*, *Ay*, первые два уравнения из условий равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0. \qquad (1.1)$$

При составлении третьего уравнения моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае линии действия сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, составляющих реакцию шарнира *A*, проходят через центр *A*, плечи сил равны нулю, и, следовательно, моменты этих сил относительно данного центра равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$, $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобнее воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ (см. рис. 1.25, *b*). Величины сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ определяются как проекции силы *F* на оси координат: $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$. По теореме Вариньона момент силы $\vec{F}$ относительно центра *A* равен сумме моментов сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ относительно того же центра *A*: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$.

В результате уравнение равновесия в форме моментов имеет вид

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q \cdot 0{,}5a + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0. \qquad (1.2)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.1), (1.2) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B. Решая эту систему, найдем: X_A= 28,66 кН; Y_A= 59,66 кН; R_B = – 60,66 кН.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции $\vec{R}_B$ стержневой опоры BK противоположно направлению, показанному на рис. 1.25, *b*, т. е. стержень BK растягивается. Реакция шарнирной опоры *A* – сила $\vec{R}_A$ – находится как геометрическая (векторная) сумма сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$. Величина реакции $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18$ кН.

Задача 9. Прямоугольная рама *ABCED* (рис. 1.26) в точке *A* закреплена жёсткой заделкой. В точке *E* к раме прикреплена нить, составляющая угол 60º к горизонту. Другой конец нити, переброшенный через невесомый блок, несёт груз весом *P* = 15 кН. На раму действуют: пара сил с моментом M = 12 кН·м, сила $\vec{F}$, равная по модулю *F* = 10 кН, приложенная в точке *C* под углом 30° к горизонтальному участку рамы *BE*, и равномерно распределенная на отрезке *BC* нагрузка интенсивностью *q* = 2 кН/м. В точке *D* под углом 60° к горизонту на раму действует сила $\vec{G}$, численно равная 20 кН.

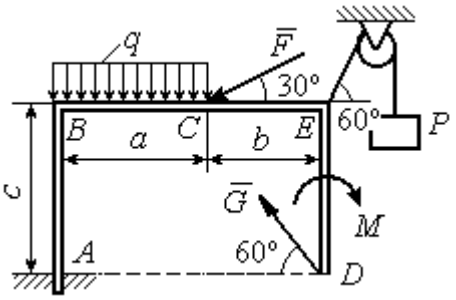


Рис. 1.26. Конструкция рамы

Пренебрегая весом рамы, определить реакцию жесткой заделки в точке *A*, если размеры рамы: *a* = 2 м, *b* = 1 м, *c* = 5 м.

Решение

Объектом равновесия является рама *ABCED.* Связями в данной конструкции являются жесткая заделка рамы в точке *A* и нить, натянутая грузом *P.* Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию жесткой заделки в точке *A* в виде силы, которую представим двумя ее составляющими $-\vec{X}_A$ и

$\vec{Y}_A$, и парой сил с моментом M_A (рис. 1.27). Реакция нити $\vec{T}$, приложенная к раме в точке *E*, направлена вдоль нити и численно равна весу груза $T = P$. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и численно равна: $Q = qa = 4$ кН.

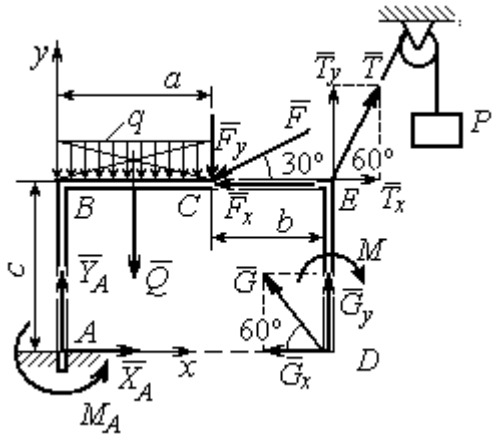


Рис. 1.27. Внешние силы и реакции связей при равновесии рамы

Действующие на раму силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил: $(\vec{Q}, \vec{F}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, M) \sim 0$. Условия равновесия для такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.27, и составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ - G\cos 60^\circ = 0; \quad (3)$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - Q - F\cos 60^\circ + T\cos 30^\circ + G\cos 30^\circ = 0. \quad (4)$$

Моменты сил будем вычислять относительно центра *A*. В этом случае моменты сил $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$ равны нулю: $M_A(\vec{X}_A) = 0$; $M_A(\vec{Y}_A) = 0$.

При определении момента силы $\vec{F}$ удобно воспользоваться теоремой Вариньона. С этой целью представим вектор силы $\vec{F}$ как равнодействующую двух сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$, параллельных осям *Ax* и *Ay*: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ (см. рис. 1.27). Величины сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ определяются как проекции силы $\vec{F}$ на оси координат: $F_x = F\cos 30^\circ$, $F_y = F\cos 60^\circ$. Плечо вектора силы $\vec{F}_x$ относительно центра *A* равно *c* (как длина перпендикуляра, проведённого из центра *A* на линию действия силы $\vec{F}_x$), плечом силы $\vec{F}_y$ является расстояние *a*. По теореме Вариньона

момент силы $\vec{F}$ относительно центра A равен алгебраической сумме моментов сил $\vec{F}_x$ и $\vec{F}_y$ относительно того же центра:

$$M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_x) + M_A(\vec{F}_y) = F_x \cdot c - F_y \cdot a = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a .$$

Аналогично вычисляем моменты сил $\vec{G}$ и $\vec{T}$: $M_A(\vec{G}) = G\cos 30^\circ \cdot (a+b)$; $M_A(\vec{T}) = -T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b)$. В результате уравнение моментов имеет вид:

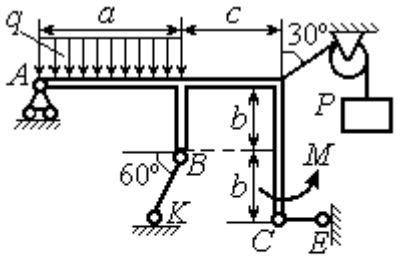
$$\sum M_A(\vec{F}_k) = F\cos 30^\circ \cdot c - F\cos 60^\circ \cdot a - T\cos 60^\circ \cdot c + T\cos 30^\circ \cdot (a+b) +$$

$$+ G\cos 30^\circ \cdot (a+b) - Q\frac{a}{2} - M + M_A = 0. \qquad (1.5)$$

Подставляя в уравнения равновесия (1.3) – (1.5) численные значения из условий задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, M_A, откуда найдём значения реакций: X_A= 11,16 кН; Y_A= –21,31 кН; M_A = –70,73 Н·м. Знаки показывают, что составляющая $\vec{Y}_A$ силы реакции жёсткой заделки и момент реакции M_A направлены в противоположную сторону. Величина силы реакции жесткой заделки $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$ = 24,05 кН.

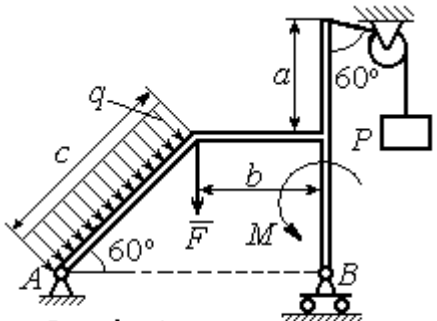
Упражнения

Упражнение 1.1



a = 3 м, b = 1 м, c = 2 м,
P = 15 кН, M = 3 кНм, q = 5 кН/м.
Найти реакцию стержней BK, CE
и реакцию шарнира A

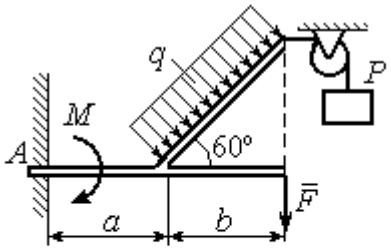
Упражнение 1.2



a = 2 м, b = 1 м, c = 3 м,
M = 3 кНм, q = 3 кН/м,
P = 2 кН, F = 4 кН.
Найти реакцию шарниров A и B

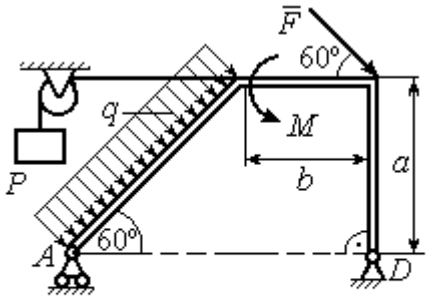
Рис. 1.28. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.1, 1.2

Упражнение 1.3



$a = 1$ м, $b = 2$ м, $F = 2$ кН,
$P = 3$кН, $M = 3$ кН·м,
$q = 2$ кН/м
Найти реакцию жесткой заделки

Упражнение 1.4



$a = 3$ м, $b = 1$ м, $P = 2$ кН, $F = 3$ кН,
$M = 3$ кН·м, $q = 2$ кН/м.
Найти реакцию шарниров A и D

Рис. 1.29. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.3, 1.4

1.4. Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называются **внутренними** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию.

Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. В уравнения равновесия будут входить только силы, непосредственно приложенные к телу, равновесие которого рассматривается. **При этом реакции внутренних связей, приложенные к разным телам, будут попарно равны по модулю и противоположны по направлению.**

Примеры решения задач на равновесие систем тел

Задача 10. Диск весом Q = 100 кН опирается на вертикальную стенку и на наклонную балку AB. На диск действует сила $\vec{F}$, равная по величине 50 кН (рис. 1.30). Линия действия силы $\vec{F}$ проходит через центр диска под углом 30º к его вертикальному диаметру.

Однородная балка AB весом $G = 80$ кН закреплена в точке A шарнирно и удерживается под углом 60º к стене при помощи вертикального троса, один конец которого закреплён на балке в точке B, а другой – переброшен через блок и несёт груз весом P. Определить давление диска на стенку и на балку, реакцию шарнира A и вес груза P, удерживающий конструкцию в равновесии, если длина балки AB $\ell = 6$ м, радиус диска $r = 1$ м.

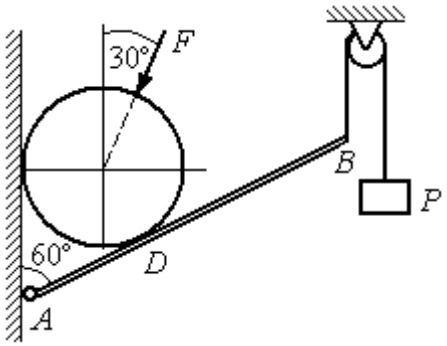


Рис. 1.30. Равновесие составной конструкции

Решение

Объект равновесия включает балку и диск и представляет собой составную конструкцию. Опора диска на балку в точке D является внутренней связью конструкции. Рассмотрим равновесие диска и балки отдельно.

Освобождаем диск от связей. На диск действует сила веса $\vec{Q}$, сила $\vec{F}$ и реакции $\vec{N}$ и $\vec{R}$ опор диска на стену в точке K и на балку в точке D (рис. 1.31). Силы, приложенные к диску, составляют плоскую систему сходящихся сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.31, и составим уравнения равновесия:

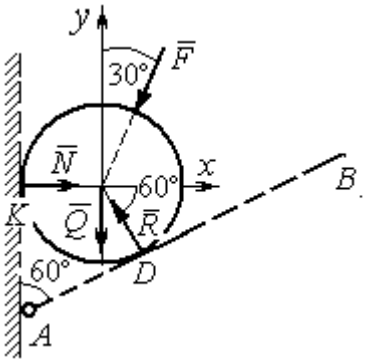


Рис. 1.31. Внешние силы и реакции связей при равновесии диска

$$\sum F_{kx} = -F\cos 60^\circ - R\cos 60^\circ + N = 0; \quad (1.6)$$

$$\sum F_{ky} = -F\cos 30^\circ + R\cos 30^\circ - Q = 0. \quad (1.7)$$

Рассмотрим равновесие балки AB (рис. 1.32).

На балку действуют сила тяжести $\vec{G}$, реакция шарнира A, (на рис. 1.32 показано её разложение на составляющие $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$), реакция нити $\vec{T}$, численно равная весу груза P, и сила $\vec{R}'$ давления диска на балку. Сила давления $\vec{R}'$ про-

тивоположна реакции $\vec{R}$ опоры диска на балку и численно равна ей. Система сил ($\vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{G}, \vec{T}, \vec{R}'$), действующих на балку, является произвольной плоской. Условия равновесия такой системы сил: $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$; $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$.

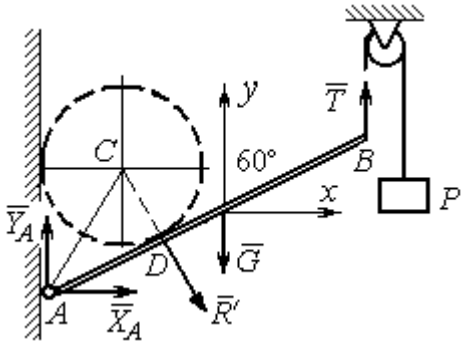


Рис. 1.32. Силы, действующие на балку, при равновесии

Выберем оси, как показано на рис. 1.32, и составим уравнения равновесия, полагая точку A центром, относительно которого производятся вычисления моментов сил:

$$\sum F_{kx} = X_A + R'\cos 60^\circ = 0, \tag{1.8}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - R'\cos 30^\circ - G + T = 0, \tag{1.9}$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -R' \cdot AD - G \cdot \frac{\ell}{2}\cos 30^\circ + T\ell\cos 30^\circ = 0. \tag{1.10}$$

Добавив к уравнениям (1.8) – (1.10) равновесия балки AB уравнения (1.6), (1.7) равновесия диска с учётом, что $R' = R$, получим систему пяти уравнений с пятью неизвестными. Подставляя данные из условия задачи и решая совместную систему, найдём: $R = 165{,}47$ кН; $N = 107{,}74$ кН; $P = 95{,}26$ кН; $X_A = -82{,}73$ кН; $Y_A = 128{,}03$ кН.

Сила давления диска на стену равна модулю реакции опоры $\vec{N}$ и направлена в противоположную сторону, сила давления диска на балку равна $\vec{R}'$.

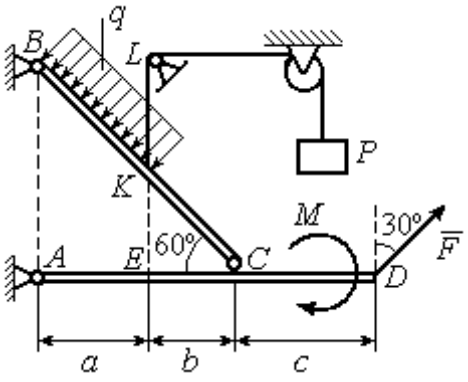


Рис.1.33. Равновесие кронштейна как сочленённой конструкции

Задача 11. Кронштейн состоит из горизонтальной балки AD, прикрепленной к вертикальной стене в точке A, и откоса BC, соединённого с балкой AD в точке C под углом 60º и прикреплённого к вертикальной стене в точке B (рис. 1.33). Все соедине-

ния шарнирные. На конструкцию действуют сила $\vec{F}$, приложенная в точке D под углом 30º к вертикали и равная по модулю F =10 кН, пара сил с моментом M = 8 кН·м и равномерно распределенная на отрезке BK нагрузка интенсивностью q = 3 кН/м. В точке K к балке BC прикреплена нить, другой конец которой, переброшенный через невесомые блоки, несёт груз весом P = 5 кН (см. рис. 1.33).

Определить реакции шарниров A, B и C, если a = 2 м, b = 1 м, c = 3 м, а на отрезке KL нить натянута вертикально.

Решение

Рассмотрим равновесие каждой из составных частей конструкции – балки BC и балки AD. Освобождаем балки от связей и заменяем их реакциями (рис. 1.34).

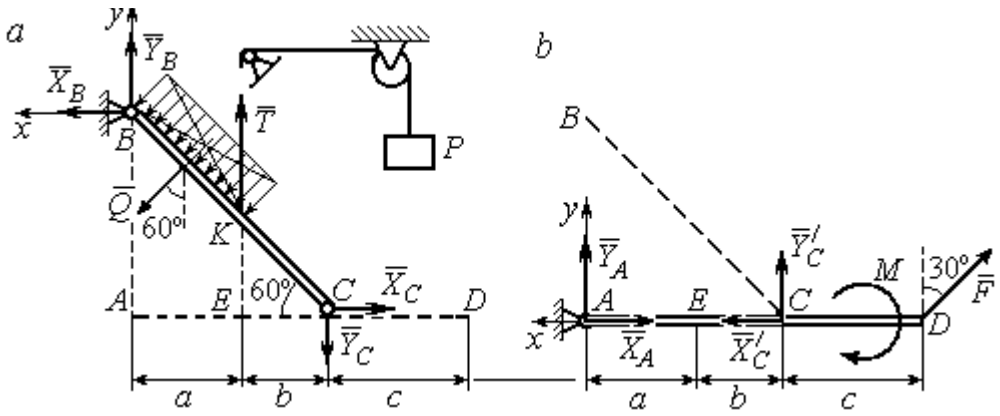


Рис. 1.34. Равновесие элементов конструкции кронштейна:
a - силы, действующие на балку *BC*; *b* - силы, действующие на балку *AD*

На рис. 1.34, *a* показаны реакции внешних и внутренних связей балки BC: реакция $\vec{R}_B$ шарнира B, реакция нити $\vec{T}$, равная по величине весу груза, $T = P$ и реакция $\vec{R}_C$ внутреннего шарнира C. Реакции шарниров B и C представлены в виде разложения на составляющие $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$ и $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$. Заменяем равномерную нагрузку равнодействующей силой $\vec{Q}$, приложенной в середине отрезка BK (см. рис. 1.34, *a*) и численно равной $Q = q \cdot BK = q \cdot \dfrac{a}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a$.

Система сил ($\vec{Q}$, $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$, $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{T}$), действующая на балку *BC*, является произвольной плоской уравновешенной системой сил. Выберем оси координат *xBy*, как показано на рис. 1.34, *a*, и составим уравнения равновесия. При этом моменты сил будем вычислять относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = X_B + Q\cos 30^\circ - X_C = 0; \tag{1.11}$$

$$\sum F_{ky} = Y_B - Q\cos 60^\circ + T - Y_C = 0; \tag{1.12}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = X_B \cdot AB - Y_B(a+b) - Tb + Q\left(CK + \frac{1}{2}BK\right) = 0, \tag{1.13}$$

где $AB = (a+b)\mathrm{tg}60^\circ$; $CK = 2b$; $\frac{1}{2}BK = a$.

Рассмотрим равновесие балки *AD* (рис. 1.34, *b*).

На балку действует сила $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_A$ шарнира *A* и реакция $\vec{R}'_C$ внутреннего шарнира *C*. Реакция $\vec{R}'_C$ равна по величине и противоположна по направлению реакции $\vec{R}_C$. На рис. 1.34, *b* реакция $\vec{R}_A$ представлена составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, реакция $\vec{R}'_C$ – составляющими $\vec{X}'_C$ и $\vec{Y}'_C$. При этом следует отметить: $\vec{X}'_C = -\vec{X}_C$; $\vec{Y}'_C = -\vec{Y}_C$.

Выберем оси координат *xAy* как показано на рис. 1.34, *b*, и составим уравнения равновесия балки *AD*, вычисляя моменты сил относительно центра *C*:

$$\sum F_{kx} = -X_A + X'_C - F\cos 60^\circ = 0; \tag{1.14}$$

$$\sum F_{ky} = Y_A + Y'_C + F\cos 30^\circ = 0; \tag{1.15}$$

$$\sum M_C(\vec{F}_k) = -Y_A(a+b) + F\cos 30^\circ \cdot c - M = 0. \tag{1.16}$$

Решая совместно систему уравнений (1.11) – (1.16) с учётом исходных данных задачи и равенства модулей сил $X_C = X'_C$ и $Y_C = Y'_C$, находим:

X_A = 5,99 кН, Y_A = 5,99 кН, X_C = 10,99 кН, Y_C = – 14,65 кН;

X_B = 0,6 кН, Y_B = – 13,65 кН,

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 8{,}47 \text{ кН}, \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 18{,}31 \text{ кН},$$

$$R_B = \sqrt{X_B^2 + Y_B^2} = 13{,}65 \text{ кН}.$$

Задача 12. Вертикальная балка AB с горизонтальной перекладиной LC закреплена в точке A с помощью жесткой заделки (рис. 1.35). Наклонная балка EC с углом наклона к горизонту 60° точке C шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине LC балки AB, а в точке E опирается на каток установленный на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках BL и DE нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке D перпендикулярно балке EC и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил с моментом $M = 5$ кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если параметр a, определяющий размеры конструкции, равен $a = 2$ м.

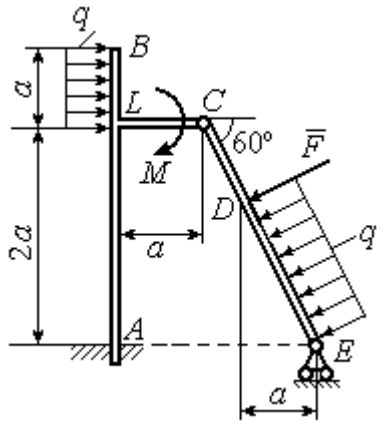


Рис. 1.35. Равновесие сочленённой конструкции

Решение

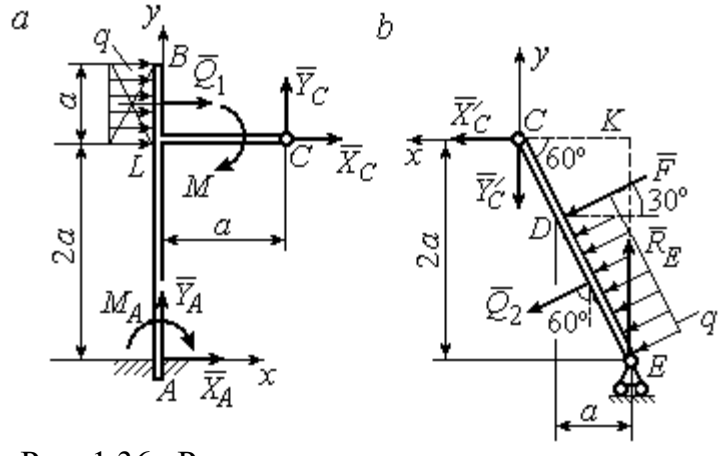


Рис. 1.36. Равновесие элементов конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку AB;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

Разделим систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок ABC и EC отдельно.

Рассмотрим балку ABC (рис. 1.36, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, численно равной $Q_1 = qa = 4$ кН. На балку действует сила $\vec{Q}_1$, пара сил с моментом M и реакции связей – жёсткой заделки в точке A и шарнира C.

На рис. 1.36, *a* изображена реакция жесткой заделки в точке *A* в виде силы, разложенной на составляющие $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, и пары с моментом M_{A}. Реакция $\vec{R}_C$ шарнира *C* показана разложением на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Y}_C$. Силы образуют произвольную плоскую систему.

Введём систему координат, как показано на рис. 1.36, *a,* и составим уравнения равновесия балки, выбрав центром вычисления моментов сил точку *A*.

Имеем систему

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0; \tag{1.17}$$

$$\sum M_A\left(\vec{F}_k\right) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0. \tag{1.18}$$

Рассмотрим теперь равновесие балки *EC* (рис. 1.36, *b*). Заменим распределённую нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED* и равной $Q_2 = \dfrac{qa}{\cos 60^\circ} = q \cdot 2a = 8\,\text{кН}$. На балку действуют силы $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$, реакция $\vec{R}_E$ подвижной опоры – катка *E* и реакция $\vec{R}'_C$ шарнира *C*. На рис. 1.36, *b* реакция $\vec{R}'_C$ показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$. При этом силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю: $X_C = X'_C$; $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.36, *a*, *b*).

Действующие на балку *EC* силы образуют уравновешенную произвольную плоскую систему сил. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.36, *b,* и составим уравнения равновесия, вычисляя моменты сил относительно центра *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0, \tag{1.19}$$

$$\sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0, \tag{1.20}$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a\right) - Q_2 \cdot \left(\frac{2a}{\cos 30^\circ} - a\right) + R_E \cdot 2a\,\text{tg}30^\circ = 0. \tag{1.21}$$

Подставим в совместную систему (1.17) – (1.21) исходные данные задачи и, воспользовавшись тем, что модули сил $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ равны, найдём:

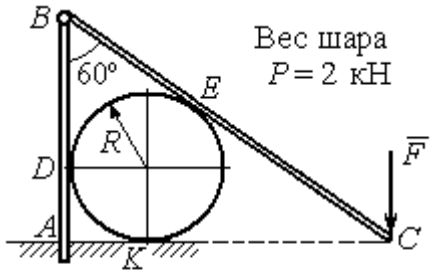
$$X_A = 11{,}59 \text{ кН}; \quad Y_A = -2{,}76 \text{ кН}; \quad M_A = 42{,}87 \text{ кН·м};$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН}; \quad Y_C = 2{,}76 \text{ кН}; \quad R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Полные величины сил реакции жесткой заделки и взаимного давления в шарнире C: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91$ кН; $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83$ кН.

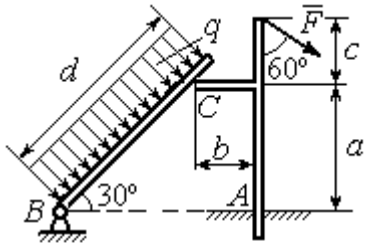
Упражнения

Упражнение 1.5



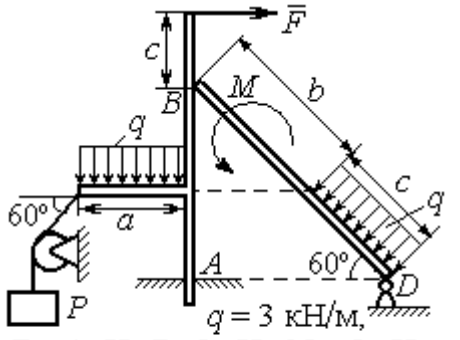
$R = 1$ м, $F = 8$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B, реакцию опоры шара в точках D, K, E

Упражнение 1.6



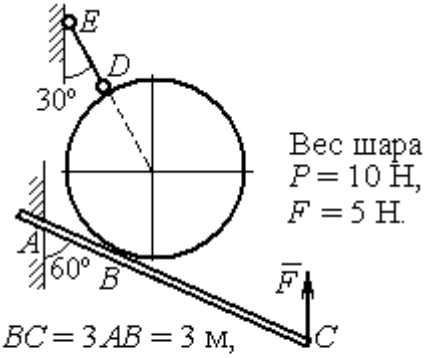
$a = 2$ м, $b = 1$ м, $c = 1$ м, $d = 5$ м,
$q = 3$ кН/м, $F = 4$ кН.
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Упражнение 1.7



$q = 3$ кН/м,
$F = 4$ кН, $P = 3$ кН, $M = 2$ кН·м,
$a = 2$м, $b = 3$м, $c = 1$м
Найти реакцию заделки A, шарнира D и реакцию опоры B

Упражнение 1.8



$BC = 3AB = 3$ м,
Найти реакцию жесткой заделки A, реакцию стержня DE и реакцию опоры в точке B

Рис. 1.37. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.5 – 1.8

1.5. Произвольная пространственная система сил

Моментом силы относительно оси называют момент вектора проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с плоскостью. На рис. 1.38 показано вычисление момента силы $\vec{F}$ относительно оси z:

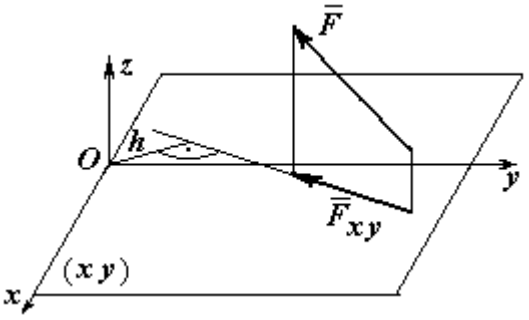


Рис. 1.38. Момент силы относительно оси

$$M_z(\vec{F}) = M_O(\vec{F}_{xy}) = F_{xy}h,$$

где O – точка пересечения оси z с плоскостью xy, перпендикулярной оси z; $\vec{F}_{xy}$ – вектор проекции силы $\vec{F}$ на плоскость xy; h – плечо силы $\vec{F}_{xy}$ относительно центра O. Момент силы относительно оси считается положительным, если при взгляде с положительного направления оси он создаёт вращение против хода часовой стрелки.

Равновесие пространственной системы сил. Для равновесия пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат x, y, z были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0;\ \sum F_{ky} = 0;\ \sum F_{kz} = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_y(\vec{F}_k) = 0;\quad \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей, $k = 1, 2, ...$

Примеры решения задач на равновесие пространственных систем сил

Задача 13. Горизонтальный вал (рис. 1.39) закреплен в подпятнике C и подшипнике K. Вал имеет шкив B радиуса R и шкив D радиуса r.

Оба шкива перпендикулярны оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*.

Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива *D* по касательной в точке *L* параллельно плоскости *zCx*, так что радиус шкива *D*, проведённый в точку схода нити, составляет с вертикальным диаметром угол 30º.

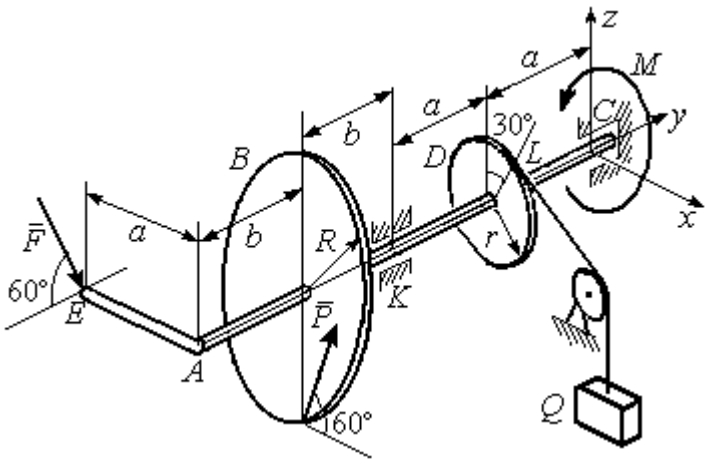


Рис. 1 39. Равновесие вала

На вал действуют силы: $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке шкива *B*, параллельна плоскости *zCx* и составляет угол 60° с направлением оси *Cx*. Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН; $F = 2$ кН; $M = 3$ кН·м; $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м.

Решение

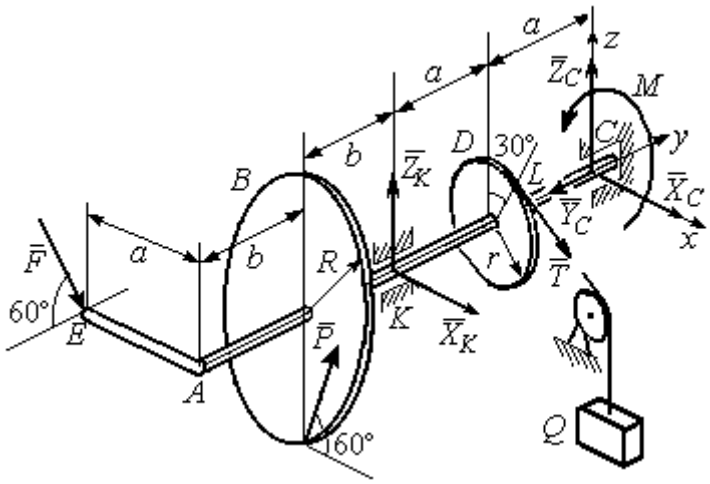


Рис. 1.40. Активные силы и реакции связей, действующие на вал, при его равновесии

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_C$ подпятника *C* раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей (рис. 1.40). Реакция $\vec{R}_K$ подшипника *K* лежит в плоскости, пер-

пендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *L* и по модулю равна весу груза *Q*.

Активные силы и реакции связей составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил. При составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.41).

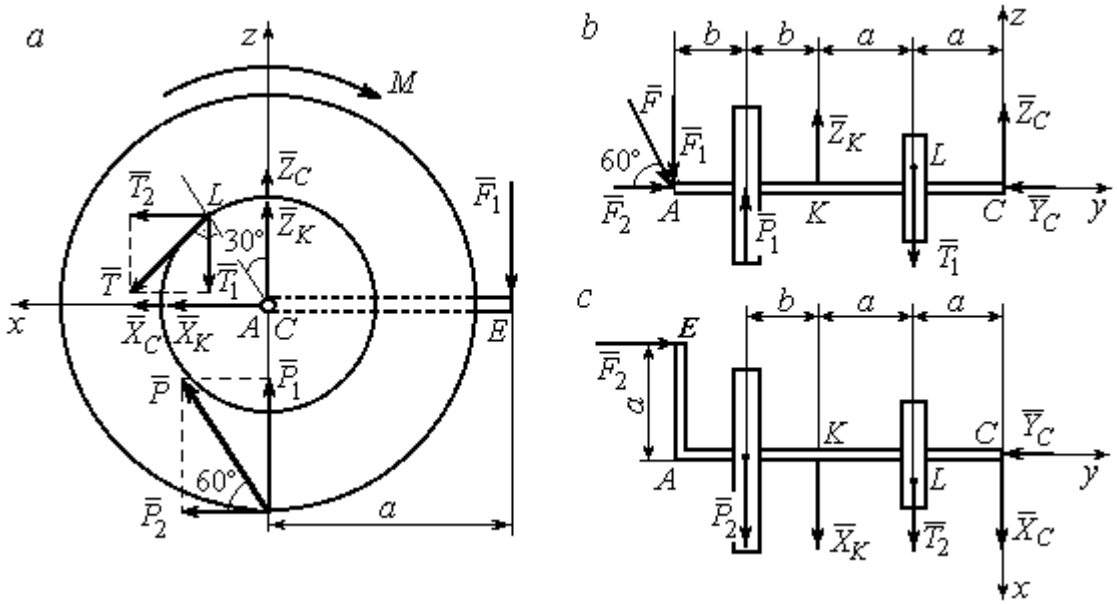


Рис. 1.41. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*

На рис. 1.41, *a* показаны проекции вала и всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций сил относительно точки *C*, получим значения моментов этих сил относительно оси *y*. При вычислении моментов сил относительно оси *x* достаточно вычислить моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (рис. 1.41, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на

плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси *z* (рис. 1.41, *c*).

Величины проекций сил определяются равенствами: $P_1 = P\cos 30^\circ$;

$P_2 = P\cos 60^\circ$; $T_1 = T\cos 60^\circ$; $T_2 = T\cos 30^\circ$; $F_1 = F\cos 30^\circ$; $F_2 = F\cos 60^\circ$.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P\cos 60^\circ + X_K + T\cos 30^\circ + X_C = 0; \quad \sum F_{ky} = F\cos 60^\circ - Y_C = 0;$$

$$\sum F_{kz} = P\cos 30^\circ + Z_K - T\cos 60^\circ + Z_C - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T\cos 60^\circ \cdot a - Z_K \cdot 2a - P\cos 30^\circ \cdot (2a + b) +$$

$$+ F\cos 30^\circ \cdot (2a + 2b) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F\cos 30^\circ \cdot a - P\cos 60^\circ \cdot R + T \cdot r - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = T\cos 30^\circ \cdot a + X_K \cdot 2a + P\cos 60^\circ \cdot (2a + b) - F\cos 60^\circ \cdot a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему шести уравнений с шестью неизвестными, решая которую, найдём:

$$X_C = -8{,}09 \text{ кН}, \; Y_C = 1 \text{ кН}, \; Z_C = 4{,}65 \text{ кН}, \; Z_K = 2{,}92 \text{ кН};$$

$$X_K = -10{,}02 \text{ кН}, \; T = 18{,}6 \text{ кН}.$$

Реакции подпятника и подшипника:

$$R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 9{,}4 \text{ кН}, \; R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 10{,}44 \text{ кН}.$$

Вес удерживаемого груза *Q* равен реакции нити *T*.

Задача 14. Однородная прямоугольная плита (рис. 1.42) веса 25 кН прикреплена к полу при помощи шарового шарнира *A*, подшипника *B* и удерживается в вертикальном положении стержнем *CO*, лежащим в плоскости, перпендикулярной плоскости плиты так, что $\angle COB = 60^\circ$. В плоскости плиты на неё действуют пара сил с моментом $M = 6$ кН·м, сила $\vec{F}_1$, равная $F_1 = 10$ кН, приложенная на верхней стороне плиты в точке *H* под углом 30º к линии *EC*, и сила $\vec{F}_2$, равная $F_2 = 5$ кН, приложенная в точке *D* параллельно стороне *AB*.

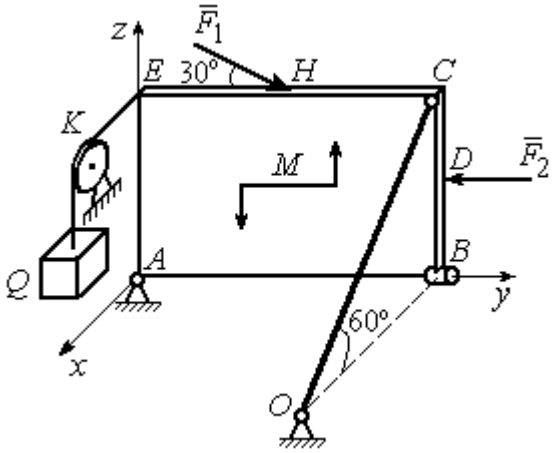


Рис. 1.42. Равновесие плиты

В точке E к плите прикреплён трос, на другом конце которого, перекинутым через блок K, подвешен груз весом $Q = 20$ кН. Отрезок троса EK перпендикулярен плоскости плиты.

Определить реакции шарнира A, подшипника B и реакцию стержня CO, если ширина плиты $AB = 3$ м; высота $AE = 2$ м; $EH = HC$, $CD = DB$.

Решение

Рассмотрим равновесие плиты $ABCE$. На плиту действуют активные силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести плиты $\vec{P}$, пара сил с моментом M и реакции связей. Связями являются пространственный шарнир A, нить, натянутая грузом Q, подшипник B и невесомый стержень CO.

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.43. Освобождаем плиту от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию $\vec{R}_A$ шарнира A раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити параллельно оси Ax и равна весу груза $T = Q$, реакция $\vec{R}_B$ подшипника B расположена в плоскости, перпендикулярной оси Ay, и представлена в виде двух своих составляющих $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$, реакция $\vec{S}$ невесомого стержня CO направлена вдоль стержня. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.43.

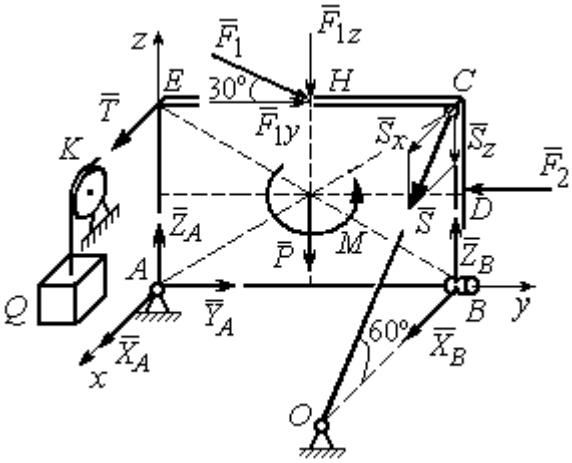


Рис. 1.43. Силы, действующие на плиту, при её равновесии

Силы, действующие на плиту, и реакции связей составляют пространственную уравновешенную систему сил. Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A + T + X_B + S\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F_2 + F_1\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A - F_1\cos 60^\circ - P + Z_B - S\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = -F_1\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - F_1\cos 30^\circ \cdot AE - P \cdot 0{,}5 \cdot AB +$$

$$+ F_2 \cdot BD + Z_B \cdot AB - S\cos 30^\circ \cdot AB + M = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = T \cdot AE + S\cos 60^\circ \cdot CB = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + S\cos 60^\circ \cdot EC = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим систему уравнений, решая которую, найдём значения реакций: $S = -40$ кН; $X_B = -20$ кН; $Z_B = -17{,}53$ кН; $X_A = 20$ кН; $Y_A = -3,66$ кН; $Z_A = 12{,}89$ кН.

Задача 15. Прямоугольная фрамуга *ACEB* весом $P = 50$ Н, закрепленная в точках *A* и *B* цилиндрическими шарнирами, открыта на угол 60º (рис. 1.44). На фрамуге в точке *H* закреплена верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомый блок *K*, несёт груз *Q*. При этом линия верёвки *HK* параллельна прямой *ED*. На фрамугу действует сила $\vec{F}$, приложенная в верхнем углу в точке *C* перпендикулярно плоскости фрамуги и равная по величине $F = 15$ Н.

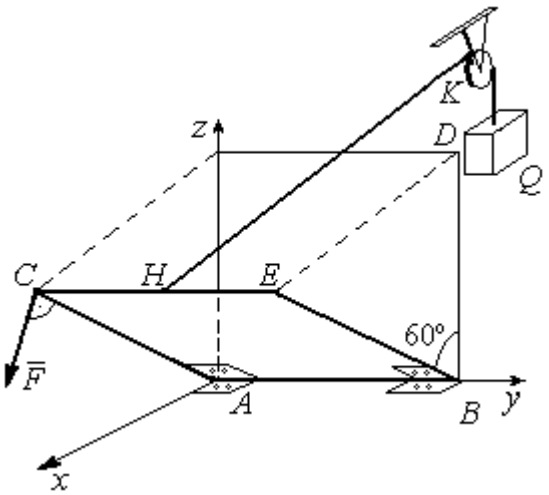


Рис. 1.44. Равновесие фрамуги

Определить вес груза *Q*, необходимый для удержания фрамуги в равновесии и реакции цилиндрических шарниров *A* и *B*, если размеры фрамуги $BE = BD = 2$ м; $AB = 3$ м; $CH = HE$.

Решение

Рассмотрим равновесие фрамуги *ABCE*. Изображаем внешние активные силы: силу $\vec{F}$, силу тяжести фрамуги $\vec{P}$, а также реакции связей. Связями являются два цилиндрических шарнира *A* и *B* (связь, аналогичная подшипнику) и нить, натянутая грузом *Q*. Выберем систему координат *Axyz*, как показано на рис. 1.45. Освобождаем фрамугу от связей, заменяя их действие реакциями. Реакции $\vec{R}_A$ и $\vec{R}_B$ шарниров *A* и *B* раскладываем на взаимно перпендикулярные составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Z}_A$ и $\vec{X}_B$, $\vec{Z}_B$ в плоскостях, перпендикулярных оси вращения фрамуги (ось *Ay*), реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и равна весу груза $T = Q$. Направления активных сил и реакций связей показаны на рис. 1.45.

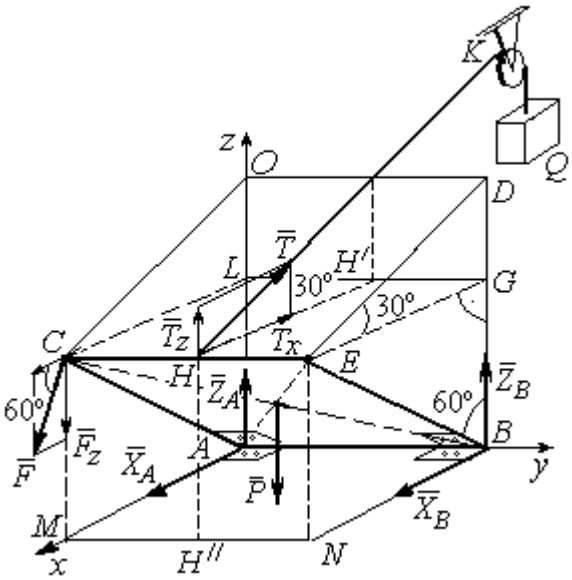


Рис. 1.45. Активные силы и реакции при равновесии фрамуги

Силы, действующие на фрамугу, составляют уравновешенную пространственную систему сил.

Составим уравнения равновесия. При этом для удобства вычисления моментов сил относительно осей изобразим плоскости, перпендикулярные этим осям, с проекциями на них сил, действующих на фрамугу (рис. 1.46). Тогда моменты сил, действующих на фрамугу, например, относительно оси *Ax* определяются как моменты векторов проекций этих сил на плоскость *zAy* относительно точки *A* – пересечения оси *Ax* и перпендикулярной ей плоскости *zAy* (см. рис. 1.46, *a*). Аналогично при вычислении моментов сил относительно оси *Az* достаточно вычислить моменты векторов проекций сил на плоскость *xAy* относительно точки *A* (см. рис. 1.46, *b*).

Значения моментов сил относительно оси Ay получим, вычисляя моменты векторов проекций сил на плоскость zAx относительно точки A (см. рис. 1.46, *c*).

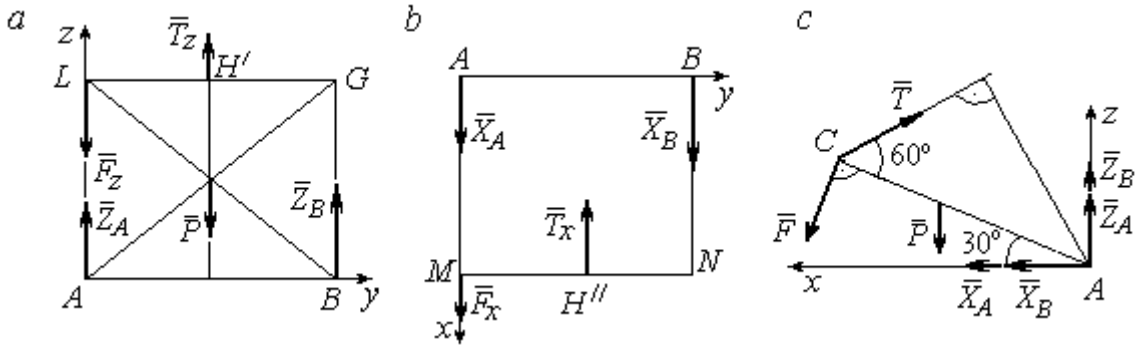


Рис. 1.46. Фрамуга и действующие на неё силы в проекциях на координатные плоскости:
a – проекция на плоскость *zAy* со стороны положительного направления оси *x*;
b – проекция на плоскость *xAy* со стороны положительного направления оси *z*; *c* – проекция на плоскость *zAx* со стороны положительного направления оси *y*

Уравнения равновесия фрамуги имеют вид:

$$X_A + X_B + F\cos 60^\circ - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A + Z_B - P - F\cos 30^\circ + T\cos 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = T_z \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB =$$

$$= T\cos 60^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB - P \cdot 0{,}5 \cdot AB + Z_B \cdot AB = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = P \cdot 0{,}5 \cdot AC\cos 30^\circ + F \cdot AC - T \cdot AC\sin 60^\circ = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = -X_B \cdot AB + T_x \cdot 0{,}5 \cdot AB = -X_B \cdot AB + T\cos 30^\circ \cdot 0{,}5 \cdot AB = 0.$$

Подставляя исходные данные из условия задачи и решая систему, найдём реакции шарниров фрамуги:

$$X_B = 18{,}22 \text{ Н},\ Z_B = 14{,}41 \text{ Н},\ R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 23{,}31 \text{ Н};$$

$$X_A = 10{,}83 \text{ Н},\ Z_A = 27{,}41 \text{ Н},\ R_A = \sqrt{X_A^2 + Z_A^2} = 29{,}47 \text{ Н}.$$

Вес груза, удерживающий фрамугу в равновесии, численно равен реакции верёвки: $Q = T = 42{,}37$ Н.

Задача 16. Горизонтальный коленчатый вал *AD* (рис. 1.47) закреплен в подпятнике *A* и подшипнике *C*. Вал имеет шкив радиуса r и рукоять *DH*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *DH* образует угол 30º к направлению оси *Ax*. Колено вала расположено в горизонтальной плоскости *xAy*. Нить, удерживающая груз *Q*, намотана на шкив и сходит с него вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$ и пара сил с моментом *M*. Сила $\vec{F}$ приложена в верхней точке вертикального диаметра шкива под углом 30° к направлению оси *Ay* и находится в плоскости *zAy*. Сила $\vec{P}$ приложена в нижней точке *H* рукояти параллельно оси *Az*. Сила $\vec{G}$ приложена в крайней точке *K* стойки колена вала под углом 60º к стойке и находится в плоскости, перпендикулярной оси вала. Пара сил с моментом *M* создаёт вращение вала вокруг оси *Ay*.

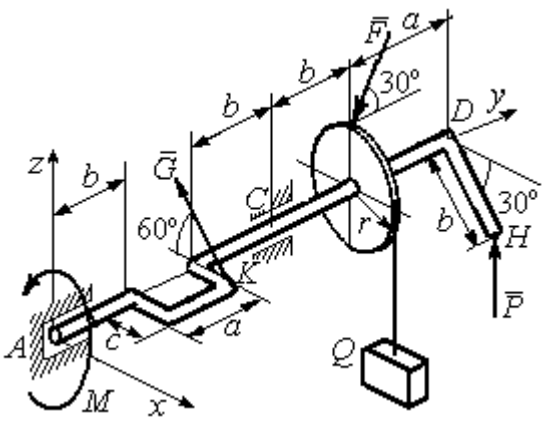


Рис. 1.47. Равновесие вала

Определить вес удерживаемого груза Q и реакции подшипника и подпятника, если: $P = 10$ кН; $F = 12$ кН; $G = 6$ кН; $M = 3$ кН·м; $r = 0{,}3$ м; $a = 0{,}8$ м; $b = 0{,}4$ м; $c = 0{,}2$ м.

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют активные силы – $\vec{F}$, $\vec{P}$, $\vec{G}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом Q, подпятник *A* и подшипник *C*.

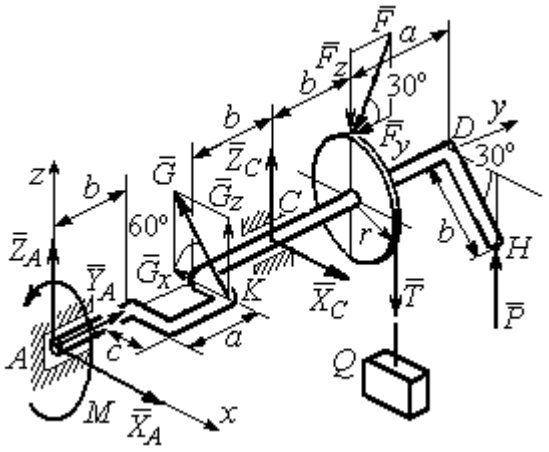


Рис. 1.48. Силы и реакции, действующие на вал при равновесии

Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями.

Реакцию подпятника A раскладываем на три составляющие: $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника C лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и также может быть разложена на составляющие $\vec{X}_C, \vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей Ax, Az. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити и по модулю равна весу груза, $T = Q$. Действие на вал активных сил и реакций связи показано на рис. 1.48.

Указанные силы составляют произвольную пространственную уравновешенную систему сил.

Составим уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = X_A - G\cos 60^\circ + X_C = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{kz} = Z_A + G\cos 30^\circ + Z_C - F\cos 60^\circ - T + P = 0.$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = G_z(b+a) + Z_C(b+a+b) - F_z(b+a+b+b) + F_y r -$$

$$- T(b+a+b+b) + P(b+a+b+b+a) = 0;$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -G_z c + Tr - Pb\cos 30^\circ - M = 0;$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = G_x(b+a) - X_C(b+a+b) = 0,$$

где значения проекций сил на оси $G_z = G\cos 30^\circ$; $G_x = G\cos 60^\circ$; $F_z = F\cos 60^\circ$; $F_y = F\cos 30^\circ$.

Подставляя исходные данные и решая систему, получим значения реакций:

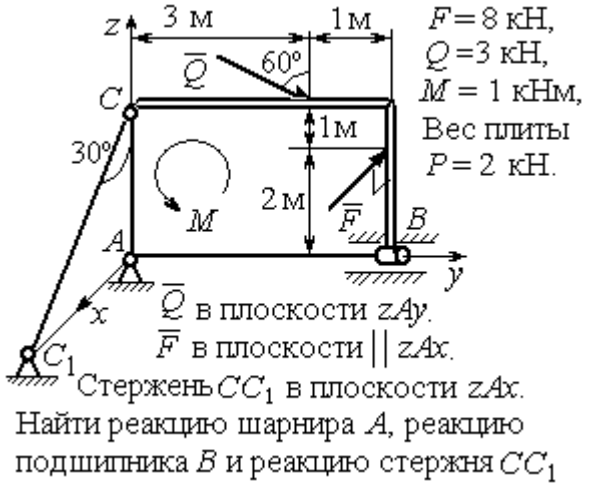
$$X_C = 2{,}25 \text{ кН}; \; Z_C = 13{,}57 \text{ кН}; \; R_C = \sqrt{X_C^2 + Z_C^2} = 15{,}58 \text{ кН};$$

$$Z_A = 0{,}39 \text{ кН}; \; Y_A = 10{,}39 \text{ кН}; \; X_A = 0{,}75 \text{ кН}; \; R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 10{,}42 \text{ кН}.$$

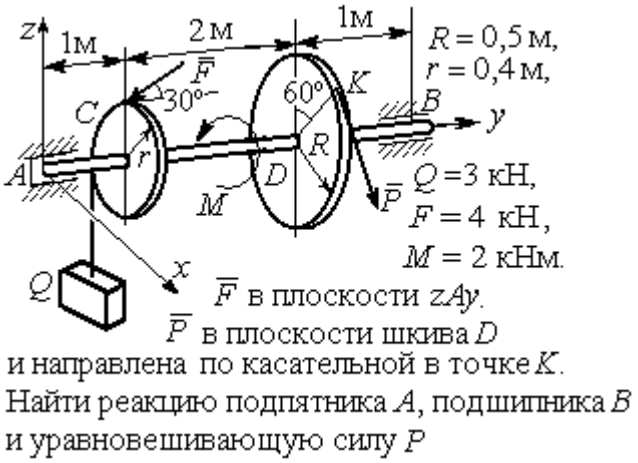
Вес удерживаемого груза равен реакции нити $Q = T = 25{,}03$ кН.

Упражнения

Упражнение 1.9



Упражнение 1.10



Упражнение 1.11



Упражнение 1.12

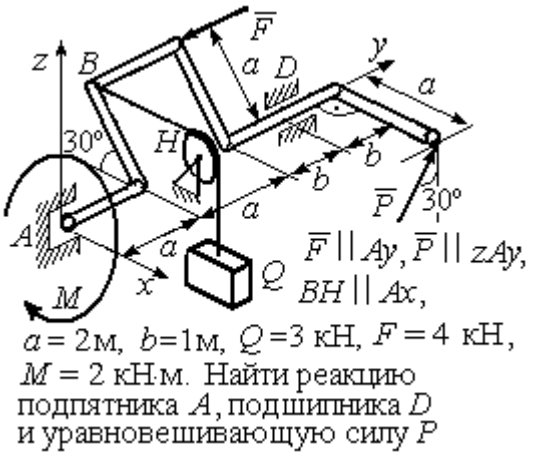


Рис. 1.49. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 1.9 – 1.12

1.6. Равновесие тел при наличии сил трения

Трение скольжения. При наличии трения скольжения полная реакция $\vec{R}$ шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ опоры и

силу $\vec{F}_{\text{тр с}}$ трения скольжения, направленную по касательной к поверхности в точке опоры.

В покое сила трения скольжения может принимать любые значения от нуля до некоторого предельного значения $F_{\text{тр с}}$, называемого **предельной силой трения скольжения** (рис. 1.50).

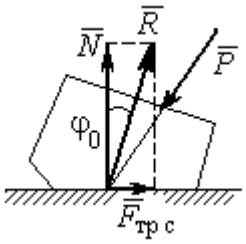


Рис. 1.50. Реакция опоры с трением скольжения

Наибольший угол φ_0, который полная реакция шероховатой поверхности образует с нормалью к поверхности, называется **предельным углом трения**. Предельная сила трения численно равна произведению коэффициента трения на величину нормальной реакции опоры тела на поверхность: $F_{\text{тр с}} = f \cdot N$, где f – безразмерный коэффициент трения, определяемый экспериментально.

Изучение равновесия тел с учетом сил трения сводится к рассмотрению предельного равновесия, когда сила трения принимает предельное значение.

Трением качения называется сопротивление, возникающее при качении одного тела по шероховатой поверхности другого. Реакция шероховатой опоры раскладывается на нормальную составляющую $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$, направленную по касательной к поверхности качения. При этом за счёт небольшого вдавливания в поверхность качения нормальная реакция опоры $\vec{N}$ смещена в сторону от линии действия силы тяжести $\vec{P}$ так, что вместе с ней образует пару, противодействующую качению (рис. 1.51). В предельном положении равновесия тела смещение нормальной реакции опоры максимально. Величина максимального смещения k называется **коэффициентом трения качения**, измеряемого в единицах длины. Момент,

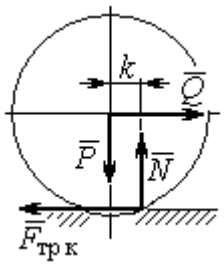


Рис. 1.51. Реакция опоры с трением качения

создаваемый парой $(\vec{N}, \vec{P})$, называется **моментом трения качения** $M_{\text{тр к}} = kN$. Максимальная сила трения качения $\vec{F}_{\text{тр к}}$ определяется из условия, что в предельном положении равновесия момент трения качения равен моменту качения, создаваемого парой $(\vec{F}_{\text{тр к}}, \vec{Q})$ (рис. 1.51).

Если максимальная сила трения качения меньше предельной силы трения скольжения, движение представляет качение без скольжения.

Примеры решения задач на равновесие тел с трением

Задача 17. Груз Q весом 50 Н удерживается нитью на шероховатой наклонной плоскости (рис.1.52). Один конец нити закреплен на грузе Q, а к другому, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом P. Отрезок нити AB горизонтальный. Угол наклона плоскости составляет 30º к горизонту. Определить максимальное и минимальное значения веса груза P, при которых груз Q может начать скольжение по плоскости без опрокидывания, если коэффициент трения скольжения между грузом Q и наклонной плоскостью $f = 0{,}4$.

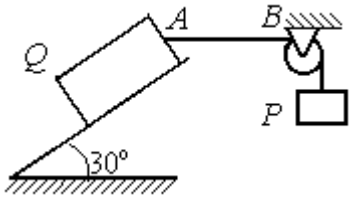


Рис.1.52. Равновесие груза на наклонной плоскости с трением

Решение

Рассмотрим равновесие груза Q при минимальном значении веса груза P. На груз действуют сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\min}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр1}}$ (рис. 1.53, *а*). Особенностью задач на равновесие призм является то, что точка приложения нормальной реакции не определена. В случае необходимости она находится из уравнений равновесия.

Определим направление силы трения. Если вес уравновешивающего груза P имеет минимальное значение $P_{\min}$, то при его дальнейшем уменьшении груз Q начнёт двигаться вниз по наклонной плоскости. Таким образом, предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}1}$, обеспечивающая равновесие при минимальном значении веса груза P, направлена вверх по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *a*).

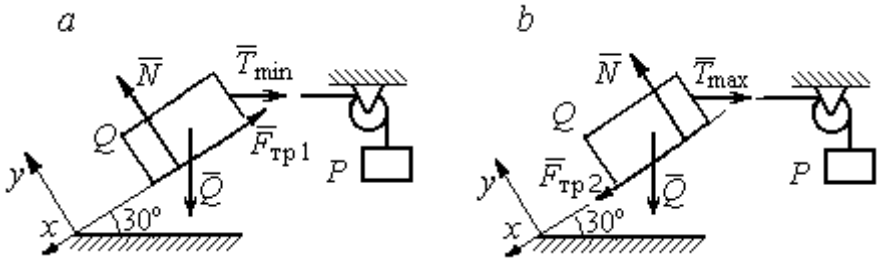


Рис. 1.53. Силы, действующие на груз при равновесии:
a – минимальный вес уравновешивающего груза;
b – максимальный вес уравновешивающего груза

Выберем систему координат, как показано на рис. 1.53, и составим уравнения равновесия в виде проекций сил:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\min}\cos 30^\circ - F_{\text{тр}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\min}\cos 60^\circ = 0.$$

Полагая в первом уравнении $F_{\text{тр}1} = fN$, решаем систему и находим реакцию нити $T_{\min} = 7{,}21$ Н. Минимальное значение веса уравновешивающего груза равно реакции нити: $P_{\min} = T_{\min} = 7{,}21$ Н.

Рассмотрим равновесие груза Q при максимальном $P_{\max}$ значении веса груза P. На груз действует сила тяжести $\vec{Q}$, реакция нити $\vec{T}_{\max}$ и реакция шероховатой поверхности наклонной плоскости, состоящая, как и в первом случае, из нормальной реакции наклонной плоскости $\vec{N}$ и силы трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$ (см. рис. 1.53, *b*).

При определении направления силы трения заметим, что увеличение веса груза P больше максимального вызывает движение груза Q вверх по наклонной плоскости. Тогда предельная сила трения $\vec{F}_{\text{тр}2}$, действующая против возможного движения, должна быть направлена вниз по наклонной плоскости (см. рис. 1.53, *b*). Уравнения равновесия груза Q:

$$\sum F_{kx} = Q\cos 60^\circ - T_{\max}\cos 30^\circ + F_{\text{тр}2} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -Q\cos 30^\circ + N - T_{\max}\cos 60^\circ = 0.$$

Решаем систему, подставляя вместо силы трения её значение $F_{\text{тр}2} = fN$, и находим максимальное значение веса груза P: $P_{\max} = T_{\max} = 63{,}54$ Н.

Таким образом, груз Q будет находиться в равновесии на наклонной плоскости, если вес уравновешивающего груза находится в пределах $8{,}87 < P < 48{,}87$ Н.

Задача 18. Цилиндрический каток радиуса r = 0,5 м, весом P = 50 Н удерживается в равновесии на наклонной плоскости нитью, один конец которой закреплён в центре катка, а другой перекинут через блок и несёт груз весом Q (рис. 1.54). Коэффициент трения качения катка $f_{\text{к}}$ = 0,02 м. Наклонная плоскость составляет угол 30º с горизонтом.

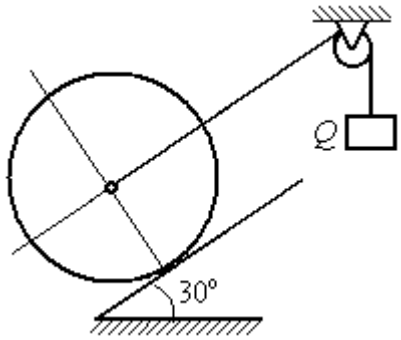


Рис. 1.54. Равновесие катка

Определить наименьшую и наибольшую величину веса Q, при которых каток будет в равновесии. Найти наименьшее значение коэффициента трения скольжения $f_{\text{с}}$, при котором в случае движения каток будет катиться без скольжения.

Решение

Рассмотрим равновесие катка при минимальном значении веса груза Q. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, реакции нити $\vec{Q}_{\min}$ и реакция шероховатой

поверхности наклонной плоскости $\vec{R}$, имеющая своими составляющими нормальную реакцию поверхности $\vec{N}$ и силу трения качения $\vec{F}_{\text{тр1к}}$ (рис. 1.55, *a*).

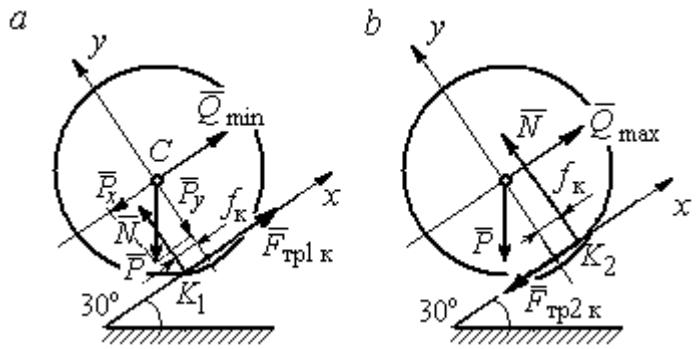


Рис. 1.55. Силы, действующие на каток, при равновесии:
a – минимальный вес груза; *b* – максимальный вес груза

Минимальный вес груза $Q_{\min}$ удерживает каток от качения вниз по наклонной плоскости. В этом случае составляющие реакции шероховатой поверхности наклонной плоскости приложены в точке K_1, слева от нормального к плоскости диаметра катка (см. рис. 1.55, *a*). Выбор точки приложения реакции шероховатой поверхности основан на том, что пара $(\vec{N}, \vec{P}_y)$ должна создавать момент трения качения, противодействующий предполагаемому движению.

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\min}, \vec{F}_{\text{тр1к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *a*, и составим уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_1:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\min} + F_{\text{тр1к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_1}(\vec{F}_k) = P\cos 60^\circ \cdot r - Q_{\min} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Подставляем данные задачи и находим минимальное значение веса груза, при котором каток находится в равновесии $Q_{\min} = 7{,}68$ Н, величину нормальной реакции наклонной плоскости $N = 43{,}3$ Н и значение силы трения качения, удерживающей каток в равновесии, $F_{\text{тр1к}} = 17{,}32$ Н.

Рассмотрим равновесие катка при максимальном значении веса груза $Q_{\max}$. Здесь нарушение предельного равновесия при увеличении веса груза Q вызывает движение катка вверх по наклонной плоскости. В таком случае точка приложения реакции опоры шероховатой поверхности (точка K_2) расположена справа от нормального к плоскости качения диаметра катка (рис. 1.55, *b*).

На каток действует плоская уравновешенная система сил $(\vec{Q}_{\max}, \vec{F}_{\text{тр2 к}}, \vec{N}, \vec{P}) \infty 0$. Выберем систему координат, как показано на рис. 1.55, *b*. Уравнения равновесия катка, где уравнение моментов сил составлено относительно точки K_2 имеют вид:

$$\sum F_{kx} = -P\cos 60^\circ + Q_{\max} - F_{\text{тр2 к}} = 0;$$

$$\sum F_{ky} = -P\cos 30^\circ + N = 0;$$

$$\sum M_{K_2}(\vec{F}_k) = -P\cos 60^\circ \cdot r + Q_{\max} r - P\cos 30^\circ \cdot f_{\text{к}} = 0.$$

Решая систему, получим: $Q_{\max} = 42{,}32$ Н; $N = 43{,}3$ Н; $F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н.

Таким образом, на шероховатой поверхности каток находится в равновесии, если вес уравновешивающего груза выбран в пределах $7{,}68 \le Q \le 42{,}32$ Н.

При любом движении (вверх или вниз) качение катка будет без скольжения, если предельная сила трения скольжения $F_{\text{тр с}}$ больше аналогичной силы трения качения: $F_{\text{тр с}} > F_{\text{тр к}}$. Величина силы трения скольжения не зависит от направления движения: $F_{\text{тр с}} = f_{\text{с}} N = 43{,}3 f_{\text{с}}$, где $f_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения. Величина силы трения качения также не зависит от направления движения: $F_{\text{тр к}} = F_{\text{тр1 к}} = F_{\text{тр2 к}} = 17{,}32$ Н. Таким образом, для определения требуемого коэффициента скольжения имеет место неравенство $43{,}3 f > 17{,}32$, откуда $f > 0{,}4$.

Задача 19. Для подъёма и опускания грузов в выработках используется ступенчатый ворот с тормозом, изображённый на рис. 1.56. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота $R = 0{,}5$ м и $r = 0{,}2$ м. Ворот тормозят, надавливая на конец A рычага AB, соединённого цепью CD с концом D тормозного рычага ED с расположенной на нём тормозной колодкой. Коэффициент трения между тормозной колодкой и барабаном ворота $f = 0{,}4$. На малой ступеньке барабана ворота навита верёвка, другой конец которой, переброшенный через невесомые неподвижный блок m и подвижный блок n, удерживает груз Q весом 1 кН (см. рис. 1.56). Угол наклона к горизонту участка верёвки, соединяющей барабан с неподвижным блоком m, составляет 30º.

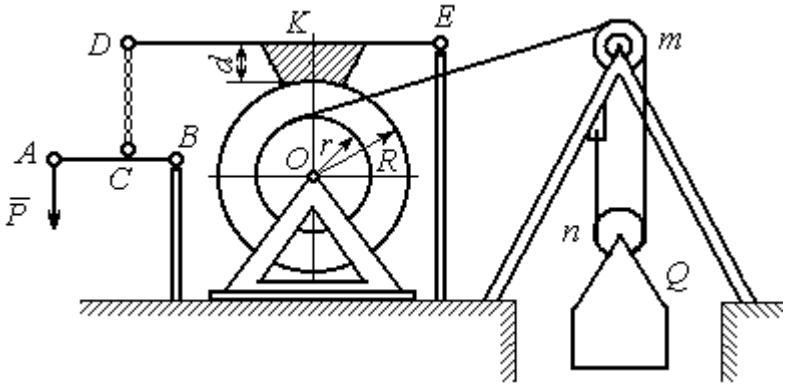


Рис. 1.56. Ворот с колодочным тормозом

Определить величину силы $\vec{P}$, уравновешивающей груз Q, и реакции шарниров O и E, если вес ворота G = 140 Н, высота тормозной колодки $d = 0{,}1$ м, расстояния AB = 1 м, BC = 0,1 м; $ED = 1{,}2$ м; $EK = 0{,}6$ м.

Решение

Рассмотрим отдельно равновесие барабана ворота, тормозного рычага DE и рычага AB (рис. 1.57).

Для того; чтобы определить силу натяжения верёвки, прикреплённой к барабану, рассмотрим равновесие груза вместе с подвижным блоком n (см. рис. 1.57, *а*). На объект равновесия действует сила тяжести груза $\vec{Q}$ и реакции $\vec{T}'$ и $\vec{T}''$ двух ветвей верёвки, огибающей снизу блок n.

Уравнения равновесия такой системы сил:

$$T' + T'' - Q = 0; \qquad T''r_{\text{бл}} = T'r_{\text{бл}},$$

где моменты сил вычислены относительно центра блока; $r_{бл}$ – радиус блока *n*. Решая систему уравнений, получим: $T' = T'' = 0{,}5Q = 500$ Н.

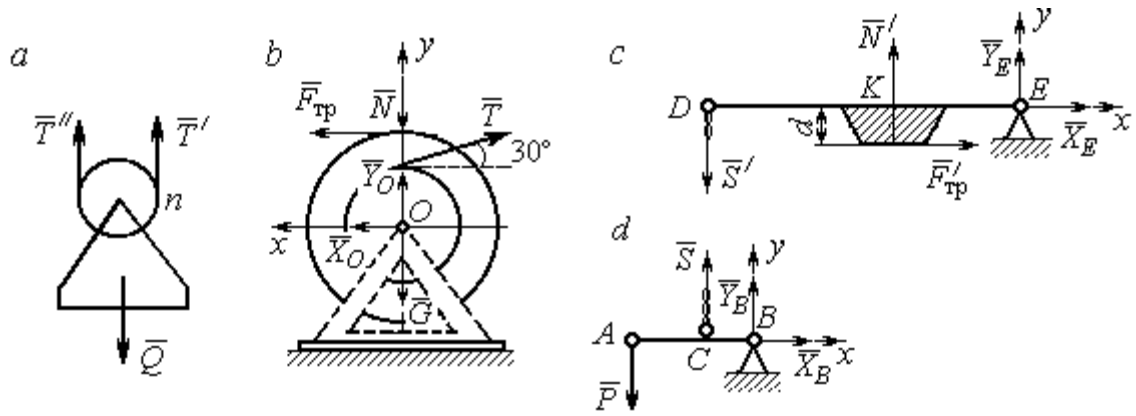


Рис. 1.57. Равновесие элементов конструкции ворота:
a – равновесие груза; *b* – силы, действующие на барабан; *c* – силы, действующие на тормозной рычаг *DE*; *d* – силы, действующие на рычаг *AB*

Рассмотрим равновесие барабана. На барабан действуют: сила веса барабана $\vec{G}$, сила давления $\vec{N}$ со стороны рычага, направленная по радиусу барабана, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, действующая по касательной к барабану в сторону, противоположную движению барабана при опускании груза, реакция $\vec{R}_O$ шарнира *O*, представленная двумя составляющими $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, и реакция верёвки $\vec{T}$, численно равная модулю силы $\vec{T}'$ (см. рис. 1.57, *b*).

Силы, действующие на барабан, составляют уравновешенную произвольную плоскую систему сил ($\vec{G}$, $\vec{X}_O, \vec{Y}_O$, $\vec{T}$, $\vec{N}$, $\vec{F}_{\text{тр}}$) ~ 0. Составим уравнение моментов относительно точки *O*:

$$-Tr + F_{\text{тр}}R = 0,\ \text{откуда с учётом}\ T = T'\ F_{\text{тр}} = 200\ \text{Н}.$$

Величина силы $\vec{N}$ давления рычага на барабан находится из вида зависимости силы трения $F_{\text{тр}} = fN$, тогда $N = \dfrac{F_{\text{тр}}}{f} = 500$ Н.

Составим уравнения равновесия барабана в виде проекций сил на оси, выбранные, как показано на рис. 1.57, *b*:

$$\sum F_{kx} = X_O + F_{\text{тр}} - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$\sum F_{ky} = Y_O + T\cos 60^\circ - N - G = 0.$$

Решая систему, найдём реакцию шарнира *O*:

$$X_O = 233 \text{ Н};\ Y_O = 390 \text{ Н};\ R_O = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2} = 454{,}3 \text{ Н}.$$

Рассмотрим теперь равновесие тормозного рычага *DE* (см. рис. 1.57, *c*).

На рычаг действуют сила $\vec{N}'$ давления со стороны барабана и сила трения $\vec{F}'_{\text{тр}}$, приложенные в точке касания тормозной колодки с барабаном, равные по величине и противоположные по направлению, соответственно, силам $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$. Кроме того, в точке *D* на рычаг действует сила $\vec{S}'$, под действием которой рычаг прижимается к барабану, и реакция шарнира *E*, разложенная на составляющие $\vec{X}_E$, $\vec{Y}_E$ вдоль осей *x*, *y*. Уравнения равновесия рычага имеют вид:

$$\sum F_{kx} = X_E + F'_{\text{тр}} = 0; \qquad \sum F_{ky} = Y_E + N' - S' = 0;$$

$$\sum M_E(\vec{F}_k) = S' \cdot DE - N' \cdot EK + F'_{\text{тр}} d = 0.$$

Подставляя в систему данные из условия задачи, с учётом найденных значений $F'_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = 200$ Н, $N' = N = 500$ Н, определим усилие S', с которым тормозной рычаг прижимается к барабану, и реакцию шарнира *E*:

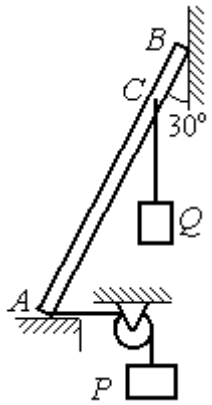
$$S' = 233{,}33 \text{ Н};\ X_E = -200 \text{ Н};\ Y_E = -266{,}67 \text{ Н};\ R_E = \sqrt{X_E^2 + Y_E^2} = 333{,}34 \text{ Н}.$$

Силу $\vec{P}$, необходимую для уравновешивания груза *Q*, найдём рассматривая равновесие рычага *AB* (см. рис. 1.57, *d*) . На рычаг действуют сила $\vec{P}$, реакция цепи $\vec{S}$ и реакция шарнира *B*, показанная на рис. 1.57, *d* составляющими $\vec{X}_B$, $\vec{Y}_B$.

Составим уравнение равновесия рычага в форме равенства нулю суммы моментов сил относительно точки *B*: $P \cdot AB - S \cdot CB = 0$. С учётом того, что модули сил $\vec{S}$ и $\vec{S}'$ равны, найдем $P = 23{,}3$ Н.

Упражнения

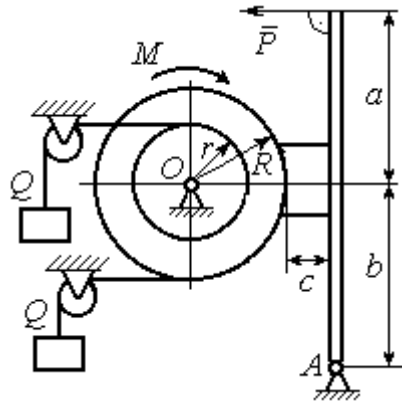
Упражнение 1.13



Невесомый стержень AB опирается в точках A и B на шероховатые поверхности – горизонтальный пол и вертикальную стену. Коэффициент трения между стержнем и полом и между стержнем и стеной $f = 0{,}2$. Угол наклона стержня к вертикальной стене 30°. В точке C к стержню подвешен груз Q. Стержень удерживается в равновесии горизонтальной нитью, прикреплённой в точке A и перекинутой через блок. К другому концу нити подвешен груз P. В каких границах можно изменять вес груза P, не нарушая равновесия стержня?

$AB = 3$ м, $AC = 2$ м, $Q = 200$ Н.

Упражнение 1.14



Шкив O состоит из двух барабанов радиусов R и r. На барабаны навиты верёвки, натянутые одинаковыми грузами Q. К шкиву приложена пара сил с моментом M. Шкив затормаживается с помощью рычажного тормоза. Коэффициент трения между тормозной колодкой и шкивом $f = 0{,}4$. Определить силу $\vec{P}$, приложенную к рычагу тормозной колодки и уравновешивающую шкив. Найти реакцию шарнира A.

$a = b = 1$ м; $c = 0{,}1$ м; $Q = 100$ Н; $M = 120$ Н·м;
$R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}2$ м.

Рис. 1.58. Задания для самостоятельного решения. Упражнения № 1.13, 1.14

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЁРДОГО ТЕЛА

2.1. Криволинейное движение точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Координатный способ задания движения точки основан на том, что положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени (рис. 2.1): $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

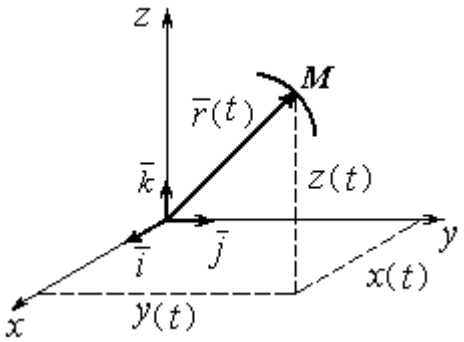


Рис. 2.1. Векторный и координатный способы задания движения точки

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиус-вектора точки: $\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}$. **Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.** Величины V_x, V_y, V_z проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$; $V_y = \frac{dy}{dt} = \dot{y}$; $V_z = \frac{dz}{dt} = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$.

Мгновенное ускорение точки**,** или ускорение в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$. Величины a_x, a_y, a_z проекций вектора ускорения на координ-

натные оси определяются равенствами: $a_x = \frac{dV_x}{dt} = \dot{V}_x = \ddot{x}$; $a_y = \frac{dV_y}{dt} = \dot{V}_y = \ddot{y}$; $a_z = \frac{dV_z}{dt} = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

Естественный способ задания движения используется, если траектория движения точки заранее известна. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $O\breve{M} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета (рис. 2.2). При этом заранее устанавливаются положительное и отрицательное направления отсчета дуговой координаты.

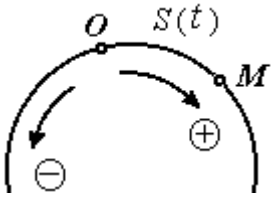


Рис. 2.2. Естественный способ задания движения точки

При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau} = V_\tau \vec{\tau}$, где S – дуговая координата; $\vec{\tau}$ – единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону положительного направления дуговой координаты. Величина $V_\tau = \dot{S}$ называется алгебраической скоростью точки и представляет собой проекцию вектора скорости точки на касательную к траектории.

Вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на составляющие по направлениям естественных осей – касательную (ось τ) и перпендикулярную к ней нормальную (ось *n*):

$$\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n} \text{ или } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n,$$

где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор касательной; $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор нормали траектории; a_τ – проекция ускорения точки на касательную называется **касательным ускорением**; a_n – проекция вектора ускорения точки на нормаль называется **нормальным ускорением** (рис. 2.3). Касательная составляющая ускорения характеризует изменение величины скорости точки, нормальная – изменение направления вектора скорости.

Если проекции V_τ и a_τ имеют одинаковые знаки (направлены в одну сторону), движение будет ускоренным, если разных знаков (разнонаправлены) – замедленным (см. рис. 2.3, *a*, *b*).

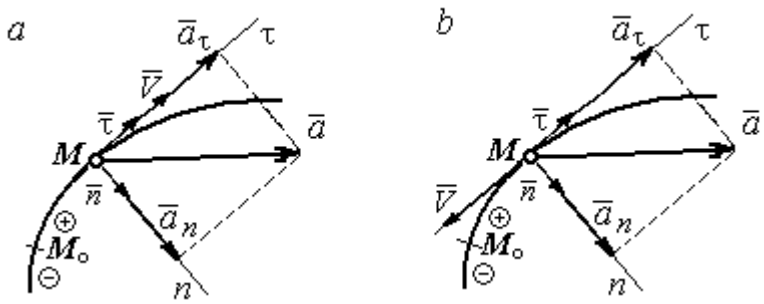


Рис. 2.3. Скорость и ускорение точки. Разложение ускорения на нормальную и касательную составляющие:
a – ускоренное движение; *b* – замедленное движение

Проекции ускорения на естественные оси и модуль вектора ускорения вычисляются по формулам:

$$a_\tau = \ddot{S} = \dot{V}_\tau,\ a_n = \frac{V^2}{\rho};$$

$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}\ ,$$

где ρ – радиус кривизны траектории. Иногда при вычислении касательной составляющей ускорения удобнее пользоваться формулой $a_\tau = \dfrac{a_x V_x + a_y V_y}{V_\tau}$.

Вектор нормальной составляющей ускорения $\vec{a}_n$ всегда направлен к центру кривизны траектории. Вектор касательной составляющей ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен в сторону положительного направления касательной (по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$), если $\ddot{S} > 0$, и в противоположную сторону – при $\ddot{S} < 0$.

Криволинейное движение точки называется **равномерным**, если проекция вектора скорости на касательную – постоянная величина: $V_\tau = \text{const}$.

Криволинейное движение точки называется **равнопеременным**, если постоянна проекция вектора ускорения на касательную: $a_\tau = \text{const}$.

Примеры решения задач на криволинейное движение точки

Задача 20. Движение точки задано координатным способом уравнениями $x(t) = 2\sin\pi t$, $y(t) = \cos 2\pi t$, где *x*, *y* – в сантиметрах, *t* – в секундах.

Найти траекторию точки, величину и направление скорости и ускорения в моменты времени t_1 = 0,25 с, t_2 = 0,75 с. Определить участки ускоренного и замедленного движений точки.

Решение

Определяем траекторию точки. Из уравнений движения находим $y = \cos 2\pi t = \cos^2 \pi t - \sin^2 \pi t = 1 - 2\sin^2 \pi t = 1 - \frac{x^2}{2}$. Траекторией точки является парабола $y = 1 - \frac{x^2}{2}$ (рис. 2.4). Однако не вся парабола будет траекторией движения, а только та её часть, точки которой согласно уравнениям движения удовлетворяют неравенствам: $-2 \le x \le 2$, $-1 \le y \le 1$.

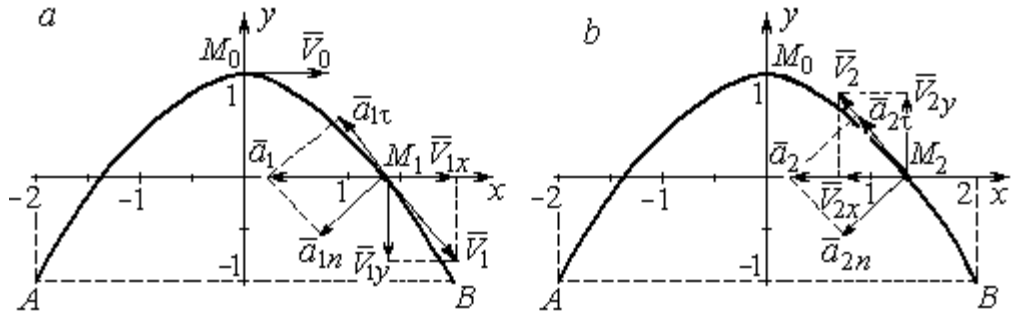


Рис. 2.4. Траектория движения точки:

a – замедленное движение точки на участке от M_0 к *B*;
b – ускоренное движение точки на участке от *B* к M_0

Определяем параметры движения точки в момент времени t_1 = 0,25 с.

Находим координаты x_1, y_1 положения точки M_1:

$$x_1 = x(0{,}25) = 2\sin\frac{\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см}, \quad y_1 = y(0{,}25) = \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Находим проекции V_{1x}, V_{1y} вектора $\vec{V}_1$ скорости точки на оси системы координат:

$$V_x(t) = \dot{x} = 2\pi\cos\pi t; \; V_y(t) = \dot{y} = -2\pi\sin 2\pi t;$$

$$V_{1x} = V_x(0{,}25) = 2\pi\cos\frac{\pi}{4} = \pi\sqrt{2} \text{ см/с}; \quad V_{1y} = V_y(0{,}25) = -2\pi\sin\frac{\pi}{2} = -2\pi \text{ см/с}.$$

Модуль скорости $V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \pi\sqrt{6}$ см/с.

Находим проекции a_{1x}, a_{1y} вектора $\vec{a}_1$ ускорения точки на оси системы координат:

$$a_x(t) = \dot{V}_x = -2\pi^2 \sin\pi t;\ a_y(t) = \dot{V}_y = -4\pi^2 \cos 2\pi t;$$

$$a_{1x} = a_x(0{,}25) = -2\pi^2 \sin\frac{\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{1y} = a_y(0{,}25) = -4\pi^2 \cos\frac{\pi}{2} = 0.$$

Модуль вектора ускорения $a_1 = \sqrt{a_{1x}^2 + a_{1y}^2} = \pi^2\sqrt{2}$ см/с.

Положение точки M_1 в момент времени $t_1 = 0{,}25$ с, построение векторов скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ по их проекциям показано на рис. 2.4, *а*.

Для того чтобы определить характер движения точки в положении M_1 – ускоренное или замедленное, найдём направление касательного ускорения. С этой целью разложим известный уже вектор ускорения $\vec{a}_1$ на нормальную и касательную составляющие согласно равенству $\vec{a}_1 = \vec{a}_{1\tau} + \vec{a}_{1n}$. При этом направление касательной совпадает с направлением вектора скорости $\vec{V}_1$, а направление нормали – перпендикулярно ему. Касательное ускорение $\vec{a}_{1\tau}$ оказалось направленным противоположно вектору скорости $\vec{V}_1$ (см. рис. 2.4, *а*). Следовательно, точка в рассматриваемый момент движется замедленно.

В момент времени $t_2 = 0{,}75$ с положение M_2 совпадает с положением M_1:

$$x_2 = x(0{,}75) = 2\sin\frac{3\pi}{4} = \sqrt{2} \text{ см};\ y_2 = y(0{,}75) = \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Проекции векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ точки на оси координат:

$$V_{2x} = V_x(0{,}75) = 2\pi\cos\frac{3\pi}{4} = -\pi\sqrt{2} \text{ см/с};\ V_{2y} = V_y(0{,}75) = -2\pi\sin 2\pi\frac{3}{4} = 2\pi \text{ см/с};$$

$$a_{2x} = a_x(0{,}75) = -2\pi^2 \sin\frac{3\pi}{4} = -\pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2;\ a_{2y} = a_y(0{,}75) = -4\pi^2 \cos 2\pi\frac{3}{4} = 0.$$

Модули скорости и ускорения точки в момент времени $t_2 = 0{,}75$ с:

$$V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2} = \pi\sqrt{6} \text{ см/с}; \quad a_2 = |a_{2x}| = \pi^2\sqrt{2} \text{ см/с}^2.$$

Положение точки M_2 в момент времени t_2 = 0,75 с, построение векторов скорости $\vec{V}_2$ и ускорения $\vec{a}_2$ по их проекциям, а также разложение вектора ускорения $\vec{a}_2$ на составляющие $\vec{a}_{2n}$ и $\vec{a}_{2\tau}$ показано на рис. 2.4, *b*. В данном случае вектор касательного ускорения совпадает по направлению с вектором скорости (см. рис. 2.4, *b*), поэтому движение ускоренное.

В целом движение точки по траектории происходит следующим образом. Из начального положения M_0 (t_0 = 0) точка с замедлением перемещается по правой ветви параболы. Достигнув положения *B* на траектории (t_B = 0,5 с), точка совершает мгновенную остановку и начинает обратное ускоренное движение. Достигнув положения M_0 (t_{M_0} = 1 с), точка переходит на левую часть параболы, где движется аналогично.

Задача 21. Рудничный поезд выходит на закруглённый участок пути радиуса *R* = 1 км с начальной скоростью 54 км/ч. Считая движение поезда равнопеременным, определить его скорость и ускорение в конце 10-й секунды движения по закруглённому участку, если за это время поезд прошёл путь 500 м.

Решение

Примем за начало отсчёта расстояния точку M_0, где поезд выходит на закруглённый участок пути (рис. 2.5). Предположим, движение поезда равноускоренное и происходит в сторону возрастания дуговой координаты *S*. В этом случае вектор скорости и вектор касательного ускорения направлены в положительную сторону касательной.

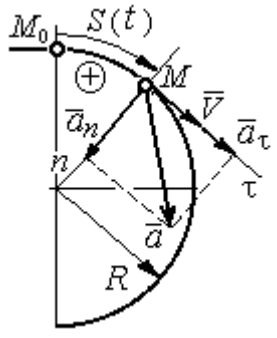


Рис. 2.5. Скорость и ускорение поезда

При равнопеременном движении проекция вектора ускорения на касательную постоянна: a_τ = const. Так как $a_\tau = \dfrac{dV_\tau}{dt}$, то $V_\tau = a_\tau t + C_1$, где V_τ – проекция вектора скорости на касательную

ось. Далее, поскольку $V_\tau = \frac{dS}{dt}$, имеем $S = \frac{a_\tau t^2}{2} + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$ $S = 0$ и $V_\tau = V_0 =$ = 54 км/ч = 15 м/с. Подставив эти условия в уравнения движения, найдём константы интегрирования: C_1 = 15 м/с; C_2 = 0.

В результате получена система уравнений:

$$V_\tau = a_\tau t + 15; \quad S = \frac{a_\tau t^2}{2} + 15t .$$

По условию задачи через 10 с от начала движения по закруглённому участку поезд прошёл по дуге путь S = 500 м. Подставляя это условие во второе уравнение, получим a_τ = 7 м/с^2. Скорость поезда в конце пройденного пути с учётом известной величины касательного ускорения найдём из первого уравнения V_τ = 85 м/с. Следует заметить, что при указанном движении поезда проекция вектора скорости на касательную ось положительна и равна его модулю: $V_\tau = V$.

Нормальное ускорение поезда при движении по дуге окружности радиуса R = 1000 м в момент времени t = 10 с равно $a_n = \frac{V_\tau^2}{R}$ = 7,23 м/с^2. Величина (модуль) полного ускорения поезда $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ = 10,06 м/с^2. Разложение вектора ускорения поезда на нормальную и касательную составляющие показано на рис. 2.5.

Задача 22. Вагонетка движется равнопеременно по дуге окружности радиуса R = 80 м. За время движения скорость вагонетки изменилась от начальной V_0 = 18 км/ч до конечной V_1 = 9 км/ч.

Определить характер движения – ускоренное или замедленное. Найти ускорение вагонетки в начале и в конце участка движения, если за это время она прошла путь S = 60 м.

Решение

Выберем некоторую точку на траектории в качестве начальной, а направление положительного отсчёта расстояний – в сторону движения вагонетки.

Уравнения равнопеременного движения точки при начальных условиях: $t = 0$; $S = 0$ и $V_\tau = V_0 = 5$ м/с имеют вид:

$$V_\tau = 5 + a_\tau t\,; \quad S = 5t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

Подставим в уравнения параметры движения в момент времени $t = t_1$, когда скорость вагонетки стала $V_{1\tau} = 2{,}5$ м/с, а пройденный ею путь составил 60 м. Получим систему:

$$-2{,}5 = a_\tau t_1\,; \quad 60 = 5t_1 + \frac{a_\tau t_1^2}{2},$$

откуда найдём касательное ускорение: $a_\tau = -0{,}16$ м/с^2.

Отрицательная величина означает, что вектор касательного ускорения направлен в сторону, противоположную направлению вектора скорости, и движение равнозамедленное.

Нормальное ускорение вагонетки в начале движения $a_{n0} = \frac{V_0^2}{R} = 0{,}31$ м/с^2.

Полное ускорение $a_0 = \sqrt{a_{n0}^2 + a_\tau^2} = 0{,}35$ м/с^2. В конце движения нормальное ускорение $a_{n1} = \frac{V_1^2}{R} = 0{,}08$ м/с^2. Полное ускорение $a_1 = \sqrt{a_{n1}^2 + a_\tau^2} = 0{,}18$ м/с^2.

2.2. Поступательное движение и вращение твердого тела вокруг неподвижной оси

Движение твёрдого тела называется **поступательным**, если любой прямолинейный отрезок, связанный с телом, остаётся в процессе движения параллельным самому себе. При **поступательном** движении твёрдого тела все его

точки движутся по одинаковым траекториям, имеют равные скорости и ускорения.

Вращением твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором две точки тела остаются неподвижными в течение всего времени движения. Прямая, проходящая через неподвижные точки, называется **осью вращения** тела.

Положение вращающегося тела определяется углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ относительно какой-либо системы отсчёта, например, относительно неподвижной плоскости, проходящей через ось вращения.

Вектор угловой скорости вращения тела $\vec{\omega}$ лежит на оси вращения и направлен в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки. **Алгебраическим значением угловой скорости** вращения тела называют проекцию вектора угловой скорости на ось вращения (ось z) $\omega_z = \dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ тело вращается в сторону положительного направления отсчёта угла φ, при $\dot{\varphi} < 0$ – в обратную сторону. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Модуль алгебраического значения угловой скорости вращения тела называется угловой скоростью $\omega = |\omega_z| = |\dot{\varphi}|$.

Алгебраическим значением **углового ускорения** вращающегося тела называют проекцию вектора углового ускорения на ось вращения (ось z) $\varepsilon_z = \dot{\omega}_z = \ddot{\varphi}$. Модуль алгебраического значения углового ускорения вращения тела называется угловым ускорением: $\varepsilon = |\varepsilon_z| = |\dot{\omega}_z| = |\ddot{\varphi}|$.

Вектор углового ускорения направлен вдоль оси вращения. Если $\varepsilon_z \omega_z > 0$ (вектора угловой скорости и углового ускорения сонаправлены), движение ускоренное, если $\varepsilon_z \omega_z < 0$ (векторы угловой скорости и углового ускорения противоположны по направлению), – замедленное.

При равномерном вращении угловая скорость тела (алгебраическое значение) – постоянная величина: ω_z = const. Угол поворота тела изменяется по линейному закону $\varphi = \varphi_0 + \omega_z t$, где φ_0 – начальный угол поворота тела.

При равнопеременном вращении постоянной величиной является алгебраическое значение углового ускорения: ε_z = const. В этом случае справедливы уравнения движения: $\omega_z = \omega_{z0} + \varepsilon_z t$; $\varphi = \varphi_0 + \omega_{z0} t + \dfrac{\varepsilon_z t^2}{2}$.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки** вращающегося твердого тела **(**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Модуль скорости точки рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – угловая скорость тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону вращения тела.

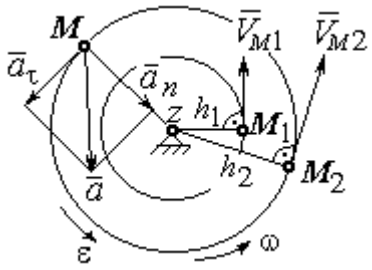


Рис. 2.6. Скорость и ускорение точек вращающегося тела

При вращении тела отношение скоростей двух точек тела равно отношению расстояний от этих точек до оси вращения: $\dfrac{V_{M_1}}{V_{M_2}} = \dfrac{h_1}{h_2}$ (рис. 2.6).

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений (см. рис. 2.6): $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где модули векторов $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$; $a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$; ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела, $\varepsilon = |\varepsilon_z|$; h – расстояние от точки до оси вращения. **Вектор касательного ускорения точки** $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к описываемой точкой окружности в сторону движения точки, если вращение тела ускоренное, и в противоположную сторо-

ну, если движение тела замедленное. **Вектор нормального ускорения точки** $\vec{a}_n$ направлен вдоль радиуса описываемой точкой окружности к её центру.

При **передаче вращения** одного тела другому без проскальзывания соотношения между угловыми скоростями и угловыми ускорениями выражаются из равенства скоростей и касательных ускорений в точке контакта: $\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1}$; $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{r_2}{r_1}$ (рис. 2.7).

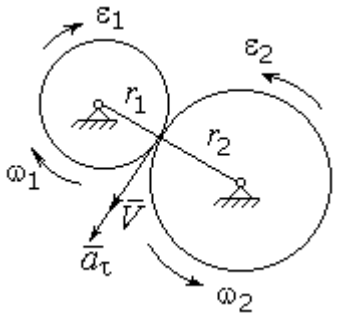


Рис. 2.7. Передача вращения одного тела другому

Примеры решения задач на вращательное движение тел

Задача 23. Вал, начиная вращаться равноускоренно из состояния покоя, за первые 2 мин. сделал 3600 оборотов. Определить угловую скорость вала в конце 2-й минуты и угловое ускорение вала.

Решение

Допустим, вращение вала вокруг оси *z* происходит в сторону положительного направления отсчёта угла. Тогда алгебраические значения угловой скорости и углового ускорения равны модулям соответствующих векторов $\omega_z = \omega$; $\varepsilon_z = \varepsilon$.

Воспользуемся уравнениями равнопеременного вращения вала с нулевыми начальными условиями (начальный угол поворота $\varphi_0 = 0$ и начальная угловая скорость вала $\omega_0 = 0$). Имеем $\omega = \varepsilon t$; $\varphi = \frac{\varepsilon t^2}{2}$.

Подставим в уравнения параметры движения вала в момент времени $t = t_1 = 2$ мин = 120 с; $\varphi_1 = 3600$ об $= 7200\pi$ рад. Получим систему:

$$\omega_1 = \varepsilon \cdot 120, \quad 7200\pi = \frac{\varepsilon \cdot 120^2}{2}, \text{ откуда } \varepsilon = \pi \text{ с}^{-2}; \quad \omega_1 = 120\pi \text{ с}^{-1}.$$

Задача 24. В механизме стрелочного индикатора (рис. 2.8) движение от рейки мерительного штифта 1 передаётся шестерне 2, скреплённой на одной оси с зубчатым колесом 3. Колесо 3 сцепляется, в свою очередь, с шестернёй 4, несущей стрелку-индикатор. Определить угловую скорость стрелки, если движение штифта задаётся уравнением $x = 4\sin\pi t$ и радиусы зубчатых колёс: $r_2 = 6$ см, $r_3 = 10$ см, $r_4 = 4$ см.

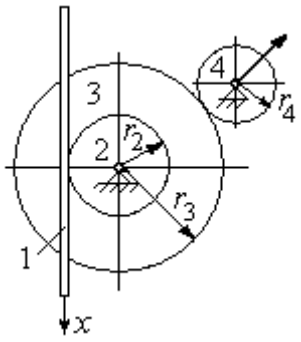


Рис. 2.8. Механизм стрелочного индикатора

Решение

Мерительный штифт движется поступательно вдоль оси x (см. рис. 2.8). Проекция скорости любой точки штифта на ось x $V_{1x} = \dot{x} = 4\pi\cos\pi t$ см/с. Такую же скорость имеет и точка касания штифта с шестернёй 2.

Полагая, что точка касания штифта с шестернёй 2 принадлежит и шестерне, найдём алгебраическое значение угловой скорости шестерни 2: $\omega_{2z} = \dfrac{V_{1x}}{r_2} = \dfrac{4\pi\cos\pi t}{6} = \dfrac{2\pi}{3}\cos\pi t$ рад/с. Зубчатое колесо 3 скреплено с шестернёй 2 на одной оси и имеет ту же угловую скорость $\omega_{3z} = \omega_{2z}$. Вращение колеса 3 через точку зацепления передаётся шестерне 4. Выразим соотношение между алгебраическими значениями угловых скоростей при передаче вращения одного тела другому: $\dfrac{\omega_{3z}}{\omega_{4z}} = \dfrac{r_4}{r_3}$. Отсюда получим: $\omega_{4z} = \dfrac{V_{1x} r_3}{r_2 r_4} = \dfrac{5\pi}{3}\cos\pi t$ с$^{-1}$. Угловая скорость стрелки равна угловой скорости шестерни 4.

Задача 25. Ведущее колесо 1 подъёмного устройства (рис. 2.9) передаёт движение шестерне 2. На одной оси с шестернёй 2 расположен шкив 3, жёстко скреплённый с шестернёй. Шкив 3 соединяется со шкивом 4 бесконечным

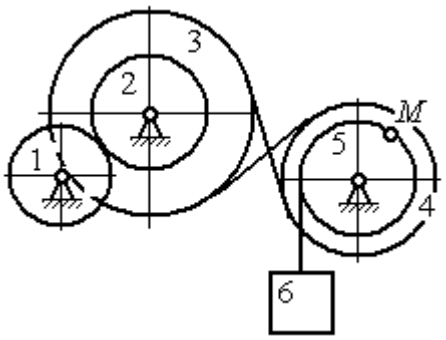


Рис. 2.9. Схема механизма подъёмного устройства

перекрёстным ремнём. Барабан 5 скреплён со шкивом 4 и находится с ним на одной оси. На барабан намотана нить, удерживающая груз 6. По заданному уравнению движения колеса 1 определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки M на ободе барабана 5 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение груза 6. Скольжение между звеньями механизма отсутствует.

Значения радиусов колёса, шкивов и барабана механизма: $r_1 = 20$ см, $r_2 = 10$ см, $r_3 = 40$ см, $r_4 = 16$ см, $r_5 = 8$ см. Уравнение вращения колеса 1: $\varphi_1 = 2t^2 - 5t$ рад.

Решение

Ведущим звеном в механизме является колесо 1. Выберем положительное направление отсчёта угла поворота колеса 1 в сторону, противоположную направлению вращения часовой стрелки. На рис. 2.10 это направление показано дуговой стрелкой φ_1.

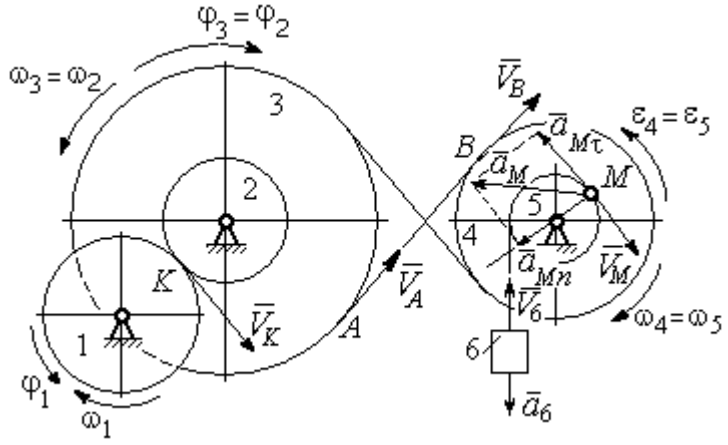


Рис. 2.10. Расчётная схема механизма

Продифференцировав по времени уравнение движения колеса 1, получим алгебраическое значение его угловой скорости: $\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 4t - 5$ рад/с. В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение угловой скорости колеса 1 отрицательно: $\dot{\varphi}_1(1) = -1$ рад/с. Это означает, что в данный момент времени колесо 1 вращается в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла φ_1. Угловая скорость колеса 1 равна модулю: $\omega_1 = |\omega_{1z}| = 1$ рад/с. Направление угловой скорости ω_1 колеса 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано дуговой стрелкой ω_1.

Вращение колеса 1 передаётся шестерне 2 через точку контакта *K*. Из соотношения $\frac{\omega_1}{\omega_2}=\frac{r_2}{r_1}$ найдём угловую скорость шестерни 2: $\omega_2=\frac{\omega_1 r_1}{r_2}$. Шкив 3, закреплённый на одной оси с шестернёй 2 имеет такую же угловую скорость, $\omega_3=\omega_2$. Направление угловых скоростей шестерни 2 и шкива 3 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_2.

Передача движения шкива 3 шкиву 4 производится с помощью ремённой передачи. На участке от точки *A*, где ремень сходит со шкива 3, и до точки *B*, где ремень набегает на шкив 4, ремень движется поступательно, поэтому скорости точек *A* и *B* равны: $V_A=V_B$. Выразив скорости точек через угловые скорости тел, имеем равенство $\omega_3 r_3=\omega_4 r_4$, откуда с учётом, что $\omega_3=\omega_2$, найдём угловую скорость шкива 4: $\omega_4=\frac{\omega_3 r_3}{r_4}=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}$. Угловая скорость барабана 5 равна угловой скорости шкива 4, $\omega_5=\omega_4$. Направление угловых скоростей шкива 4 и барабана 5 показано на рис. 2.10 дуговой стрелкой ω_4.

Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M=\omega_5 r_5$. В момент времени $t_1=1$ с $\omega_5=\frac{\omega_1 r_1 r_3}{r_2 r_4}=5$ рад/с и $V_M=20$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к ободу барабана в точке *M* и направлен в сторону вращения барабана 5 (см. рис. 2.10).

Нить, несущая груз 6, сматываясь с обода барабана, имеет скорость, равную скорости точек обода барабана, и, следовательно, равна скорости точки *M*: $V_6=V_M$. Направление скорости груза 6 определяется направлением вращения барабана 5. При $t_1=1$с груз поднимается со скоростью $V_6=20$ см/с.

Определим ускорение точки *M*. Вектор ускорения точки *M* равен сумме векторов: $\vec{a}_M=\vec{a}_M^{\tau}+\vec{a}_M^{n}$, где $\vec{a}_M^{\tau}$, $\vec{a}_M^{n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения.

Найдём алгебраическое значение угловой скорости барабана 5: $\omega_{5z} = \dfrac{\omega_{1z} r_1 r_3}{r_2 r_4} = 20t - 25$ рад/с. Алгебраическое значение углового ускорения барабана 5 ε_{5z} равно производной $\varepsilon_{5z} = \dot{\omega}_{5z} = 20$ рад/с^2. Так как в момент времени $t_1 = 1$ с знаки алгебраических значений угловой скорости барабана и его углового ускорения разные ($\omega_{5z} = -5$ рад/с $\vec{a}_M = \vec{a}_M^{\tau} + \vec{a}_M^{n}$ $\varepsilon_{5z} = +20$ рад/с^2), угловое ускорение (по величине равное модулю $\varepsilon_5 = |\varepsilon_{5z}|$) направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис. 2.10 направление углового ускорения барабана 5 показано дуговой стрелкой ε_5.

Касательное ускорение точки: $a_{M\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Вектор $\vec{a}_{M\tau}$ касательного ускорения точки M направлен по касательной к траектории в точке M в сторону углового ускорения ε_5 (см. рис. 2.10).

Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_5^2 r_5$, где угловая скорость барабана $\omega_5 = |\omega_{5z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_5 = 5$ рад/с и величина нормального ускорения: $\vec{a}_M^{\,n} = 100$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^{\,n}$ направлен по радиусу к центру барабана 5.

Модуль полного ускорения точки M в заданный момент времени: $a_M = \sqrt{(a_M^{\tau})^2 + (a_M^n)^2} = 128{,}06$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^{\,n}$ и $\vec{a}_M^{\tau}$ (см. рис. 2.10).

Ускорение a_6 груза 6 находится из условия, что груз движется прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. В результате, ускорение груза 6 $a_6 = a_6^{\tau} = \dot{V}_6 = \dot{V}_M = a_M^{\tau} = \varepsilon_5 r_5 = 80$ см/с^2. Направление вектора ускорения груза 6 определяется направлением углового ускорения барабана 5. На рис. 2.10 направление ускорения груза 6 показано вектором $\vec{a}_6$.

Задача 26. По заданному уравнению поступательного движения звена 1 механизма (рис. 2.11, *a*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* диска 3 в момент времени $t_1 = 1$ с, а также скорость и ускорение звена 4. Скольжение между звеньями механизма отсутствует. Значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: $R_2 = 20$ см, $r_2 = 5$ см, $R_3 = 8$ см, $r_3 = 4$ см, $x_1 = \cos\pi t + \sin\pi t$ см.

Решение

Звено 1 движется поступательно вдоль оси *x*. Положительное направление движения задаётся направлением оси *x* (рис. 2.11, *a*). Продифференцировав по времени уравнение движения звена 1, получим его алгебраическое значение скорости: $V_{1x}(t) = \dot{x}_1 = -\pi\sin\pi t + \pi\cos\pi t$.

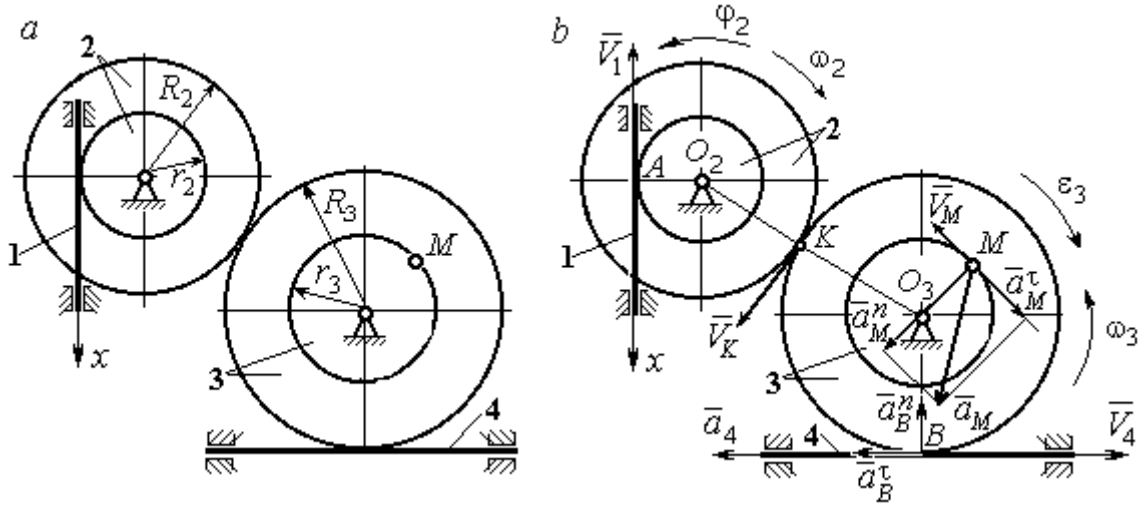


Рис. 2.11. Кинематика поступательного и вращательного движений твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей
и ускорений точек механизма

В момент времени $t_1 = 1$ с алгебраическое значение скорости звена 1 отрицательное: $V_{1x}(1) = -\pi$ см/с. Это показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной $V_1(1) = |\dot{x}_1| = \pi$ см/с. На рис. 2.11, *b* показано направление вектора скорости $\vec{V}_1$.

Точка A соприкосновения звена 1 с диском 2 имеет ту же скорость, что и звено 1. Угловая скорость диска 2 определяется из равенства $\omega_2 = \frac{V_1}{r_2}$ рад/с. Направление угловой скорости вращения диска 2 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_2.

Передача вращения диска 2 диску 3 происходит в точке *K*. Из соотношения $\frac{\omega_3}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_3}$ находим угловую скорость диска 3: $\omega_3 = \frac{V_1 R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}$. Направление угловой скорости диска 3 показано на рис. 2.11, *b* дуговой стрелкой ω_3.

Модуль скорости точки M $V_M = \omega_3 r_3 = 2\pi$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ направлен по касательной к траектории движения точки *M* в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.11, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Величина и направление скорости звена 4 совпадают с величиной и направлением скорости точки *B* касания звена 4 с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с $V_4 = 4\pi$ см/с. Направление вектора скорости $\vec{V}_4$ определяется направлением вращения диска 3.

Определим ускорение точки *M*. Найдём алгебраическое значение ω_{3z} угловой скорости диска 3: $\omega_{3z} = \frac{V_{1x} R_2}{r_2 R_3} = \frac{\pi}{2}(-\sin\pi t + \cos\pi t)$. Алгебраическое значение ε_{3z} углового ускорения диска 3: $\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{\pi^2}{2}(\cos\pi t + \sin\pi t)$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon_{3z} = \frac{\pi^2}{2}$. Разные знаки алгебраических значений угловой скорости и углового ускорения диска 3 ($\omega_{3z} = -\frac{\pi}{2}; \varepsilon_{3z} = +\frac{\pi^2}{2}$) показывают, что угловое ускорение направлено в сторону, противоположную угловой скорости. На рис 2.11, *b* направление углового ускорения диска 3 показано дуговой стрелкой ε_3.

Касательное ускорение точки M рассчитывается по формуле $a_M^{\tau} = \varepsilon_3 r_3$, где угловое ускорение $\varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $a_M^{\tau} = 2\pi^2$ см/с^2. Вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_M^{\tau}$ направлен по касательной к траектории точки M в сторону углового ускорения ε_3 (см. рис. 2.11, *b*).

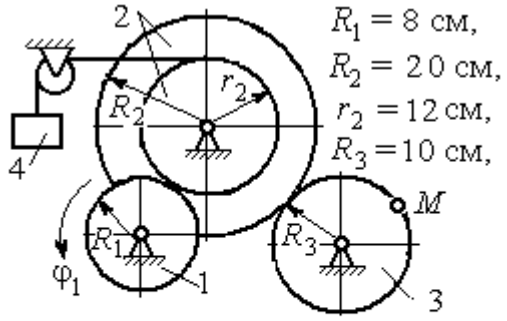
Нормальное ускорение точки M рассчитывается как $a_M^n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения $a_M^n = \pi^2$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_M^n$ направлен по радиусу к центру диска 3.

Модуль полного ускорения точки M: $a_M = \sqrt{(a_M^n)^2 + (a_M^{\tau})^2} = \pi^2\sqrt{5}$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_M^n$ и $\vec{a}_M^{\tau}$.

Звено 4 движется поступательно и прямолинейно. Ускорение звена 4 равно проекции ускорения точки B (касания диска 3 со звеном 4) на линию движения звена 4: $a_4 = a_B^{\tau} = \varepsilon_3 R_3 = 4\pi^2$ см/с^2. Направление ускорения звена 4 совпадает с касательным ускорением точки B.

Упражнения

Упражнение 2.1

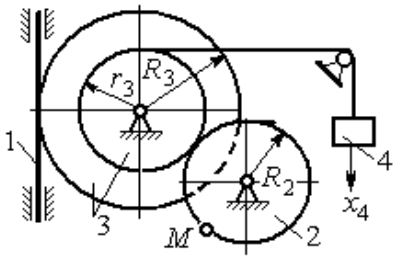


$R_1 = 8$ см,
$R_2 = 20$ см,
$r_2 = 12$ см,
$R_3 = 10$ см,

$\varphi_1 = 3t + 2\sin\frac{\pi t}{2}$ рад,

Найти скорость и ускорение точки M и груза 4 в момент $t = 1$ с

Упражнение 2.2



$R_2 = 0{,}2$ м, $R_3 = 0{,}4$ м, $r_3 = 0{,}3$ м,

$x_4 = t - 1 - \sin\frac{\pi t}{3} + \cos\frac{\pi t}{3}$ м.

Найти скорость и ускорение точки M и звена 1 в момент $t = t_1 = 3$ с.

Рис. 2.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.1, 2.2

2.3. Скорости точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

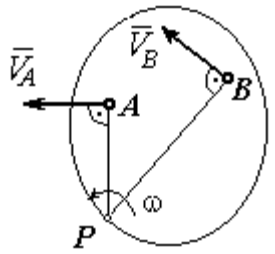
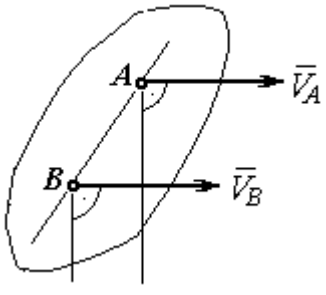
Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной (основной) плоскости.

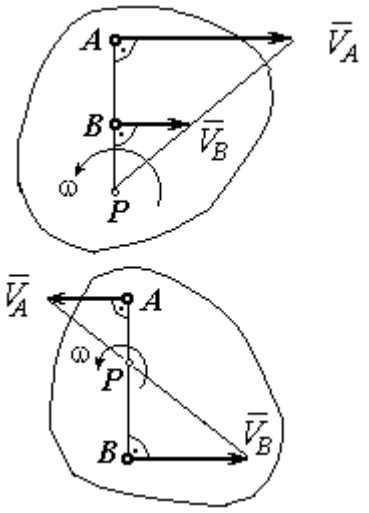
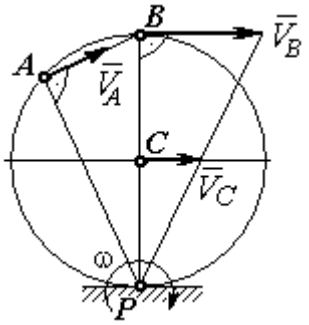
Для скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ двух точек A и M тела, совершающего плоское движение, справедливо утверждение: **проекции скоростей двух точек твердого тела на ось, проходящую через эти точки, равны друг другу:** $V_A\cos\alpha = V_M\cos\beta$, где α, β – углы между векторами скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_M$ и осью, проходящей через точки A и M.

Мгновенным центром скоростей (МЦС) называется точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. При известном положении МЦС скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы движение фигуры было мгновенно вращательным вокруг мгновенного центра скоростей с угловой скоростью, равной угловой скорости плоской фигуры. Способы построения мгновенного центра скоростей приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей P находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей.	
2. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, но точки A и B не лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то, как видно из рисунка, мгновенный центр P бесконечно удалён. В этом случае угловая скорость $\omega = 0$ и тело в данный момент движется поступательно (движение является мгновенным поступательным). При таком движении скорость любой точки тела равна $\vec{V}_A$.	

3. Если скорости двух точек $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ параллельны, а точки A и B лежат на общем перпендикуляре к скоростям, то мгновенный центр скоростей P находится как пересечение прямой, соединяющей точки A и B и линии, проходящей через концы векторов, изображающих скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$.	
4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей P расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью.	

Примеры решения задач на плоскопараллельное движение тела

Задача 27. Приводной механизм насоса находится в положении, показанном на рис. 2.13. Кривошип O_1C вращается с постоянной угловой скоростью $\omega_{O_1C} = 2$ рад/с вокруг оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости чертежа. Определить скорость поршня D и угловые скорости шатуна BC, коромысла AB и штока AD, если O_1C = 20 см, $OB = 2 \cdot OA$ = 40 см, AD = 60 см.

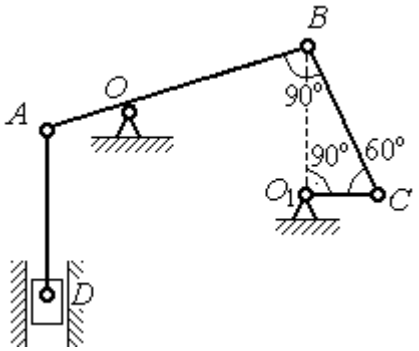


Рис. 2.13. Приводной механизм насоса

Решение

Предположим для определённости, что кривошип O_1C вращается в направлении по ходу часовой стрелки. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C направлен

перпендикулярно кривошипу O_1C, в сторону его вращения (рис. 2.14). Модуль скорости $V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 40$ см/с.

Коромысло AB качается (вращается) вокруг оси, проходящей через точку O, параллельно оси вращения кривошипа. Скорость точки B направлена перпендикулярно коромыслу AB вдоль шатуна BC (рис. 2.14).

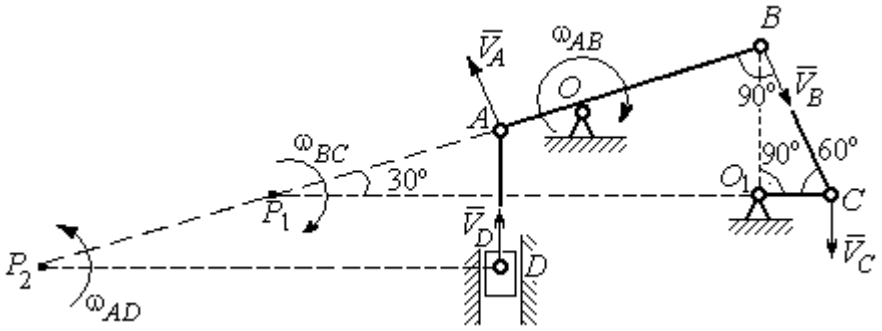


Рис. 2.14. Расчётная кинематическая схема механизма привода насоса

Шатун BC совершает плоскопараллельное движение. Мгновенный центр скоростей шатуна P_1 расположен в точке пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B шатуна. Находим $P_1C = 4O_1C = 80$ см. Угловая скорость вращения шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_1} = 0{,}5$ рад/с. Направление угловой скорости вращения шатуна BC определяется направлением вращения кривошипа O_1C и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость V_B найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем вектора скоростей $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек C и B на линию BC. Получим $V_B \cos 0^\circ = V_C \cos 30^\circ$. Отсюда $V_B = 20\sqrt{3}$ см/с.

Угловая скорость коромысла AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_B}{OB} = \dfrac{\sqrt{3}}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости коромысла определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{AB}.

Скорость точки A коромысла равна половине скорости точки B: $V_A = \frac{1}{2}V_B = 10\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно коромыслу AB в сторону его вращения.

Точка P_2 пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$ является мгновенным центром скоростей штока AD. Тогда угловая скорость штока $\omega_{AD} = \frac{V_A}{AP_2} = \frac{\sqrt{3}}{12}$ рад/с. Направление угловой скорости штока определяется по направлению скорости точки A и на рис. 2.14 показано дуговой стрелкой ω_{AD}.

Скорость поршня $V_D = \omega_{AD} \cdot P_2D = 15$ см/с.

Задача 28. Механизм качалки (рис. 2.15) состоит из кривошипа OA, вращающегося вокруг оси O и несущего в точке A ось подвижной шестерни 2, которая катится по неподвижной шестерне 1. Вращение кривошипа происходит с угловой скоростью $\omega_{OA} = 2$ рад/с. Радиусы шестерён $r_1 = r_2 = 6$ см. К ободу шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплён шатун BC длиной $BC = 8$ см, который в точке C передаёт движение коромыслу CO_1 длиной $CO_1 = 16$ см.

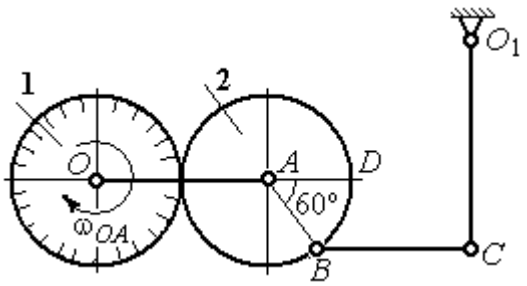


Рис. 2.15. Схема механизма качалки

Определить угловые скорости шестерни 2, шатуна BC, коромысла CO_1, а также скорости точек A, B, C, D в момент, когда кривошип OA и шатун BC горизонтальны и угол $\angle DAB = 60^\circ$.

Решение

Найдём скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 24$ см/с. Вектор скорости точки $\vec{V}_A$ расположен перпендикулярно кривошипу OA и направлен в сторону вращения кривошипа (рис. 2.16).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится в точке касания с неподвижной поверхностью шестерни 1. Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = 4$ рад/с. Направление угловой скорости шестерни 2 определяется направлением вектора скорости $\vec{V}_A$ и на рис. 2.16 показано дуговой стрелкой ω_2.

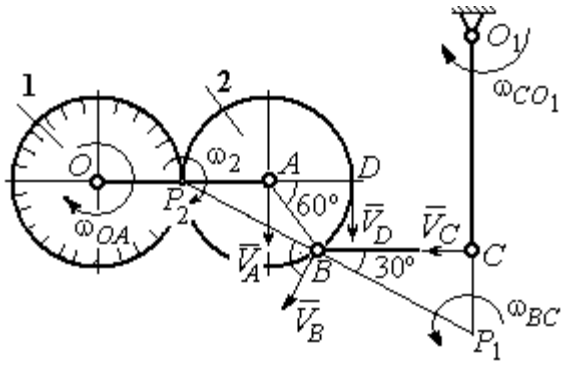


Рис.2.16. Расчётная кинематическая схема механизма качалки

Найдём расстояние P_2B из равнобедренного треугольника P_2AB по теореме косинусов: $P_2B = \sqrt{r^2 + r^2 - 2r^2\cos 120^\circ} = 6\sqrt{3}$ см. Скорость точки B $V_B = \omega_2 \cdot P_2B = 24\sqrt{3}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Скорость точки D: $V_D = \omega_2 \cdot P_2D = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен линии P_2D и направлен в ту же сторону (см. рис. 2.16).

Скорость точки C перпендикулярна линии CO_1. Восстанавливая перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$, получим точку пересечения P_1, которая будет мгновенным центром скоростей шатуна BC. Расстояние $P_1B = \dfrac{BC}{\cos 30^\circ} = \dfrac{16}{\sqrt{3}}$ см.

Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = \dfrac{9}{2}$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по направлению скорости $\vec{V}_B$ и показано дуговой стрелкой ω_{BC}.

Скорость точки C: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_1C = \dfrac{36}{\sqrt{3}}$ см/с. Направление вектора скорости определяется направлением вращения шатуна BC.

Угловая скорость коромысла CO_1: $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = \dfrac{9}{4\sqrt{3}}$ рад/с.

Задача 29. В планетарном механизме (рис. 2.17) кривошип OA длиной OA = 25 см вращается вокруг неподвижной оси O, перпендикулярной плоскости рисунка, с угловой скоростью ω_{OA} = 3,6 рад/с. На конец A кривошипа насажена шестерёнка 2, находящаяся во внутреннем зацеплении с колесом 1 радиуса r_1 = 45 см, соосным с кривошипом OA и вращающимся с угловой скоростью ω_1 = 1 рад/с. Шатун BC, шарнирно соединённый с шестерёнкой 2 на её ободе в точке B, приводит в движение кривошип CO_1. Определить угловые скорости шестерёнки 2, шатуна BC и кривошипа CO_1, скорости точек A, B, C в положении, показанном на рис.2.17, если длина шатуна BC = 100 см, длина кривошипа CO_1 = 50 см.

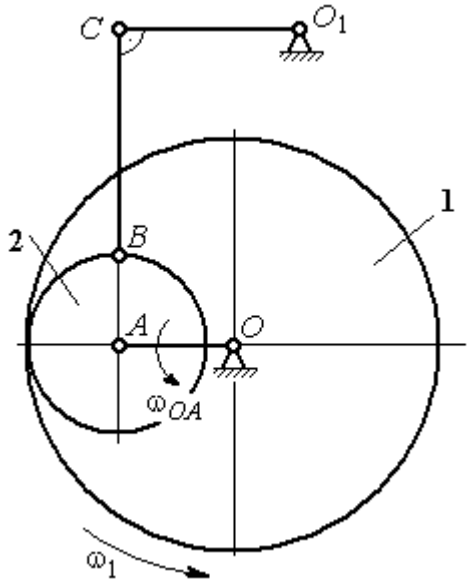


Рис. 2.17. Планетарный механизм

Решение

Найдём скорости точек A и D

$$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 90 \text{ см/с}; \quad V_D = \omega_1 \cdot r_1 = 45 \text{ см/с}.$$

Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен радиусу OD колеса 1 и направлен в сторону вращения колеса (рис. 2.18).

Мгновенный центр скоростей P_2 шестерни 2 находится на пересечении прямой, соединяющей точки A и D, и линии, проходящей через концы векторов $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_D$, изображающих скорости точек A и D Расстояние P_2D от центра скоростей до точки D находится из пропорции $\frac{V_A}{V_D} = \frac{AP_2}{DP_2} = \frac{DP_2 + 20}{DP_2}$, откуда P_2D = 20 см.

Угловая скорость шестерёнки 2 $\omega_2 = \dfrac{V_D}{P_2 D} = 2{,}25$ рад/с. Направление угловой скорости ω_2 показано на рис. 2.18 дуговой стрелкой ω_2.

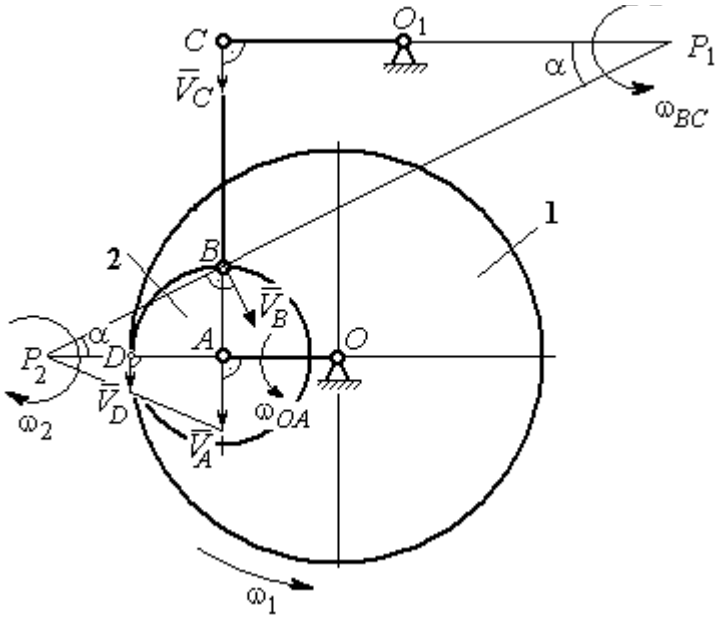


Рис. 2.18. Расчётная кинематическая схема планетарного механизма

Скорость точки *B,* которая находится на ободе шестеренки, $V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = = 45\sqrt{5}$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_2B и направлен в сторону вращения шестерни 2.

Направим вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярно кривошипу CO_1 и восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$. Точка P_1 пересечения перпендикуляров является мгновенным центром скоростей шатуна *BC*. Расстояние P_1B найдём из треугольника P_1BC: $P_1B = \dfrac{BC}{\sin\alpha}$, где $\sin\alpha = \dfrac{AB}{P_2B} = \dfrac{1}{\sqrt{5}}$. Тогда $P_1B = 100\sqrt{5}$ см. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{P_1B} = 0{,}45$ рад/с. Скорость точки *C* шатуна *BC* найдём по теореме о проекциях скоростей. Спроектируем скорости $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_B$ точек *C* и *B* на линию, проходящую через эти точки Имеем: $V_C \cos 0^\circ = V_B \cos\alpha$, откуда $V_C = 90$ см/с.

Угловая скорость кривошипа CO_1 $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{O_1C} = 1{,}8$ рад/с.

Задача 30. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA}. На конец A кривошипа насажена шестерня 2, находящаяся во внешнем зацеплении с неподвижным колесом 1. Радиусы колеса и шестерни r_1 и r_2. Шестерня 2 соединяется с колесом 3 шатуном BC, закреплённым на шестерне в точке B и на колесе в точке C. Колесо 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности. Все соединения шарнирные. Качение шестерни 2 по неподвижному колесу 1 без проскальзывания. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить скорости точек A, B, C и угловые скорости шатуна BC, шестерни 2 и колеса 3, если ω_{OA}= 4 рад/с; r_1= 4 см; $r_2 = r_3$= 8 см.

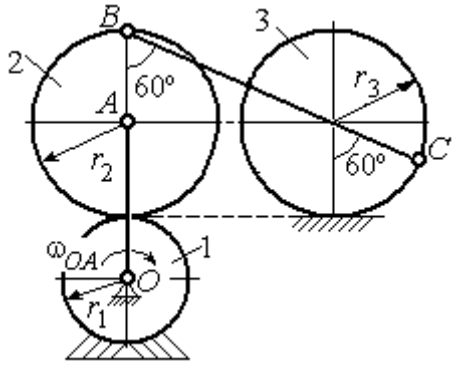


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A кривошипа: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$= 48 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.20).

При качении шестерни 2 по неподвижной поверхности колеса 1 точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни.

Угловая скорость шестерни 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2}$= 6 рад/с.

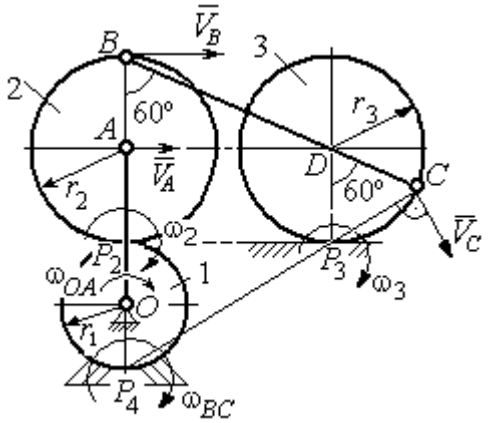


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Скорость точки B шестерни 2 $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 96 см/с.

Точка P_3 касания колеса 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Вектор $\vec{V}_C$ скорости точки C колеса 3 перпендикулярен линии P_3C и направлен в сторону качения колеса (см. рис. 2.20).

Мгновенный центр скоростей шатуна BC – точка P_4 находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям точек B и C. По построению $BP_4 = BC = BD + DC = 2r_2 + r_3 = 24$ см. Угловая скорость шатуна BC $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_4} = 4$ рад/с. Так как $BP_4 = CP_4$, скорости точек C и B $V_C = 96$ см/с.

Угловая скорость колеса 3 $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с.

Задача 31. В плоском механизме (рис. 2.21) кривошип OC, вращаясь вокруг неподвижной оси O, приводит в движение два шатуна CD и CE, присоединённых к кривошипу в точке C. Шатун CE прикреплён в точке E к ободу цилиндрического выступа диска 1, который катится без проскальзывания своим выступом по неподвижному горизонтальному рельсу. К другому шатуну CD в точке D прикреплён ползун, перемещающийся вдоль направления вертикального диаметра диска 1. Все соединения шарнирные. Радиусы диска и цилиндрического выступа $R_1 = 3$ см, $r_1 = 2$ см. Длина шатуна $CE = 4$ см. В заданном положении механизма (см. рис. 2.21) шатун CE горизонтален.

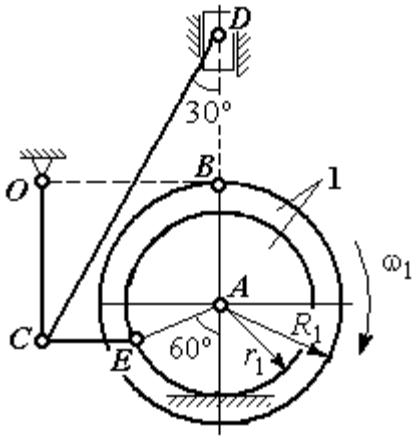


Рис. 2.21. Схема движения плоского механизма

Определить скорости точек A, E, C, D и угловые скорости диска 1, шатунов CE, CD и кривошипа CO, если известна скорость точки B на ободе диска 1 $V_B = 10$ см/с и направление ω_1 угловой скорости диска.

Решение

Изобразим вектор скорости точки B диска 1 в соответствии с заданным направлением его движения. При качении диска 1 по неподвижной поверхности рельса точка P_1 касания обода выступа с поверхностью рельса является его мгновенным центром скоростей (рис. 2.22).

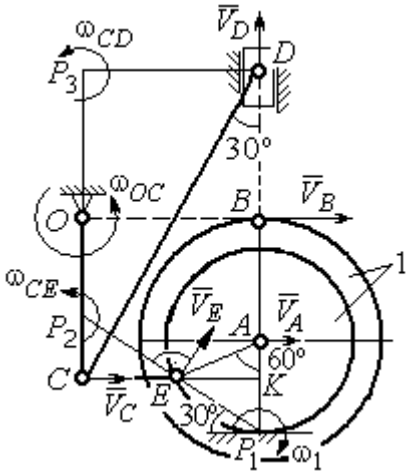


Рис. 2.22. Расчётная схема для определения скоростей точек и угловых скоростей звеньев механизма

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{BP_1} = 2$ рад/с. Скорость точки A $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = 4$ см/с. Скорость точки E $V_E = \omega_1 \cdot EP_1 = 4$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ и вектор скорости $\vec{V}_E$ перпендикулярны, соответственно, линиям AP_1 EP_1 и направлены в сторону вращения диска.

Шатун CE совершает плоскопараллельное движение. Скорость точки C шатуна неизвестна по величине, но известно, что вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен кривошипу OC и направлен вдоль CE в сторону точки E. Мгновенный центр скоростей P_2 шатуна CE находится на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_E$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 2.22).

Расстояние $EP_2 = \dfrac{EC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см. Угловая скорость шатуна CE $\omega_{CE} = \dfrac{V_E}{EP_2} = 0{,}86$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна, определяемое по направлению скорости точки E, на рис. 2.22 показано дуговой стрелкой ω_{CE}. Скорость точки C шатуна CE $V_C = \omega_{CE} \cdot CP_2 = \dfrac{V_E}{2} = 2$ см/с.

Длина кривошипа $OC = BK = R_1 + r_1 \sin 30^\circ = 4$ см. Угловая скорость кривошипа $\omega_{OC} = \dfrac{V_C}{OC} = 0{,}5$ рад/с.

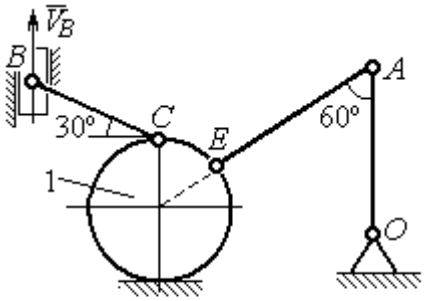
Для шатуна CD известны величина и направление вектора $\vec{V}_C$ скорости точки C и направление вектора $\vec{V}_D$ скорости точки D. Мгновенный центр скоростей шатуна CD находится в точке P_3, полученной на пересечении перпендикуляров, восстановленных к скоростям $\vec{V}_C$ и $\vec{V}_D$.

Расстояние $CP_3 = DK = (CE + r_1 \cos 30^\circ)\operatorname{ctg} 30^\circ = 9{,}92$ см (см. рис. 2.22). Угловая скорость шатуна CD: $\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}21$ рад/с.

Скорость ползуна D: $V_D = \omega_{CD} DP_3 = \omega_{CD}(CE + r_1 \cos 30^\circ) = 1{,}2$ см/с.

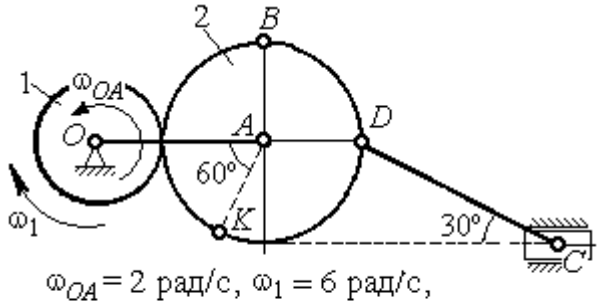
Упражнения

Упражнение 2.3



$R_1 = 2$ см, $OA = AE = 6$ см,
$BC = 5$ см, $V_B = 5$ см/с.
Найти: $\omega_{OA}, \omega_{AE}, \omega_{CB}, \omega_1, V_C, V_A, V_E$

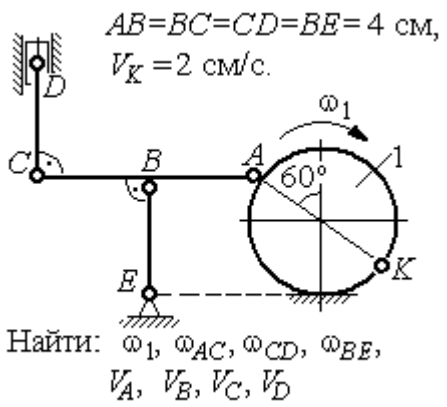
Упражнение 2.4



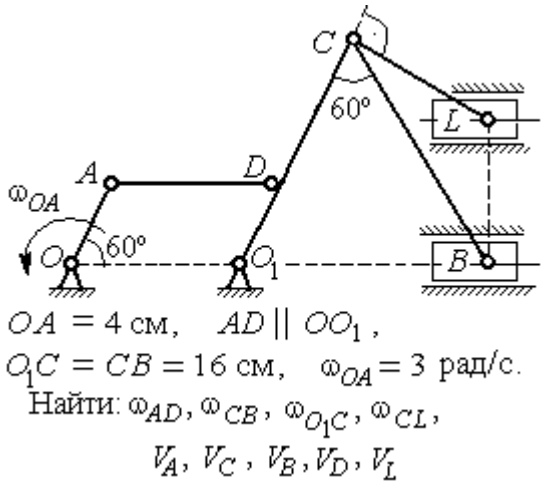
$\omega_{OA} = 2$ рад/с, $\omega_1 = 6$ рад/с,
$r_1 = 3$ см, $r_2 = 6$ см.
Найти: $\omega_2, \omega_{DC}, V_B, V_K, V_D, V_C$

Рис. 2.23. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.3, 2.4

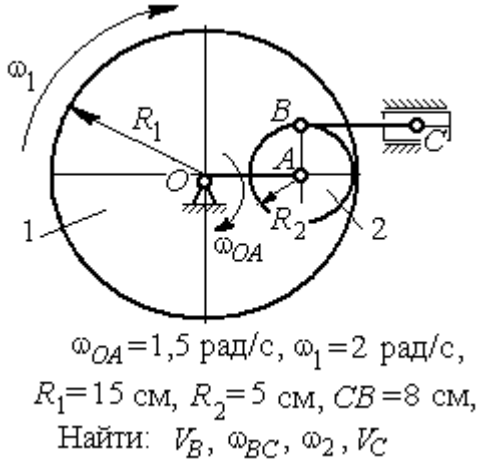
Упражнение 2.5



Упражнение 2.6



Упражнение 2.7



Упражнение 2.8

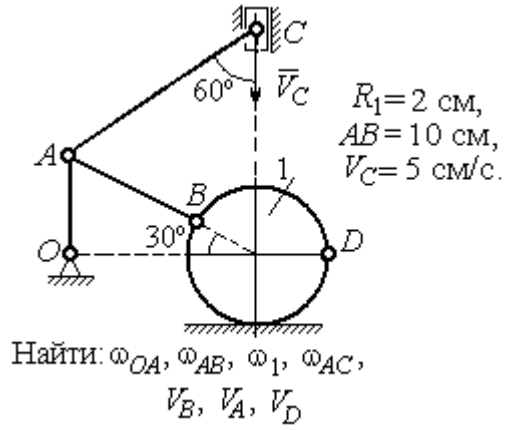


Рис. 2.24. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.5 – 2.8

2.4. Ускорения точек при плоскопараллельном движении твёрдого тела

Ускорение любой точки M плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов $\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и

нормальная составляющие ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса *A* (рис. 2.25).

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки *M* к полюсу *A*. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку *AM* в сторону вращения, если оно ускоренное (см. рис. 2.25, *a*), и против вращения, если оно замедленное (см. рис. 2.25, *b*). Величины касательного и нормального составляющих ускорения точки *M* определяются по формулам:

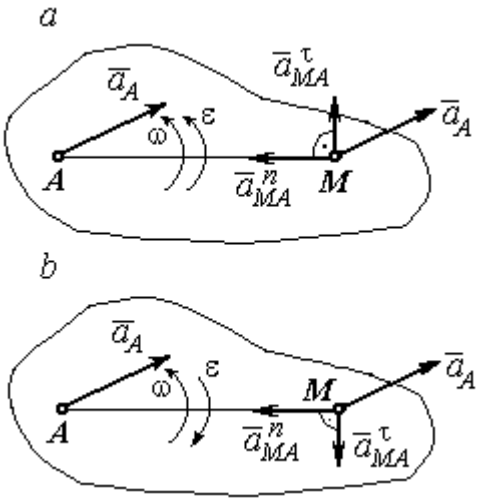


Рис. 2.25. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM$; $a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки *M* до полюса *A*.

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса *A* и точки *M*, то для определения ускорения точки *M* используется векторное равенство $\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA}$, где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *M* и полюса *A* при движении их по заданным траекториям.

Примеры решения задач на определение ускорений точек

Задача 32. Поршень *D* гидравлического пресса приводится в движение шарнирно-рычажным механизмом *OABD*. В положении механизма, указанном на рис. 2.26, точка *L* рычага имеет скорость $V_L = 0{,}6$ м/с и ускорение $a_L = 0{,}5$ м/с^2. Длина рычага $OA = 2 \cdot AL = 0{,}6$ м, длина звена $AB = 0{,}4$ м. Определить скорость и ускорение поршня *D*, угловую скорость и ускорение звена *AB*.

Решение

Найдём угловую скорость рычага OL: $\omega_{OL} = \dfrac{V_L}{OL} = \dfrac{2}{3}$ рад/с.

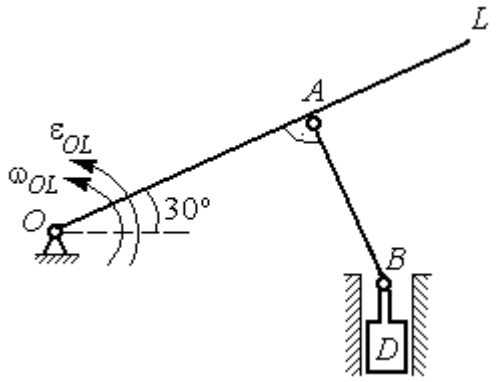


Рис. 2.26. Шарнирно-рычажный механизм гидравлического пресса

Ускорение точки L представляется в виде суммы векторов нормального и касательного ускорений: $\vec{a}_L = \vec{a}_L^{\,\tau} + \vec{a}_L^{\,n}$ (рис. 2.27). Модуль нормального ускорения точки L $a_L^n = \omega_{OL}^2 \cdot OL = 0{,}4$ м/с^2. Модуль её касательного ускорения и угловое ускорение рычага, соответственно, равны:

$$a_L^{\tau} = \sqrt{a_L^2 - (a_L^n)^2} = 0{,}3 \text{ м/с}^2, \quad \varepsilon_{OL} = \frac{a_L^{\tau}}{OL} = \frac{1}{3} \text{ рад/с}^2.$$

Скорость $\vec{V}_A$ точки A перпендикулярна рычагу OL и направлена в сторону вращения рычага. Её модуль $V_A = \omega_{OL} \cdot OA = 0{,}4$ м/с. Скорость $\vec{V}_B$ точки B направлена вертикально вверх вдоль линии движения поршня. Направления векторов скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ показаны на рис. 2.27. Точка P_1 – пересечения перпендикуляров, восстановленных к векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ - определяет положение мгновенного центра скоростей звена AB. Расстояние $AP_1 = P_1B \cdot \cos 30^\circ = 0{,}4\sqrt{3}$ м.

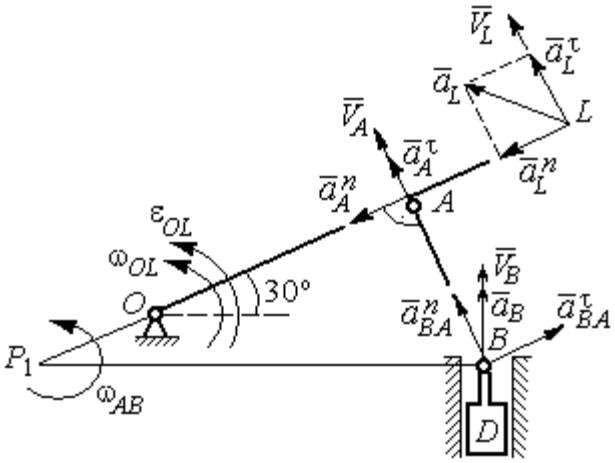


Рис. 2.27. Расчётная кинематическая схема механизма

Угловая скорость звена AB $\omega_{AB} = \dfrac{V_A}{P_1A} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}$ рад/с.

Представим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{BA}$, $\vec{a}^{n}_{BA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении звена AB вокруг полюса A. Так как траекторией точки A является окружность с центром в точке O, ускорение этой точки может быть разложено на две составляющие: $\vec{a}_A = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A}$. В результате ускорение точки B представляется в виде векторной суммы $\vec{a}_B = \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{BA}$. Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.27.

Модули ускорений:

$$a^{n}_{A} = \omega^{2}_{OL} \cdot OA = 0{,}27 \text{ см/с}^2;\ a^{n}_{BA} = \omega^{2}_{AB} \cdot AB = 0{,}13 \text{ см/с}^2;$$

$$a^{\tau}_{A} = \varepsilon_{OL} \cdot OA = 0{,}2 \text{ см/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_{AB} \cdot AB$ остаётся неизвестной величиной, так как угловое ускорение ε_{AB} звена AB неизвестно.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки B на оси x, y, где ось x проходит вдоль линии звена AB, ось y – перпендикулярна ей (рис. 2.28). Получим равенства:

$$a_B \cdot \cos 30^\circ = a^{\tau}_{A} + a^{n}_{BA};\ \ a_B \cdot \cos 60^\circ = -a^{n}_{A} + a^{\tau}_{BA}.$$

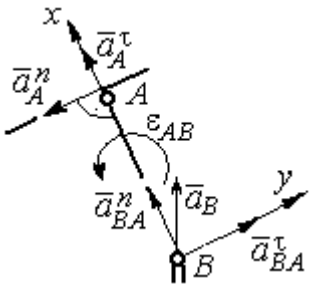


Рис. 2.28. Вычисление проекций векторов ускорений

Решая систему уравнений, находим модуль ускорения точки B: $a_B = 0{,}38$ см/с^2 и величину касательного ускорения: $a^{\tau}_{BA} = 0{,}46$ см/с^2. Угловое ускорение стержня AB $\varepsilon_{AB} = \dfrac{a^{\tau}_{BA}}{AB} = 1{,}15$ рад/с^2. Направление углового ускорения ε_{AB} звена AB определяется направлением вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ касательного ускорения точки B при вращении звена вокруг полюса A (см. рис. 2.28).

Ускорение поршня D равно ускорению точки B: $a_D = a_B = 0{,}38$ см/с^2.

Задача 34. Колесо 1 радиуса $r_1 = 0{,}6$ м катится без скольжения по прямолинейному участку пути и приводит в движение шатун 2, соединённый шарнирно с колесом в точке B на его ободе. На другом конце шатуна в точке C к нему присоединён ползун, перемещающийся горизонтально (рис. 2.29).

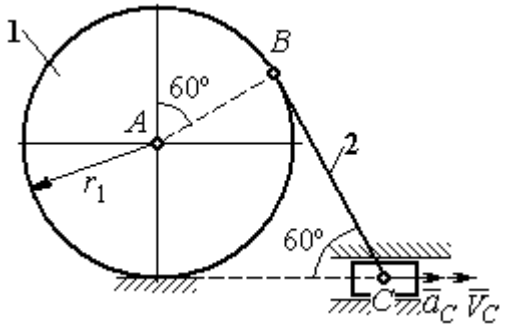


Рис. 2.29. Механизм, связывающий качение колеса с поступательным движением ползуна

В положении механизма, показанном на рис. 2.29, найти ускорение центра A колеса 1, его угловое ускорение, а также угловое ускорение шатуна 2, если заданы скорость и ускорение ползуна C: $V_C = 9$ м/с; $a_C = 4$ м/с^2.

Решение

При качении диска 1 по неподвижной поверхности точка P_1 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей диска. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B. Восстановим перпендикуляры к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$. Их пересечение в точке P_2 определяет положение мгновенного центра скоростей шатуна 2 (рис. 2.30).

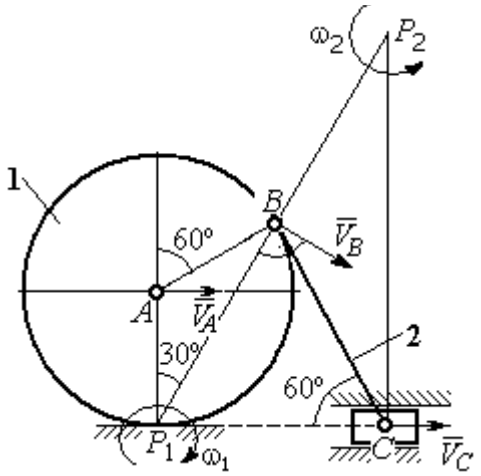


Рис. 2.30. Расчётная схема механизма для определения скоростей точек

Вычислим необходимые расстояния.

Расстояние P_1B (см. рис. 2.30) найдём из треугольника P_1AB по теореме косинусов: $P_1B = r_1\sqrt{3} = 1{,}04$ м. Из построения мгновенных центров скоростей P_1 и P_2 следует: $P_1B = BP_2 = BC$. Расстояние P_2C определяется из треугольника P_1P_2C: $P_2C = P_1P_2 \cdot \cos 30^\circ = 1{,}8$ м.

Угловая скорость шатуна 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{P_2C}$ = 5рад/с. Направление угловой скорости ω_2 определяется направлением скорости $\vec{V}_C$.

Скорость точки *B* найдём по формуле $V_B = \omega_2 \cdot P_2B$ = 5,2 м/с.

Угловая скорость диска 1 $\omega_1 = \dfrac{V_B}{P_1B}$ = 5 рад/с. Скорость центра колеса 1 $V_A = \omega_1 \cdot P_1A$ = 3 м/с.

Найдём ускорение точки *A*.

Примем точку *B* за полюс и выразим ускорение точки *A* через полюс *B*: $\vec{a}_A = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,\tau}_{AB} + \vec{a}^{\,n}_{AB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса *B*; $\vec{a}^{\,\tau}_{AB}$, $\vec{a}^{\,n}_{AB}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *A* при вращении диска 1 вокруг полюса *B* (рис. 2.31). Направления ускорения точки $\vec{a}_A$ и касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{AB}$ точки *A* выбраны в предположении ускоренного движения диска.

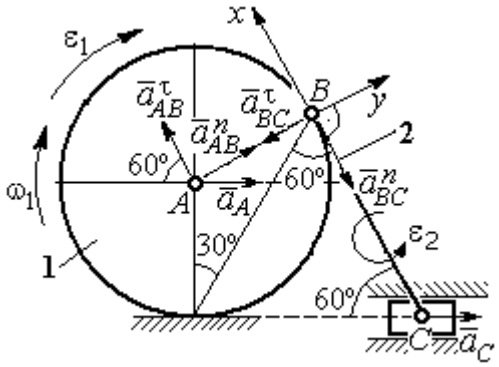


Рис. 2.31. Расчётная схема механизма для определения ускорений точек

Ускорение полюса *B* выразим через полюс *C*: $\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{BC} + \vec{a}^{\,n}_{BC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение полюса *C*; $\vec{a}^{\,\tau}_{BC}$, $\vec{a}^{\,n}_{BC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки *B* при вращении шатуна 2 вокруг полюса *C*. Направление касательной составляющей ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{BC}$ точки *B* выбрано в направлении вращения шатуна 2 (см. рис. 2.30) исходя из предположения его ускоренного движения. В результате ускорение точки *A* выражается векторной суммой:

$$\vec{a}_A = \vec{a}^{\,\tau}_{AB} + \vec{a}^{\,n}_{AB} + \vec{a}^{\,\tau}_{BC} + \vec{a}^{\,n}_{BC} + \vec{a}_C.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.31.

Заметим, что в любой момент времени движения колеса 1 расстояние от точки A до мгновенного центра скоростей колеса P_1 остаётся постоянным, равным радиусу колеса. Дифференцируем выражение $V_A = \omega_1 \cdot P_1A = \omega_1 \cdot r_1$. Получим $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_1}{dt} r_1 = \varepsilon_1 \cdot r_1$, откуда с учётом $\frac{dV_A}{dt} = a_A$ (прямолинейное движение точки A) угловое ускорение диска 1 $\varepsilon_1 = \frac{a_A}{r_1}$. В результате, касательное ускорение a^{τ}_{AB} точки A при вращении диска 1 вокруг полюса B $a^{\tau}_{AB} = \varepsilon_1 \cdot AB = a_A$.

Найдём модули векторов ускорений:

$$a^n_{AB} = \omega_1^2 \cdot AB = 15 \text{ м/с}^2;\ a^n_{BC} = \omega_2^2 \cdot BC = 26 \text{ м/с}^2.$$

Ускорение $a^{\tau}_{BC} = \varepsilon_2 \cdot BC$ остаётся неизвестным. Применить здесь способ дифференцирования выражения $V_C = \omega_2 \cdot P_2C$ для определения углового ускорения ε_2 невозможно, так как расстояние P_2C от мгновенного центра скоростей P_2 шатуна 2 до точки C меняется во время движения механизма неизвестным образом.

Спроектируем векторное равенство ускорения точки A на оси x, y, выбранные, как показано на рис. 2.31. Получим систему уравнений:

$$\text{проекция на ось } x\text{: } -a_A\cos60^\circ = a^{\tau}_{AB} - a^n_{BC} - a_C\cos60^\circ;$$

$$\text{проекция на ось } y\text{: } a_A\cos30^\circ = a^n_{AB} - a^{\tau}_{BC} + a_C\cos30^\circ.$$

Из первого уравнения с учётом того, что $a^{\tau}_{AB} = a_A$, найдём ускорение точки A: a_A = 18,67 м/с^2. Положительное значение ускорения точки A означает, что вектор $\vec{a}_A$ направлен так, как показано на рис. 2.31, – в сторону направления вектора скорости $\vec{V}_A$. Из этого следует, что диск 1 движется ускоренно и угловое ускорение направлено в сторону его угловой скорости.

Из второго уравнения получим: $a_{BC}^{\tau} = 2{,}29$ м/с^2. Угловое ускорение шатуна 2: $\varepsilon_2 = \dfrac{\left|a_{BC}^{\tau}\right|}{BC} = 2{,}2$ рад/с^2. Из того, что касательное ускорение a_{BC}^{τ} положительно, следует, что направление вектора $\vec{a}_{BC}^{\tau}$ совпадает с направлением, указанным на рис. 2.31. Это, в свою очередь, означает, что в данном положении механизма угловое ускорение шатуна 2 направлено так, как показано на рис. 2.31, – по направлению его угловой скорости, то есть шатун 2 вращается ускоренно.

Задача 35. По неподвижной шестерне 1 радиуса r_1 обкатывается шестерня 2 радиуса r_2, насаженная в центре на кривошип OA (рис. 2.32). Кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. На ободе шестерни 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный другим концом с центром C диска 3, катящегося без скольжения вдоль горизонтальной прямой. Радиус диска 3 равен радиусу шестерни 2: $r_3 = r_2$. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.32, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если $r_1 = 0{,}2$ м, $r_2 = 0{,}4$ м, $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2. Длина стержня $BC = 1$ м.

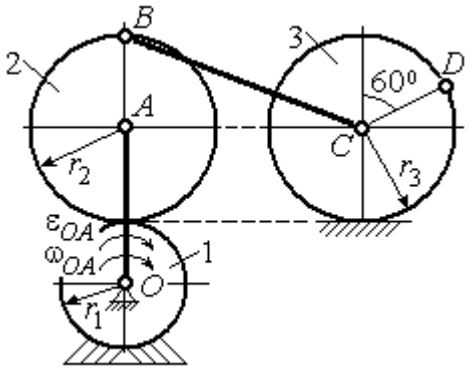


Рис. 2.32. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость его точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 2{,}4$ м/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону его вращения (рис. 2.33).

При качении подвижной шестерни 2 по неподвижной 1, точка их соприкосновения P_2 является мгновенным центром скоростей шестерни 2. Угловая скорость шестерни 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} =$ 6 рад/с. Скорость точки B шестерни 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2 =$ 4,8 м/с.

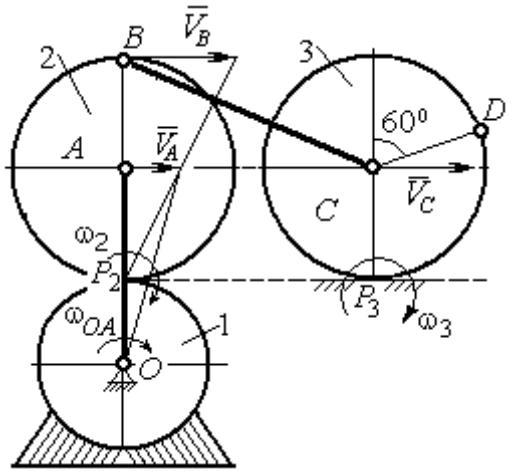


Рис. 2.33. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (или бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю и стержень совершает мгновенное поступательное движение. При таком движении мгновенные скорости всех точек стержня BC одинаковы по величине и направлению. Таким образом, $\omega_{BC} = 0$; $V_C = V_B =$ 4,8 м/с.

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания диска с поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} =$ 12 рад/с. Направление угловой скорости ω_3 определяется направлением вектора $\vec{V}_C$.

Найдём ускорения точек и угловые ускорения звеньев механизма.

Выразим ускорение $\vec{a}_C$ точки C, направленное вдоль линии движения центра колеса 3, через полюс B. Ускорение представляется векторной суммой: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – вектор ускорения полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении

стержня BC вокруг полюса B. Вектор $\vec{a}^{n}_{CB}$ направлен вдоль стержня от точки C к полюсу B, вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ перпендикулярен стержню BC. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ выбрано по предполагаемому угловому ускорению стержня BC, показанному на рис. 2.34 дуговой стрелкой ε_{CB}.

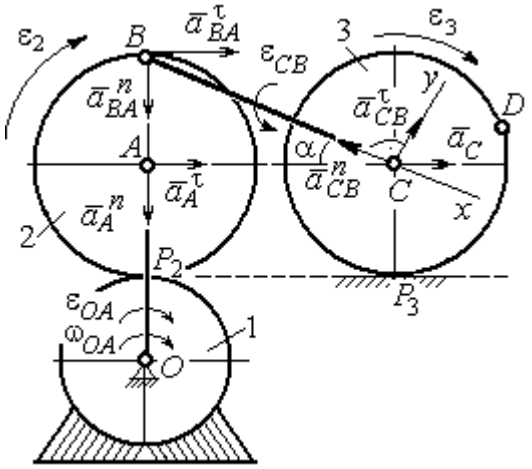


Рис. 2.34. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

Рассмотрим плоскопараллельное движение шестерни 2 и выразим ускорение точки B через полюс A в виде векторного равенства: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении шестерни 2 вокруг полюса A. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса шестерни от точки B к полюсу A, вектор $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ перпендикулярен линии BA. Направление вектора $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ соответствует ускоренному вращению шестерни 2.

Рассмотрим вращение кривошипа OA. Вектор ускорения точки A кривошипа при вращении его вокруг неподвижной оси O представляется в виде суммы: $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A}$, где $\vec{a}^{n}_{A}$ и $\vec{a}^{\tau}_{A}$ – вектора нормальной и касательной составляющих ускорения точки A. Вектор $\vec{a}^{n}_{A}$ направлен вдоль кривошипа по направлению к оси вращения, вектор $\vec{a}^{\tau}_{A}$ перпендикулярен кривошипу и направлен в сторону углового ускорения ε_{OA} вращения кривошипа.

В результате для определения ускорения точки C имеем векторное равенство:

$$\vec{a}_C = \vec{a}^{n}_{A} + \vec{a}^{\tau}_{A} + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA} + \vec{a}^{n}_{CB} + \vec{a}^{\tau}_{CB}.$$

Направления всех векторов ускорений показаны на рис. 2.34.

Вычислим модули векторов, составляющих векторную сумму:

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 9{,}6 \text{ м/с}^2; \quad a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 1{,}2 \text{ м/с}^2;$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 \cdot BA = 14{,}4 \text{ м/с}^2; \quad a_{CB}^n = \omega_{BC}^2 \cdot BC = 0.$$

Заметим, что во время движения шестерни 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным r_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 r_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} r_2$. При криволинейном движении точки A производная от скорости равна касательному ускорению: $\frac{dV_A}{dt} = a_A^\tau$. С учётом, что $\frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2$, получим: $a_A^\tau = \varepsilon_2 r_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a_A^\tau}{r_2} = 3$ рад/с^2 и $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 1{,}2$ м/с^2.

Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.34, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроектируем на них векторное равенство ускорения точки C. Получим систему уравнений:

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha - a_{CB}^n;$$

$$a_C \sin\alpha = -a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha - a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC, $\sin\alpha = \frac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$.

Находим из первого уравнения ускорение точки C: $a_C = 12{,}83$ м/с^2, из второго – касательное ускорение точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B: $a_{CB}^\tau = 33{,}95$ м/с^2. Величина углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \frac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 33{,}95$ рад/с^2. Положительное значение a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ направлен так, как показано на рис. 2.34. Тогда и

направление углового ускорения ε_{CB} стержня BC совпадает с направлением, показанным дуговой стрелкой на рис. 2.34.

При качении диска 3 точка C движется по прямой и расстояние CP_3 остается постоянным, равным радиусу диска 3. В этом случае равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 r_3$ можно продифференцировать по времени. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} r_3$. Так как движение точки C является прямолинейным, производная от скорости точки C равна ускорению этой точки: $\frac{dV_C}{dt} = a_C$. Тогда с учётом $\frac{d\omega_3}{dt} = \varepsilon_3$ имеем равенство $a_C = \varepsilon_3 r_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{r_3} = 32{,}07$ рад/с^2.

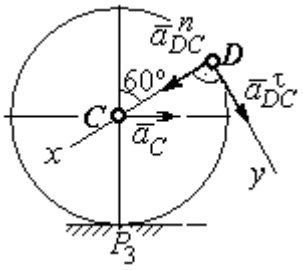


Рис.2.35. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Выразим ускорение точки D через полюс C, ускорение которого известно и по величине, и по направлению: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^n_{DC} + \vec{a}^\tau_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C; $\vec{a}^n_{DC}$, $\vec{a}^\tau_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Модули ускорений

$$a_C = 12{,}83 \text{ м/с}^2;\ a^n_{DC} = \omega_3^2 DC = 57{,}6 \text{ м/с}^2;\ a^\tau_{DC} = \varepsilon_3 DC = 12{,}83 \text{ м/с}^2.$$

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.34, и спроектируем векторное равенство ускорения точки D на оси. Получим систему уравнений:

$$a_{Dx} = -a_C \cos 30^\circ + a^n_{DC};\quad a_{Dy} = a_C \cos 60^\circ + a^\tau_{DC}.$$

Подставляя в уравнения проекций значения модулей ускорений, найдём: $a_{Dx} = 46{,}49$ м/с^2; $a_{Dy} = 19{,}25$ м/с^2.

Величина ускорения точки D: $a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 50{,}32$ м/с^2.

Заметим, что для определения ускорения точки D невозможно было сразу использовать приём с последовательным выражением ускорения точки D через

ускорения полюсов C, B и A, так как в полученной в результате проекций системе двух уравнений будет три неизвестных величины - a_{Dx}, a_{Dy} и величина ускорения a_{CB}^{τ}.

Задача 36. Механизм качалки (рис. 2.36) включает в себя кривошип OA, вращающийся вокруг неподвижной оси O, шестерню 1 радиуса r_1, насаженную на кривошип в точке A и обкатывающуюся по неподвижной цилиндрической поверхности, и шатун BC, присоединённый одним концом в точке B к шестерне, а другим – в точке C к коромыслу CO_1. В положении, указанном на рис. 2.36, определить угловую скорость и угловое ускорение коромысла CO_1, если ω_{OA} = 2 рад/с; ε_{OA} = 4 рад/с^2; OA = 0,8 м; r_1 = 0,4 м; AB = 0,2 м; BC = 0,6 м. Для этого же положения определить ускорение точки C.

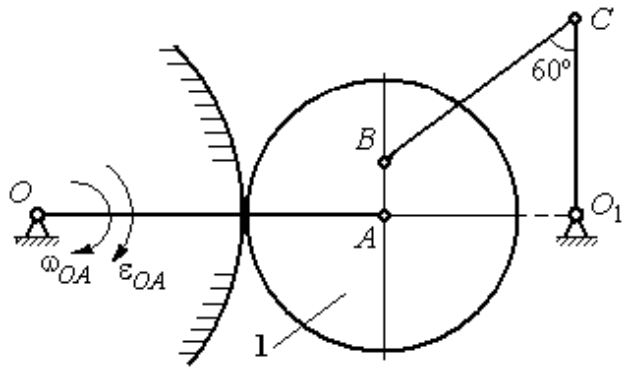


Рис. 2.36. Механизм качалки

Решение

Найдём угловые скорости звеньев механизма.

Скорость точки A кривошипа $V_A = \omega_{OA} \cdot OA$ = 1,6 м/с. Вращаясь, кривошип передаёт движение шестерне 1, которая катится по неподвижной поверхности. Точка касания P_1 шестерни с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей шестерни. Тогда её угловая скорость $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1}$ = 4 рад/с. Направление угловой скорости показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_1.

Расстояние от мгновенного центра скоростей шестерни до её точки B P_1B = 0,45 м. Скорость точки B: $V_B = \omega_1 \cdot P_1B$ = 1,8 м/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен линии P_1B и направлен в сторону вращения шестерни.

При вращении коромысла CO_1 вокруг неподвижной оси O_1 вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен коромыслу. Точка P_2, лежащая на пересечении перпендикуляров, восстановленных к векторам $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ – скоростей точек B и C, является мгновенным центром скоростей шатуна BC (рис. 2.37). Расстояние $BK = BC\cos 30^\circ = 0{,}52$ м; $\cos\alpha = \dfrac{AP_1}{BP_1} = 0{,}89$; $P_2B = \dfrac{BK}{\cos\alpha} = 0{,}58$ м. Угловая скорость шатуна $\omega_{BC} = \dfrac{V_B}{BP_2} = 3{,}1$ рад/с. Направление угловой скорости шатуна показано на рис. 2.37 дуговой стрелкой ω_{BC}.

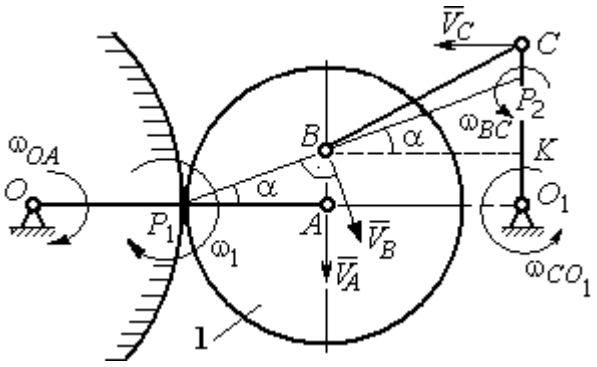


Рис. 2.37. Расчётная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

Расстояние $P_2C = BC \cdot \sin 30^\circ - P_2B \cdot \sin\alpha = 0{,}04$ м. Скорость точки C шатуна BC: $V_C = \omega_{BC} \cdot P_2C = 0{,}12$ м/с. Длина коромысла $CO_1 = CK + KO_1 = 0{,}5$ м, угловая скорость коромысла $\omega_{CO_1} = \dfrac{V_C}{CO_1} = 0{,}24$ рад/с.

Найдём ускорения звеньев механизма.

Считая, что точка C принадлежит шатуну BC, выразим ускорение точки C через полюс B: $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение полюса B; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении шатуна вокруг полюса B.

Полагая, что точка B принадлежит шестерне 1, выразим её ускорение через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{\,n}_{BA} + \vec{a}^{\,\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение точки A шестерни; $\vec{a}^{\,n}_{BA}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки B при вращении шестерни вокруг полюса A.

Поскольку точка A принадлежит и кривошипу OA, а точка C – коромыслу CO_1, вращающихся вокруг своих неподвижных осей, вектора ускорений этих точек можно представить в виде сумм векторов:

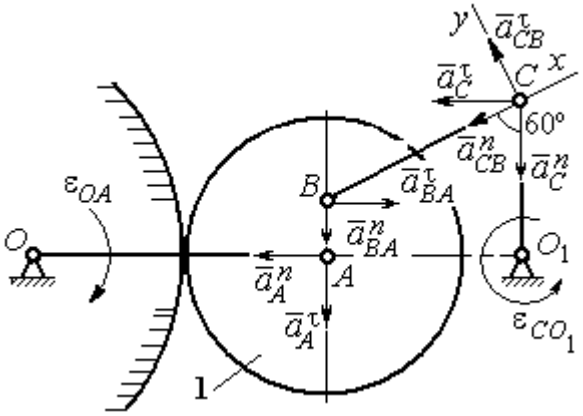


Рис. 2.38. Расчётная схема для определения ускорений точек механизма

$$\vec{a}_A = \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau},\ \vec{a}_C = \vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau},$$

где $\vec{a}_A^{\,n}$, $\vec{a}_A^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки A при вращении кривошипа вокруг оси O; $\vec{a}_C^{\,n}$, $\vec{a}_C^{\,\tau}$ – нормальная и касательная составляющие вектора ускорения точки C при вращении коромысла вокруг оси O_1.

В результате подстановок получим полное векторное равенство, связывающее ускорения точек механизма:

$$\vec{a}_C^{\,n} + \vec{a}_C^{\,\tau} = \vec{a}_{CB}^{\,n} + \vec{a}_{CB}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n} + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_A^{\,n} + \vec{a}_A^{\,\tau}.$$

Направления векторов ускорений показаны на рис. 2.38.

Модули векторов ускорений:

$$a_C^n = \omega_{CO_1}^2 \cdot CO_1 = 0{,}03 \text{ м/с}^2;\ \ a_{CB}^n = \omega_{CB}^2 \cdot CB = 5{,}77 \text{ м/с}^2,$$

$$a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 3{,}2 \text{ м/с}^2,$$

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 \cdot BA = 3{,}2 \text{ м/с}^2;\ \ a_{BA}^\tau = \varepsilon_1 \cdot BA.$$

Для определения ε_1 углового ускорения шестерни 1 продифференцируем равенство $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 r_1$. Получим: $a_A^\tau = \varepsilon_1 r_1$, откуда $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A^\tau}{r_1} = 8$ рад/с^2.

Тогда $a_{BA}^\tau = 1{,}6$ м/с^2.

Неизвестными в векторном равенстве ускорений остаются модули векторов $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ и $\vec{a}^{\tau}_{C}$. Выберем ось x вдоль шатуна BC, как показано на рис. 2.38, и спроектируем на неё полное векторное равенство.

Получим уравнение:

$$-a^{n}_{C}\cos 60^{\circ} - \vec{a}^{\tau}_{C}\cos 30^{\circ} = -a^{n}_{CB} - a^{n}_{BA}\cos 60^{\circ} + a^{\tau}_{BA}\cos 30^{\circ} - a^{n}_{A}\cos 30^{\circ} - a^{\tau}_{A}\cos 60^{\circ},$$

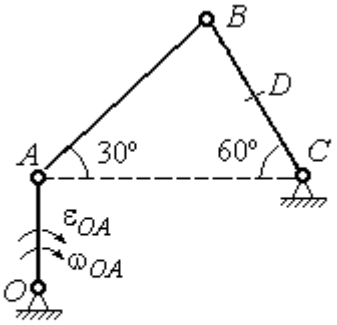
откуда найдём ускорение a^{τ}_{C} = 11,94 м/с^2. Угловое ускорение качалки

$$\varepsilon_{CO_1} = \frac{\left|a^{\tau}_{C}\right|}{CO_1} = 23{,}88 \text{ рад/с}^2.$$

Положительное значение касательного ускорения a^{τ}_{C} свидетельствует о том, что направление вектора ускорения $\vec{a}^{\tau}_{C}$ совпадает с направлением, показанным на рис. 2.38. В эту же сторону направлена и скорость $\vec{V}_C$ точки C (см. рис. 2.37). Следовательно, в данном положении движение качалки ускоренное и угловое ускорение направлено в сторону угловой скорости.

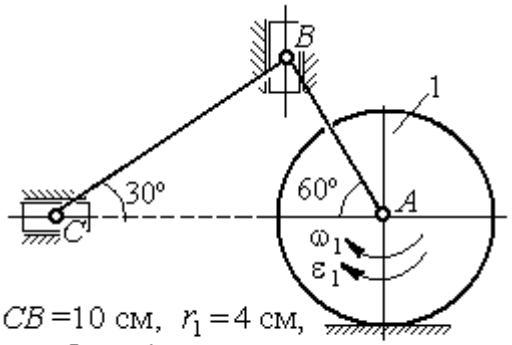
Упражнения

Упражнения 2.9



$OA = 4$ см, $BD = DC = 4$ см,
$\omega_{OA} = 3$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки D

Упражнения 2.10



$CB = 10$ см, $r_1 = 4$ см,
$\omega_1 = 3$ рад/с, $\varepsilon_1 = 2$ рад/с^2.
Найти ускорение точки C

Рис. 2.39. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 2.9, 2.10

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия и определения сложного движения точки

Рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Неподвижная система координат, относительно которой определяются движения точки и тела, называется **основной**. Связанная с телом и движущаяся вместе с ним система координат называется **подвижной.**

Движение точки относительно подвижной системы координат (фактически движение точки относительно тела) называется **относительным**. **Переносным** движением называют движение, которое совершает точка вместе с подвижной системой координат (фактически вместе с телом). Движение точки относительно основной (неподвижной) системы координат называется **абсолютным.**

Скорость точки относительно подвижной системы координат называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Переносной скоростью точки и **переносным ускорением** называют скорость и ускорение той точки тела, с которой в данный момент совпадает движущаяся точка.

Скорость и ускорение точки относительно основной системы называют **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **скорость абсолютного движения точки равна векторной сумме переносной и относительной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **абсолютное ускорение точки равно векторной сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса:** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ –

вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_{\text{к}}$ – вектор ускорения Кориолиса.

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением: $\vec{a}_{\text{к}} = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_{\text{к}}| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$ и вектором относительной скорости точки $\vec{V}_r$ (рис. 3.1).

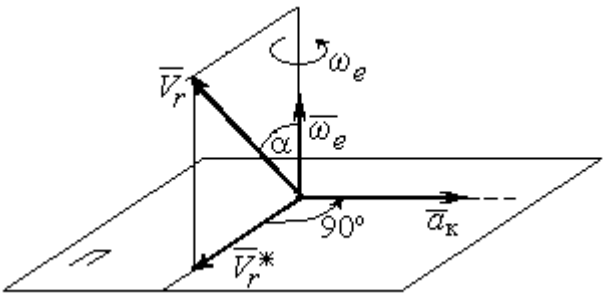


Рис. 3.1. Определение ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

На рис. 3.1 показан способ определения вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем. Построим плоскость *П*, перпендикулярную вектору угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроектируем вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости *П* вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. При этом модуль ускорения Кориолиса $a_{\text{к}} = 2|\omega_e| \cdot |V_r| \sin 90^\circ = 2\omega_e V_r$.

Примеры решения задач на сложное движение точки

Задача 37. Компрессор с криволинейными каналами (рис. 3.2) вращается с постоянной угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с вокруг оси *O*, перпендикулярной плоскости рисунка. Воздух перемещается по каналу *AB* с постоянной относительной скоростью $V_r = 4$ м/с. Найти ускорение частицы воздуха в начале канала в точке *A* и проекции этого ускорения на оси неподвижной системы координат *xOy*, если радиус $OA = 0{,}5$ м, радиус кривизны канала в точке *A* $\rho = 0{,}8$ м, угол между нормалью *n* к кривой *AB* в точке *A* и радиусом *OA* $\alpha = 30^\circ$.

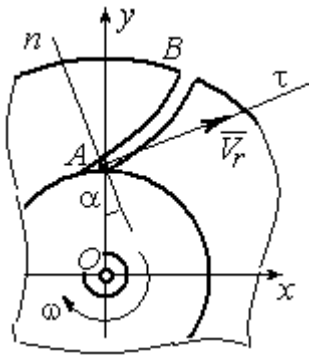


Рис.3.2. Движение воздуха по каналу компрессора

Решение

Переносным движением для частицы воздуха будет вращательное движение компрессора, а скорость точки *A* компрессора, где по условию находится частица воздуха, будет её переносной скоростью: $V_e = \omega \cdot OA = 5$ м/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости частицы перпендикулярен радиусу *OA* и направлен в сторону угловой скорости вращения компрессора (рис. 3.3).

Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости частицы воздуха направлен вдоль касательной к кривой *AB* (стенки канала) в точке *A*.

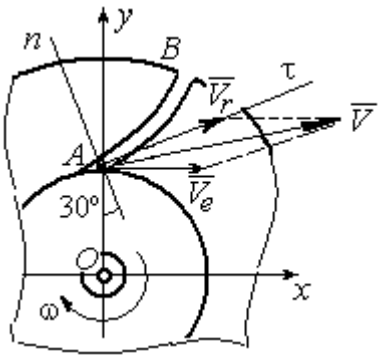


Рис. 3.3. Построение вектора абсолютной скорости частицы

Вектор абсолютной скорости частицы воздуха равен геометрической сумме векторов относительной и переносной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$ (см. рис. 3.3). Спроектируем это векторное равенство на оси *x*, *y*. Получим систему уравнений:

$$V_x = V_e + V_r \cos 30^\circ = 8{,}46 \text{ м/с}; \; V_y = V_r \cos 60^\circ = 2 \text{ м/с}.$$

Модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 8{,}69$ м/с.

Найдём ускорение частицы воздуха.

Абсолютное ускорение частицы определяется по теореме сложения ускорений:

$$\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_{\text{к}}.$$

В относительном движении частица движется между стенками канала по криволинейной траектории, и её ускорение $\vec{a}_r$ представляется суммой: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих относительного ускорения частицы.

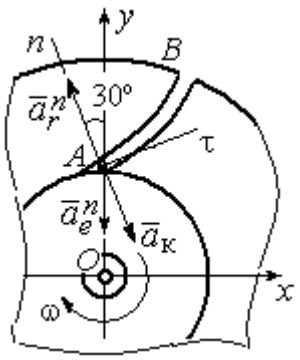


Рис. 3.4. Составляющие ускорения частицы в сложном движении

Переносное ускорение частицы $\vec{a}_e$ есть ускорение точки *A* вращающегося компрессора, которое выражается суммой $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$, где $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$ – вектора нормальной и касательной составляющих переносного ускорения частицы.

В результате абсолютное ускорение частицы воздуха в точке А выражается векторной суммой:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Вычислим модули ускорений:

$$a_r^{\tau} = \dot{V}_r = 0,\ a_r^n = \frac{V_r^2}{\rho} = 20 \text{ м/с}^2;\ a_e^{\tau} = \varepsilon \cdot OA = \dot{\omega} \cdot OA = 0,$$

$$a_e^n = \omega^2 r = 50 \text{ м/с}^2;\ a_{\text{к}} = 2\omega V_r = 80 \text{ м/с}^2.$$

Направление ускорения Кориолиса определяется простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения. Вектора ускорений показаны на рис. 3.4.

Спроектируем векторное равенство ускорения частицы на оси неподвижной системы координат *xOy*. Получим:

$$a_x = -a_r^n \cos 60^\circ + a_к \cos 60^\circ = 30 \text{ м/с}^2 ;$$

$$a_y = a_r^n \cos 30^\circ - a_e^n - a_к \cos 30^\circ = -101{,}96 \text{ м/с}^2.$$

Модуль ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 106{,}28$ м/с^2.

Задача 38. При совмещении работы механизмов подъёма груза и поворота крана (рис. 3.5) груз *A* перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. На участке разгона барабан *B* радиуса $r_1 = 0{,}5$ м, на который навит канат, поддерживающий груз, вращается с постоянным угловым ускорением $\varepsilon_1 = 3$ рад/с^2, а кран разворачивается вокруг оси O_1O_2 с угловым ускорением $\varepsilon_2 = 0{,}5$ рад/с^2.

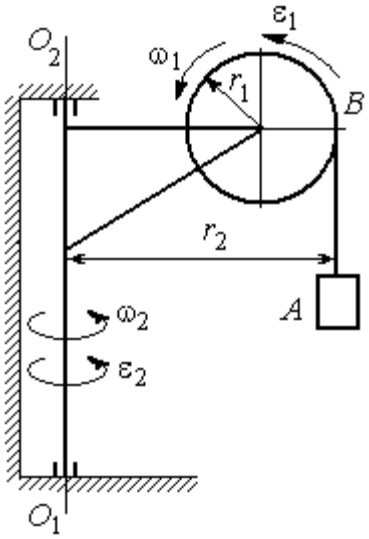


Рис. 3.5. Механизм поворотного крана

Пренебрегая отклонением каната от вертикали, определить скорость и ускорение груза в момент времени $t_1 = 1$ с, если вылет стрелы крана до линии подвеса груза $r_2 = 10$ м.

Решение

Подъём груза *A* на канате является для груза относительным движением, а вращение крана – переносным. Вектор абсолютной скорости груза равен сумме $\vec{V} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где вектора относительной $\vec{V}_r$ и переносной $\vec{V}_e$ скоростей.

При равноускоренном вращении барабана *B* из состояния покоя его угловая скорость $\omega_1 = \varepsilon_1 t$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\omega_1 = 3$ рад/с. Скорость подъёма груза *A* в этот момент $V_r(1) = \omega_1(1) r_1 = 1{,}5$ м/с. Вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ направлен вдоль линии движения груза, в сторону его подъёма (рис. 3.6).

Угловая скорость крана при постоянном угловом ускорении $\omega_2 = \varepsilon_2 t$. При $t_1 = 1$ с $\omega_2 = 0{,}5$ рад/с. Переносная скорость груза A равна скорости груза, движущегося вместе со стрелой крана по окружности радиуса r_2: $V_e = \omega_2 r_2 = 5$ м/с. Вектор переносной скорости груза $\vec{V}_e$ направлен по касательной к траектории переносного движения груза в сторону угловой скорости вращения крана (см. рис. 3.6).

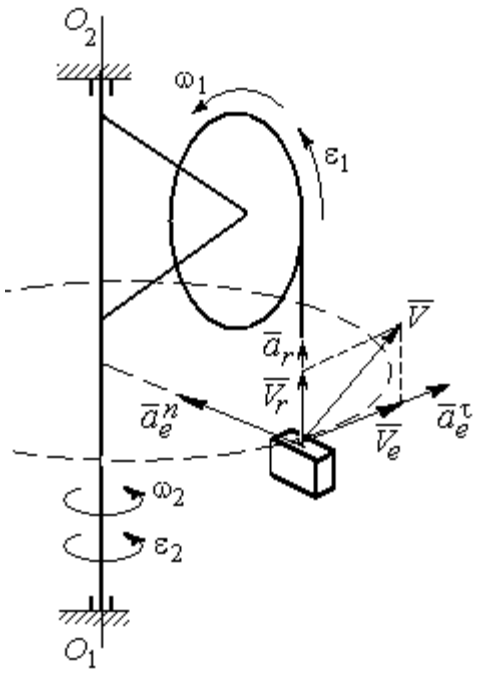


Рис. 3.6. Расчётная схема для определения скорости и ускорения груза на поворотном кране

Так как вектора относительной и переносной скоростей груза взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_r^2 + V_e^2} = 5{,}22$ м/с.

Найдём абсолютное ускорение груза.

Теорема сложения ускорений имеет вид векторной суммы: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e + \vec{a}_\text{к} = \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_\text{к}$, где $\vec{a}_r^{\,n}$, $\vec{a}_r^{\,\tau}$, $\vec{a}_e^{\,n}$, $\vec{a}_e^{\,\tau}$, $\vec{a}_\text{к}$ – вектора нормального и касательного ускорений груза в относительном и переносном движениях и ускорение Кориолиса. Найдём модули векторов ускорений.

Нормальное относительное ускорение a_r^n груза, движущегося прямолинейно, равно нулю: $a_r^n = 0$, а касательное a_r^τ равно по величине касательному ускорению точки на поверхности барабана: $a_r^\tau = \varepsilon_1 r_1 = 1{,}5$ м/с^2. Направление вектора $\vec{a}_r^{\,\tau}$ относительного касательного ускорения груза определяется направлением углового ускорения барабана.

Переносные нормальное a_e^n и касательное a_e^τ ускорения груза: $a_e^n = \omega_2^2 r_2$ = 2,5 м/с^2; $a_e^\tau = \varepsilon_2 r_2$ = 5 м/с^2. Вектор касательного ускорения $\vec{a}_e^\tau$ направлен в сторону углового ускорения вращения крана.

Ускорение Кориолиса $a_к$ равно нулю, так как вектор $\vec{V}_r$ параллелен вектору $\vec{\omega}_2$: $a_к = 0$.

Направления векторов ускорений, модули которых отличны от нуля, показаны на рис. 3.6. В результате вектор абсолютного ускорения груза представлен в виде разложения на три взаимно перпендикулярных вектора: $\vec{a} = \vec{a}_e^n + \vec{a}_e^\tau + \vec{a}_r^\tau$, поэтому модуль абсолютного ускорения груза $a = \sqrt{(a_e^n)^2 + (\vec{a}_e^\tau)^2 + (\vec{a}_r)^2}$ = 5,79 м/с^2.

Задача 39. Фигура, состоящая из половины диска и построенного на его диаметре равнобедренного треугольника (рис. 3.7), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника, по закону $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад. Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ.

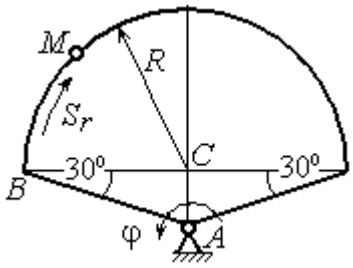


Рис. 3.7. Схема сложного движения точки

По ободу диска из начального положения B движется точка M. Уравнение движения точки: $\breve{BM} = S_r = 9\pi t^2$, см.. Положительное направление отсчёта дуги BM показано дуговой стрелкой S_r (см. рис. 3.7). Радиус диска R = 9 см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени t_1 = 1 с.

Решение

Переносным движением точки M является вращение фигуры вокруг оси A, относительным – её движение по окружности обода диска.

Положение точки M на окружности определяется центральным углом: $\alpha = \dfrac{S_r}{R}$, где S_r – длина дуги окружности, пройденная точкой. В момент времени $t_1 = 1$ с $S_r = 9\pi$ см и $\alpha = \pi$. Расчётное положение точки M на рис. 3.8 обозначено M_1.

Угловая скорость вращения фигуры равна модулю производной $\omega_e = |\dot{\varphi}_e| = |5 - 4t|$. При $t_1 = 1$ с $\omega_e(1) = 1$ рад/с. Направление угловой скорости определяется знаком производной $\dot{\varphi}_e$. Положительная на данный момент времени величина производной ($\dot{\varphi}_e = 1$) показывает, что вращение фигуры происходит в положительном направлении отсчёта угла φ_e и отмечено на рис. 3.8 дуговой стрелкой ω_e.

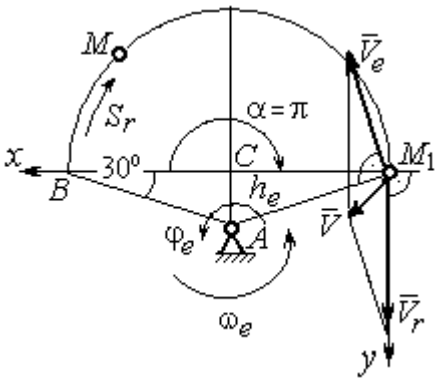


Рис. 3.8. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки

Переносная скорость точки V_e – это скорость расчётного положения точки M вращающейся фигуры: $V_e = \omega_e h_e = = \omega_e AM_1 = \dfrac{\omega_e R}{\cos 30^\circ} = 10{,}39$ см/с. Вектор переносной скорости точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен отрезку AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.8).

Скорость точки в относительном движении определяется как модуль производной: $V_r = |\dot{S}_r| = |18\pi t|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 56{,}5$ см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r = 18\pi > 0$ указывает, что в этот момент времени относительное движение точки происходит в положительном направлении отсчёта дуги окружности, по которой движется точка. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки перпендикулярен отрезку CM_1 и направлен в сторону её движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти абсолютную скорость

точки, выберем оси координат M_1x, M_1y, как показано на рис. 3.8, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси:

$$V_x = V_e\cos 60^\circ = 5{,}2 \text{ см/с}, \; V_y = -V_e\cos 30^\circ + V_r = 47{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = 47{,}8$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяется по теореме сложения ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_\text{к}$.

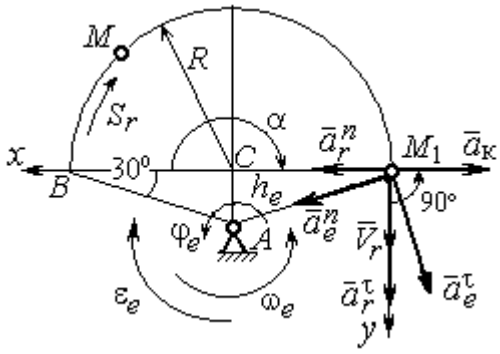


Рис. 3.9. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Переносное ускорение точки представляется в виде суммы: $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n}$, где $\vec{a}_e^{\,\tau}$ и $\vec{a}_e^{\,n}$ – переносные касательное и нормальное ускорения. В относительном движении точки (по дуге окружности) ускорение также может быть разложено на две составляющие – относительные касательное и нормальное ускорения: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$. В результате теорема о сложении ускорений приобретает вид: $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_\text{к}$.

Вычислим модули и направления векторов ускорений в расчётном положении точки M_1.

Относительное касательное ускорение a_r^τ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$, где $\ddot{S}_r = 18\pi = 56{,}5$ см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,\tau}$ направлен по касательной в сторону положительного отсчёта траектории относительного движения. Относительное нормальное ускорение точки a_r^n вычисляется по формуле: $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно 355,3 см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^{\,n}$ направлен по радиусу диска к центру C (рис. 3.9).

Угловое ускорение фигуры в момент времени $t_1 = 1$ с, $\varepsilon_e = |\ddot{\varphi}_e| = 4$ рад/с^2. Поскольку значение второй производной угла поворота отрицательное ($\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2), то угловое ускорение направлено в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота фигуры, как показано на рис. 3.9 дуговой стрелкой ε_e. Модуль переносного касательного ускорения a_e^τ определяется по формуле $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = \varepsilon_e \cdot AM_1$ и в момент времени $t_1 = 1$ с равен 41,6 см/с^2. Вектор переносного касательного ускорения точки $\vec{a}_e^\tau$ перпендикулярен AM_1 и направлен в сторону углового ускорения фигуры ε_e (см. рис. 3.9). Переносное нормальное ускорение вычисляется по формуле $a_e^n = \omega_e^2 h_e = \omega_e^2 \cdot AM_1$ и на момент времени $t_1 = 1$ с: $a_e^n = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен вдоль отрезка M_1A к оси вращения тела (см. рис. 3.9).

Модуль ускорения Кориолиса в момент времени $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega V_r =$ $=113{,}1$ см/с^2. По условию задачи вектор $\vec{V}_r$ скорости относительного движения точки перпендикулярен вектору $\vec{\omega}_e$ угловой скорости переносного движения. В этом случае для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения (см. рис. 3.9).

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси M_1x и M_1y, как показано на рис. 3.9, и спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на эти оси. Получим:

$$a_x = -a_e^\tau \cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 230{,}4 \text{ см/с}^2;$$

$$a_y = a_e^\tau \cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^\tau = 97{,}9 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 250{,}3 \text{ см/с}^2.$$

Задача 40. Диск (рис. 3.10) вращается вокруг оси O_1O_2, проходящей вдоль вертикального диаметра, с угловой скоростью $\omega = 2t^2 + 4\cos\pi t$ рад/с. Положительное направление отсчёта угла поворота диска отмечено на схеме дуговой стрелкой φ. Вдоль другого диаметра диска, наклоненного под углом 30º к вертикальному, движется точка M по закону $CM = S_r = (4t-1)^2 - 1$ см. Расстояние отсчитывается от точки C на краю диска. Положительное направление движения точки M показано стрелкой S_r. Радиус диска $R = 4$ см. Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

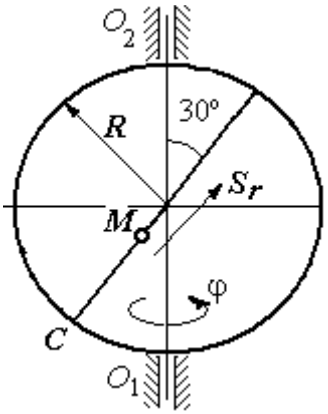


Рис. 3.10. Схема сложного движения точки

Решение

Переносным движением точки M является вращение диска вокруг вертикального диаметра, относительным – её прямолинейное движение вдоль наклонного диаметра диска.

Расстояние S_r, пройденное точкой, к моменту времени $t_1 = 1$ с равно 8 см. При радиусе диска $R = 4$ см точка M в данный момент времени находится на противоположном от точки C конце диаметра. На рис. 3.11 это положение обозначено буквой M_1.

Угловая скорость диска равна модулю производной: $\omega = |\dot{\varphi}| = |2 + 4\cos\pi|$ и при $t_1 = 1$ с $\omega = 2$ рад/с. Направление угловой скорости определяется по знаку производной $\dot{\varphi}$. В данном случае производная имеет отрицательное значение ($\dot{\varphi} = -2$ рад/с). Это означает, что вращение диска происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчёта угла поворота. Направление угловой скорости диска в данный момент времени отмечено на рис. 3.11 дуговой стрелкой ω.

Переносная скорость точки V_e – это скорость точки M_1 на вращающемся диске: $V_e = \omega h_e = \omega \cdot KM_1$, где $KM_1 = h_e$ – расстояние от оси вращения диска до точки M_1. Очевидно, $KM_1 = 0{,}5R = 2$ см. При $t_1 = 1$ с величина переносной скорости $V_e = 4$ см/с. Вектор переносной скорости $\vec{V}_e$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ и направлен в сторону вращения диска (рис. 3.11, *a*).

(На рис. 3.11, *a* символ ⊙ рядом с вектором означает, что данный вектор направлен перпендикулярно плоскости рисунка «к нам», символ ⊕ – «от нас».)

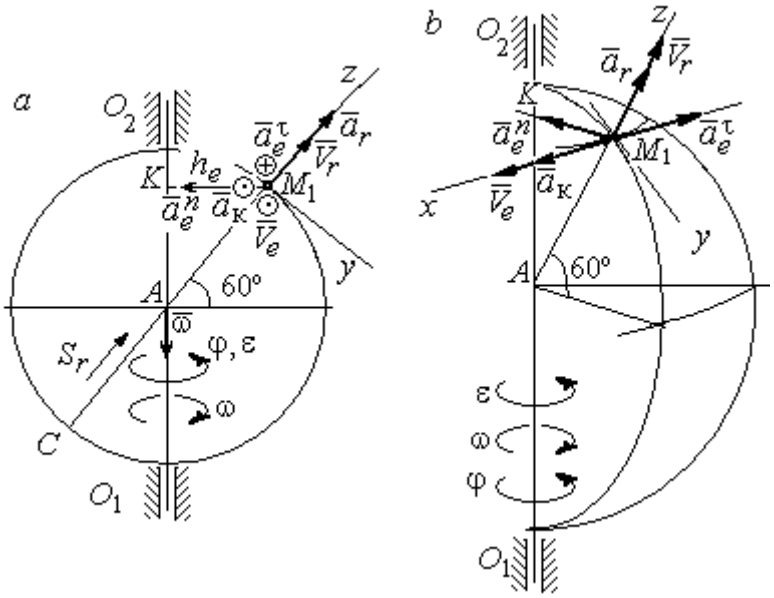


Рис. 3.11. Расчётная схема определения абсолютной скорости и ускорения точки:
a – плоская модель движения;
b – пространственная модель движения

Относительная скорость точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|8(4t - 1)\right|$. При $t_1 = 1$ с $V_r = 24$ см/с. Положительное значение самой производной $\dot{S}_r$ указывает, что относительное движение точки в данный момент времени происходит в положительном направлении. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен вдоль диаметра диска CM_1 в сторону движения.

Абсолютная скорость точки равна сумме векторов переносной и относительной скоростей: $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Так как векторы $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$ взаимно перпендикулярны, модуль абсолютной скорости $V = \sqrt{V_e^2 + V_r^2} = 24{,}33$ см/с. Вектор абсолютной скорости на рис. 3.11 не показан.

Абсолютное ускорение точки определяется векторной суммой, которая при прямолинейном относительном и вращательном переносном движениях представляется в виде: $\vec{a} = \vec{a}_r + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}$.

Относительное ускорение точки $a_r = \left|\ddot{S}_r\right| = 32$ см/с^2. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r$ в точке M_1 направлен по линии движения точки в сторону положительного направления (см. рис. 3.11).

Угловое ускорение диска $\varepsilon = \left|\dot{\omega}\right| = \left|4t - 4\pi\sin\pi t\right|$. В момент времени $t_1 = 1$ с $\varepsilon = 4$ рад/с^2. Положительное значение производной в данный момент времени ($\dot{\omega} = 4$ рад/с^2) означает, что угловое ускорение ε направлено в сторону положительного направления отсчёта угла поворота диска. Направление углового ускорения показано на рис. 3.11 дуговой стрелкой ε. Модуль переносного касательного ускорения a_e^{τ} определяется по формуле $a_e^{\tau} = \varepsilon h_e$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{\tau} = 8$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_e^{\tau}$ перпендикулярен плоскости диска $O_1M_1O_2$ в точке M_1 и направлен в сторону углового ускорения (противоположно вектору скорости).

Переносное нормальное ускорение a_e^{n} рассчитывается по формуле $a_e^{n} = \omega^2 h_e = \omega^2 \cdot KM_1$, и при $t_1 = 1$ с $a_e^{n} = 8$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^{n}$ направлен вдоль отрезка M_1K к оси вращения диска (см. рис. 3.11).

Вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ составляет с вектором угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}$ угол 150º. Модуль ускорения Кориолиса на момент времени $t_1 = 1$ с $a_{\text{к}} = 2\left|\omega\right\|V_r\left|\sin 150^\circ = 48\right.$ см/с^2. Направление вектора ускорения Кориолиса определяем по правилу Жуковского. Так, вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ проектируем на плоскость, перпенди-

кулярную вектору $\vec{\omega}$ (т. е. на плоскость, перпендикулярную оси вращения тела). На рис 3.11, *а* это будет проекция на линию KM_1. Далее следует повернуть вектор проекции относительной скорости вокруг оси вращения на 90° в сторону угловой скорости вращения диска. На рис 1.11, *а* вектор ускорения Кориолиса перпендикулярен плоскости рисунка в точке M_1 и направлен «на нас».

Для определения абсолютного ускорения точки выберем оси координат M_1x, M_1y и M_1z, как показано на рис. 3.11 (на рис. 3.11, *а* ось M_1x направлена перпендикулярно рисунку «к нам» и на рисунке не показана). Спроектируем обе части векторного равенства теоремы сложения ускорений на оси

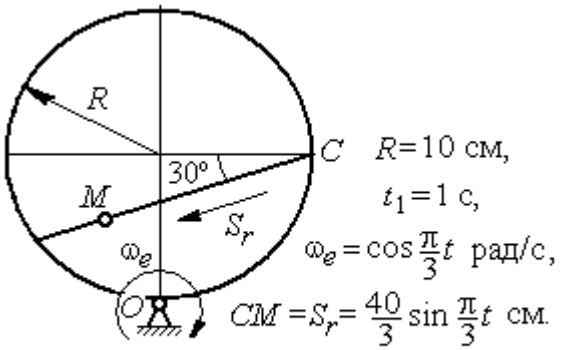
$$a_x = -a_e^{\tau} + a_{\text{к}} = 40 \text{ см/с}^2; \quad a_y = -a_e^n \cos 30^\circ = 6{,}93 \text{ см/с}^2;$$

$$a_z = a_r - a_e^n \cos 60^\circ = 28 \text{ см/с}^2.$$

Модуль абсолютного ускорения $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = 49{,}32$ см/с^2.

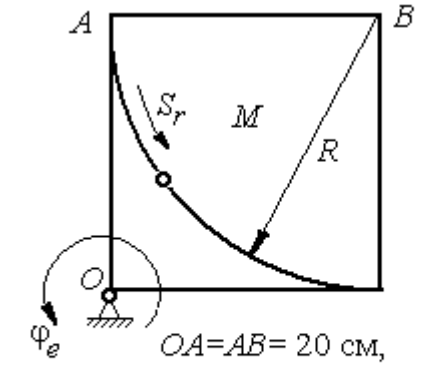
Упражнения

Упражнение 3.1



Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1$

Упражнение 3.2



Найти скорость и ускорение точки M в момент $t = t_1 = 1$ с

Рис. 3.12. Задания для самостоятельного решения. Упражнения 3.1, 3.2

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение материальной точки под действием системы сил $\vec{F}_1,\ \vec{F}_2,\ldots,\ \vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:**

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}\ ,\ m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}\ ,\ m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}\ .$$

Обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнения движения можно записать в виде:

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx}\ ;\ m\ddot{y} = \sum F_{ky}\ ;\ m\ddot{z} = \sum F_{kz}\ ,$$

где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций всех сил на оси координат.

Для удобства интегрирования дифференциальные уравнения движения иногда представляют в виде:

$$m\frac{dV_x}{dt} = \sum F_{kx}\ ;\ \ m\frac{dV_y}{dt} = \sum F_{ky}\ ;\ \ m\frac{dV_z}{dt} = \sum F_{kz}\ ,$$

где $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$ – проекции вектора скорости точки на оси координат.

В естественной системе координат движение материальной точки описывается уравнениями в естественной форме:

$$m\frac{dV}{dt} = \sum F_{k\tau}\ ;\ \ m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_{kn}\ ;\ 0 = \sum F_{kb}\ ,$$

где ρ – радиус кривизны траектории; τ, n, b – оси естественного трехгранника – касательная, нормаль и бинормаль.

В общем случае правые части дифференциальных уравнений зависят от времени, положения и скорости точки. Интегрирование дифференциальных

уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

Примеры решения задач на интегрирование уравнений движения

Задача 41. При обогащении по трению разделение частиц производится следующим образом. Барабанный питатель (рис. 4.1) сообщает частице в точке A сортировочного стола AB начальную скорость V_0, направленную вдоль поверхности стола, наклоненного под углом α к горизонту. Нижний край стола в точке B поднят на высоту h над уровнем пола. Частица скользит по столу, испытывая силу трения скольжения с коэффициентом трения f. Дойдя до края стола в точке B, частица отрывается от него и совершает свободное падение с высоты h. На каком расстоянии $CK = \ell$ на полу нужно установить стенку приёмного устройства, чтобы частицы с коэффициентом трения меньше заданного $f < f_1$ перелетали за точку C и попадали в приёмник, а с большим коэффициентом $f > f_1$ – не долетали до него.

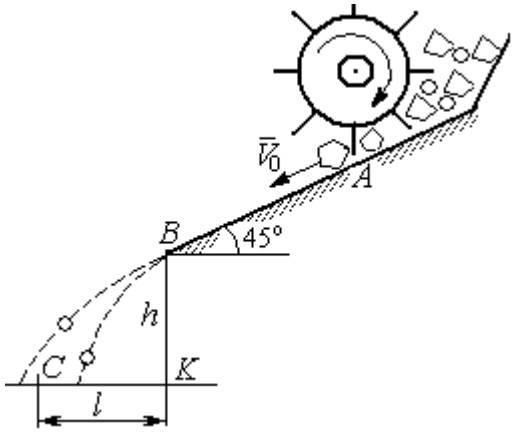


Рис. 4.1. Разделение частиц по трению

Начальная скорость частицы $V_0 = 1$ м/с, длина сортировочного стола $AB = S = 1{,}2$ м, угол наклона $\alpha = 45°$, высота точки отрыва $BK = h = 1{,}5$ м, заданный коэффициент трения для разделения частиц $f_1 = 0{,}4$.

Решение

Из условия задачи следует, что частица с коэффициентом трения, равным заданному, $f = f_1$ в конце своего движения (скольжение по столу + свободное падение) должна попасть ровно в точку C (см. рис. 4.1).

Рассмотрим первый участок движения такой частицы – прямолинейное движение по шероховатой поверхности наклонного стола. На частицу действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Выберем систему координат *xAy*, направив ось *x* вдоль линии движения, а ось *y* – перпендикулярно ей (рис. 4.2). Движение частицы описывается уравнениями:

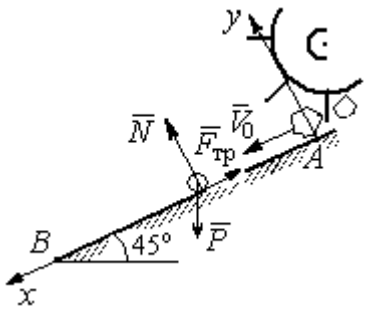


Рис. 4.2. Движение частицы по наклонной плоскости

$$m\ddot{x} = \sum F_{kx} = P\cos 45^\circ - F_{\text{тр}};$$

$$m\ddot{y} = \sum F_{ky} = -P\cos 45^\circ + N.$$

Поскольку вдоль оси *y* частица не перемещается, то $\ddot{y} = 0$. Тогда второе уравнение движения представляется в виде: $-P\cos 45^\circ + N = 0$, откуда реакция опоры частицы $N = mg\cos 45^\circ$. Сила трения, которую испытывает частица, двигаясь по сортировочному столу: $F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 45^\circ$, где f – коэффициент трения.

Подставляя в уравнение движения частицы, выражение силы трения и полагая ускорение $\ddot{x} = \dfrac{dV_x}{dt}$, получим дифференциальное уравнение

$$\frac{dV_x}{dt} = g(1-f)\cos 45^\circ \text{ или при } f = f_1 = 0{,}4: \ \frac{dV_x}{dt} = 4{,}18.$$

После интегрирования найдём скорость и закон движения частицы как функции времени: $V_x = 4{,}18t + C_1$; $x = 2{,}09t^2 + C_1 t + C_2$.

Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий движения. Подставляя начальные условия $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_x(0) = V_0$ в уравнение движения частицы, найдём $C_2 = 0$, $C_1 = V_0$.

Окончательно движение частицы на прямолинейном участке *AB* сортировочного стола описывается системой уравнений: $V_x = 4{,}18t + 1$; $x = 2{,}09t^2 + t$.

Допустим частица достигает края стола B в момент времени $t = t_B$. Её координата равна длине сортировочного стола: $x(t_B) = S$, а скорость равна скорости отрыва её от стола: $V_x(t_B) = V_B$. Подставим эти условия в уравнения движения, получим систему: $V_B = 4{,}18t_B + 1$, $S = 2{,}09t_B^2 + t_B$, откуда скорость частицы в точке отрыва её от стола $V_B = \sqrt{1 + 8{,}36S}$. При длине стола S = 1,2 м скорость отрыва V_B = 3,32 м/с.

Рассмотрим участок BC свободного падения частицы, брошенной с высоты h с начальной скоростью V_B, направленной под углом 45° к горизонту (рис. 4.3). В полёте на частицу действует только сила тяжести $\vec{P}$. Выберем прямоугольную систему координат xKy с началом координат в точке K (см. рис. 4.3). Дифференциальные уравнения движения точки

$$m\ddot{x} = 0;\ m\ddot{y} = -P = -mg \text{ или } \ddot{x} = 0,\ \ddot{y} = -g.$$

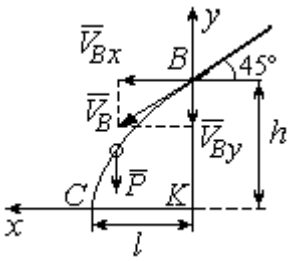


Рис. 4.3. Свободное падение частицы

Интегрируя первое уравнение, получим, что движение частицы вдоль оси x описывается уравнениями $\dot{x} = C_3;\ x = C_3t + C_4$. Константы интегрирования C_3 и C_4. определяются из начальных условий движения: при t = 0 , $x(0) = 0$, $\dot{x}(0) = V_{Bx}$, где V_{Bx} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось x, $V_{Bx} = V_B\cos45^\circ$ = 2,35 м/с. После подстановки начальных условий в уравнение движения частицы получим: C_4 = 0, C_3 = 2,35. В результате, движение частицы вдоль оси x при её свободном падении описывается уравнением $x = 2{,}35t$.

Проинтегрируем уравнение движения частицы в направлении оси y. Получим: $\dot{y} = -gt + C_5$ и $y = -g\dfrac{t^2}{2} + C_5t + C_6$. Начальные условия движения частицы вдоль оси y: при t = 0 , $y(0) = h$ = 1,5 м, $\dot{y}(0) = V_{By} = -V_B\cos45^\circ = -2{,}35$ м/с, где V_{By} – проекция вектора скорости $\overline{V}_B$ на ось y. Подставляя начальные

условия в уравнение движения, найдём: $C_6 = h$; $C_5 = V_{By} = -2{,}35$. Таким образом, движение частицы вдоль оси y при её свободном падении описывается уравнением $y = -4{,}91t^2 - 2{,}35t + 1{,}5$.

В момент $t = t_{\text{п}}$ падения частицы на пол её вертикальная координата обращается в нуль: $y = 0$, а горизонтальная – равна дальности полёта: $x = \ell$. Подставляя эти условия в уравнения движения частицы, получим систему:

$$\ell = 2{,}35t_{\text{п}},\ 0 = -4{,}91t_{\text{п}}^2 - 2{,}35t_{\text{п}} + 1{,}5.$$

Исключая в системе время $t_{\text{п}}$, выразим уравнение для определения дальности горизонтального полёта: $\ell^2 + 1{,}12\ell - 1{,}68 = 0$. Отсюда находим: $\ell = 0{,}85$ м.

Таким образом, частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}4$ в конце своего движения падают на горизонтальную поверхность на расстоянии 0,85 м от края стола. Очевидно, именно здесь необходимо установить разделительную стенку приёмного устройства. Частицы с меньшим коэффициентом трения ($f < 0{,}4$) будут улетать за стенку, а при большем ($f > 0{,}4$) – недолетать. К примеру, длина горизонтального полёта частицы с коэффициентом трения $f = 0{,}3$ составляет 0,89 м, а при $f = 0{,}5$ равна 0,61 м.

Задача 42. Материальная точка массой $m = 1$ кг движется прямолинейно по горизонтальной поверхности под действием силы $F = 10 - kt$ Н, где k – коэффициент пропорциональности; $k = \text{const}$; t – время в секундах. Определить величину коэффициента k, при котором скорость точки за первую секунду от начала движения увеличится от начального значения $V_0 = 2$ м/с до величины $V_1 = 10$ м/с, а также путь, пройденный точкой до остановки.

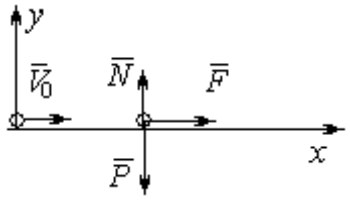


Рис. 4.4. Прямолинейное движение точки

Решение

Для описания движения точки выберем прямоугольную систему координат x, y с началом в том месте, откуда точка начала движение (рис. 4.4).

На точку действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры $\vec{N}$ и заданная сила $\vec{F}$. Направление силы $\vec{F}$ на рис. 4.4 соответствует начальному этапу движения, когда проекция силы на ось *x* положительная. Движение точки описывается уравнением $m\ddot{x} = F_x = 10 - kt$.

Положим $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$. Здесь в силу того, что движение происходит только вдоль одной координаты, индекс *x* у скорости опущен. Учитывая массу точки, получим уравнение $\dfrac{dV}{dt} = 10 - kt$. Разделив переменные и проинтегрировав полученное уравнение, найдём закон изменения скорости точки $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$. Выражая скорость через производную от координаты $V = \dfrac{dx}{dt}$, получим дифференциальное уравнение $\dfrac{dx}{dt} = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + C_1$, интегрируя которое, найдём уравнение движения точки $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$.

Подставляя начальные условия (при $t = 0$, $V = V_0 = 2$ м/с, $x = 0$) в уравнения, получим: $C_1 = 2$, $C_2 = 0$. Окончательно движение точки описывается системой уравнений: $V = 10t - k\dfrac{t^2}{2} + 2$; $x = 5t^2 - k\dfrac{t^3}{6} + 2t$.

Известно, что через 1 с от начала движения точка приобрела скорость $V_1 = 10$ м/с. Подставляя это условие в первое уравнение, найдём $k = 4$.

В момент t_1 точка остановилась и её скорость обращается в нуль: $V(t_1) = 0$, а координата равна пройденному пути: $x(t_1) = S$. Подставляя эти условия в уравнения движения с учетом вычисленного значения коэффициента *k*, получим систему: $0 = 10t_1 - 2t_1^2 + 2$; $S = 5t_1^2 - \dfrac{2}{3}t_1^3 + 2t_1$, откуда находим путь, пройденный точкой до остановки: $S = 51{,}86$ м.

Задача 43. Материальная точка массой m = 1 кг, находясь на высоте h_1 = 2 м над уровнем Земли, подброшена вертикально вверх (ось x) с начальной скоростью V_0 = 4 м/с (рис. 4.5, *a*). При движении на точку действует сила сопротивления, пропорциональная квадрату скорости, так, что проекция её на вертикаль направлена в сторону, противоположную движению, $R_x = -0{,}5mV^2$ Н, где V – скорость точки. Определить, на какой высоте h_2 от уровня Земли скорость падающей обратно точки достигнет значения начальной стартовой скорости.

Решение

Решение задачи осуществляется в два этапа. На первом этапе рассматривается движение точки вверх с высоты h_1 с начальной скоростью V_0 и определение максимальной высоты полёта H, на втором этапе – падение точки вниз с высоты H без начальной скорости (рис. 4.5, *b*).

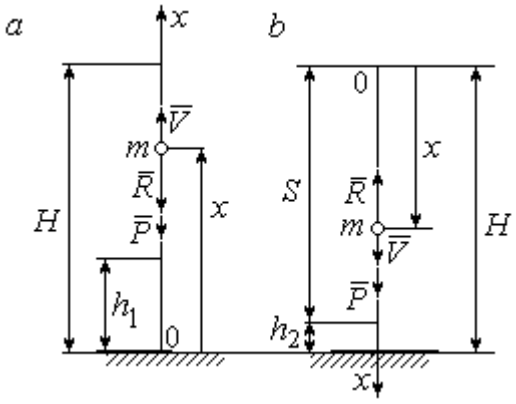


Рис. 4.5. Силы, действующие на точку в полёте:
a – движение точки вверх;
b – движение точки вниз

Рассмотрим первый этап движения и найдём максимальную высоту подъёма точки. На рис. 4.5, *a* показаны силы, действующие на точку в полёте: сила тяжести $\vec{P}$ и сила сопротивления $\vec{R}$. Ось x, вдоль которой происходит движение точки, выбрана по направлению движения, начало координат – на уровне Земли (см. рис. 4.5, *a*).

Дифференциальное уравнение движения точки в проекции на ось x: $m\ddot{x} = \sum F_x = P_x + R_x$, где проекции сил тяжести и сопротивления на ось x: $P_x = -P = -mg$; $R_x = -0{,}5mV^2$. Полагая $\ddot{x} = \dfrac{dV}{dt}$, получим уравнение движения точки в виде: $\dfrac{dV}{dt} = -(g + 0{,}5V^2)$.

Учитывая, что $\frac{dV}{dt}=\frac{dV}{dx}\frac{dx}{dt}=V\frac{dV}{dx}=\frac{dV^2}{2dx}$, исходное уравнение движения представляется в виде, удобном для интегрирования: $\frac{dV^2}{g+0{,}5V^2}=-2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g+0{,}5V^2)=-x+C$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, точка находилась на высоте $x = h_1$, а скорость её $V = V_0$. Подставив эти значения в проинтегрированное уравнение, получим: $C=h_1+\ln(g+0{,}5V_0^2)$. Окончательно положение точки в полёте определяется выражением $x=h_1+\ln\left(\frac{g+0{,}5V_0^2}{g+0{,}5V^2}\right)$.

При максимальном подъёме точки, т. е. при $x=H$, её скорость обращается в нуль: $V = 0$. Подставляя H, получим: $H=h_1+\ln\left(1+\frac{V_0^2}{2g}\right)$. При начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, с учётом высоты точки старта $h_1 = 2$ м, высота подъёма точки относительно уровня Земли $H = 2{,}6$ м.

Рассмотрим второй этап решения задачи – движение точки вниз с максимальной высоты H без начальной скорости. Выберем ось x по направлению движения и поместим начало координат в точке, откуда началось движение вниз (рис. 4.5, *b*). Дифференциальное уравнение движения падающей точки: $m\frac{dV}{dt}=P_x+R_x = mg-0{,}5mV^2$, которое, как и в предыдущем случае, приводится к виду: $\frac{dV^2}{g-0{,}5V^2}=2dx$.

Проинтегрировав это уравнение, находим: $\ln(g-0{,}5V^2)=-x+C_1$.

В начальном положении, т. е. при $t = 0$, координата точки и скорость равны нулю: $x = 0$, $V = 0$. Подставив эти значения, находим: $C_1=\ln g$.

Окончательно положение падающей точки определяется выражением $x = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V^2}\right)$.

Расстояние S, которое пролетела точка с высоты H, приобретя скорость, V_0: $S = \ln\left(\frac{g}{g - 0{,}5V_0^2}\right)$. Высота h_2 этого положения от уровня Земли: $h_2 = H - S$ (см. рис. 4.5, *b*). С учётом величины начальной скорости $V_0 = 4$ м/с, максимальной высоты подъёма точки $H = 2{,}6$ м высота $h_2 = 0{,}91$ м.

Задача 44. Точка 1 движется горизонтально с постоянной скоростью V_1 на высоте h. Точка 2 массой m_2 находится в начале координат (рис. 4.6).

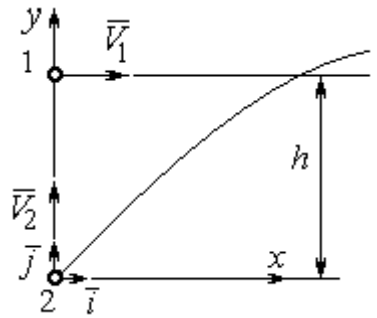


Рис. 4.6. Схема встречного движения точек

В момент, когда обе точки находились на одной вертикали y, точка 2 стартовала вертикально вверх со скоростью V_2. В полёте на точку 2 действует отклоняющая сила $\vec{F}_2$, которая представлена в виде разложения по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ системы координат xy: $\vec{F}_2 = p\vec{i} + q\vec{j}$, где p, q – const. С какой скоростью V_2 должна стартовать точка 2, чтобы обе точки встретились.

Решение

Рассмотрим движение точки 2. На точку действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, проекции которой на оси x, y: $F_{2x} = p$, $F_{2y} = q$ (рис. 4.7).

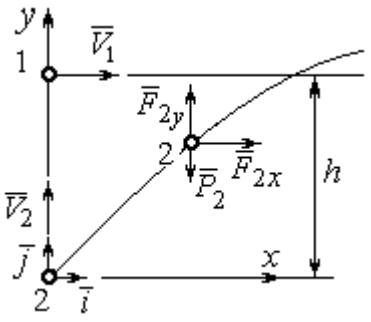


Рис. 4.7. Расчётная схема встречи точек

Уравнения движения точки в проекциях на оси xy имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = p,\ m_2\ddot{y} = q - m_2 g.$$

Дважды интегрируя первое уравнение, полу-

чим: $\dot{x} = \frac{p}{m_2}t + C_1$; $x = \frac{p}{2m_2}t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования найдём из условия, что в начальный момент вторая точка стартовала из начала координат вертикально, то есть при $t = 0$ $x = 0$ и $\dot{x} = V_{2x} = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = 0$. Таким образом, движение точки 2 вдоль оси x описывается уравнением $x = \frac{p}{2m_2}t^2$.

Аналогично, дважды интегрируя второе уравнение движения, получим зависимость скорости движения точки 2 от времени и закон её движения вдоль оси y: $\dot{y} = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)t + C_3$; $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + C_3 t + C_4$. Из начальных условий: при $t = 0$ $y = 0$, $\dot{y} = V_{2y} = V_2$ следует: $C_3 = V_2$, $C_4 = 0$.

В результате закон движения точки 2 вдоль оси y: $y = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t^2}{2} + V_2 t$.

Обозначим t_1 – время движения точек до встречи. В момент встречи высота точки 2 $y(t_1) = h$, а расстояние по горизонтали, которое прошла точка 2 до встречи, должно быть равно расстоянию, пройденному точкой 1 за это же время. Подставляя условия встречи в уравнения движения, получим систему:

$$V_1 t_1 = \frac{p}{2m_2}t_1^2; \qquad h = \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1^2}{2} + V_2 t_1,$$

откуда найдём: $V_2 = \frac{h}{t_1} - \left(\frac{q}{m_2} - g\right)\frac{t_1}{2}$, где $t_1 = \frac{2V_1 m_2}{p}$.

Упражнения

Упражнение 4.1. Тело массы m = 2 кг поднимается по прямой по шероховатой поверхности, составляющей угол 30° с горизонтом. Коэффициент трения f = 0,4. На тело действует сила $F = kt + 0{,}5P$, направленная в сторону движения, параллельно плоскости. Определить величину коэффициента k и начальную скорость тела, направленную вверх по наклонной плоскости, если за первую секунду тело прошло путь S = 2 м, а скорость увеличилась вдвое относительно начальной.

Упражнение 4.2. Материальную точку массы m = 1 кг, находящуюся на высоте H = 10 м над уровнем Земли, бросили под углом φ = 30° к горизонту с начальной скоростью V_0. Свободное движение точки происходит в вертикальной плоскости. Определить начальную скорость V_0 и горизонтальную дальность полета l при падении точки на Землю, если высоту h =7 м она пересекла через 1 с от начала движения.

4.2. Колебания материальной точки

Если материальная точка массой m движется вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, равной $F = cx$, где c – постоянный коэффициент, x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало координат, то дифференциальное уравнение свободных прямолинейных колебаний имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,\ \omega^2 = \frac{c}{m},$$

где ω – угловая частота колебаний.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$. Постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.** В случае гармонического возмущения $Q = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,\ \omega^2 = \frac{c}{m},\ h = \frac{H}{m}$$

где ω – угловая частота собственных колебаний; h – относительная амплитуда возмущающей силы.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при отсутствии резонанса (частота собственных колебаний точки не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$) имеет вид:

$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае возникновения резонанса ($p = \omega$) определяется формулой: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2 находятся с учётом начальных условий движения.

Колебания груза на двух параллельных пружинах с жесткостью c_1 и c_2 можно рассматривать как колебания груза на одной пружине с эквивалентной жесткостью $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – жесткость эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$.

Примеры решения задач на колебания точки

Задача 45. Подъёмное устройство (рис. 4.8) опускает груз Q массой $m = 400$ кг в шахту при помощи упругого троса с коэффициентом жесткости $c = 8 \cdot 10^4$ Н/м с постоянной скоростью $V = 10$ м/с. В некоторый момент во время спуска трос защемило в блоке. Пренебрегая массой троса, определить дальнейшее движение груза и найти максимальную силу натяжения троса.

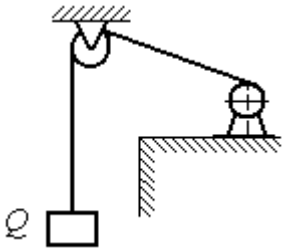


Рис. 4.8. Подъёмное устройство

Решение

После того как произошло защемление троса в обойме блока, вертикальную часть троса длиной ℓ_0 можно рассматривать как пружину с закреплённым верхним концом, а груз – материальной точкой.

Расчетная схема колебаний груза Q на пружине показана на рис. 4.9.

Ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, направлена вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* (точка *O*) выбрано в положении нерастянутой пружины.

На рис. 4.9, *a* положение нерастянутой пружины соответствует положению груза на тросе в момент его защемления. В произвольном положении груза (рис. 4.9, *b*), обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{Q}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -cx$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox* имеет вид: $m\ddot{x} = Q - cx$. В результате получаем неоднородное дифференциальное уравнение колебаний:

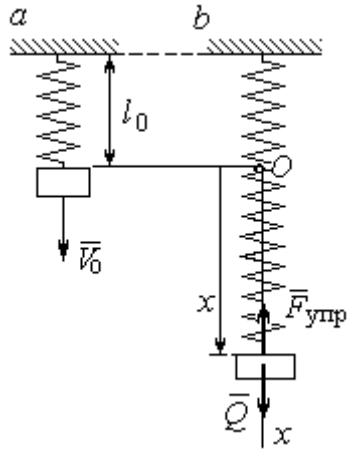


Рис. 4.9. Расчётная схема колебаний груза:
a – положение груза на начало колебаний; *b* – положение груза в произвольный момент времени

$$m\ddot{x} + cx = mg \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = g,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}14$ рад/с.

Решение неоднородного дифференциального уравнения представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{g}{\omega^2}$, где первые два слагаемых представляют общее решения однородного уравнения, последнее – частное решение неоднородного

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 используем начальные условия движения: при $t = 0$ груз находился в положении $x = 0$, а его скорость равнялась скорости груза $\dot{x} = V_0 = 10$ м/с. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний, полу-

чим: $C_1 = -\frac{g}{\omega^2} = -0{,}69$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставив начальное значение скорости груза при $t = 0$, получим: $C_2 = \frac{V_0}{\omega} = 0{,}71$ м. Окончательно, движение груза после защемления троса в обойме блока описывается уравнением

$$x = -0{,}69\cos 14{,}14t + 0{,}71\sin 14{,}14t + 0{,}69.$$

Представим уравнение колебаний в виде $x = A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}$, где A – амплитуда собственных колебаний груза $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, α – фаза колебаний; $\operatorname{tg}\alpha = \frac{C_1}{C_2}$. Максимальное растяжение троса равно максимальному значению координаты груза: $x_{\max} = \max[A\sin(\omega t + \alpha) + \frac{g}{\omega^2}] = A + \frac{g}{\omega^2} = 1{,}68$ м. Соответственно, максимальное усилие в тросе равно значению силы упругости при максимальном растяжении: $F_{\text{упр max}} = cx_{\max} = 134{,}4$ кН.

Задача 46. Рабочий орган вибрационной машины представляет собой массивное тело, расположенное на гладкой наклонной плоскости между двумя пружинами (см. рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 60º. Масса груза $m = 9$ кг. Пружины, зажимающие груз, имеют коэффициенты жесткости $c_1 = 300$ Н/м и $c_2 = 600$ Н/м.

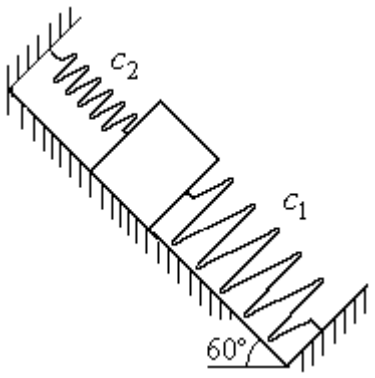


Рис. 4.10. Колебания груза на наклонной плоскости

В начальный момент груз, когда пружины не деформированы, груз оттягивают вниз по наклонной плоскости на расстояние $\Delta\ell = 0{,}12$ м и отпускают без начальной скорости.

Найти период колебаний, амплитуду и уравнение движения груза.

Решение

Колебания груза, зажатого между двумя пружинами, представим как колебания груза, прикреплённого к одной пружине эквивалентной жёсткости: $c_э = c_1 + c_2$ = 900 Н/м (рис. 4.11). Ось, вдоль которой происходят колебания, направим вниз по наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты груза x выберем в положении его статического равновесия (точка O) (см. рис. 4.11).

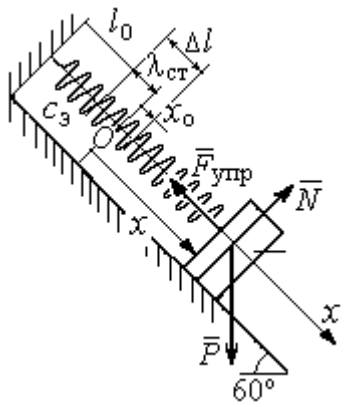


Рис. 4.11. Схема колебаний груза на эквивалентной пружине

Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось Ox: $m\ddot{x} = P_x - F_{упр\,x}$. Проекция силы упругости пружины на ось Ox: $F_{упр\,x} = -c_э \Delta\ell$, где $\Delta\ell = (x + \lambda_{ст})$ – удлинение пружины, включающее её растяжение $\lambda_{ст}$ относительно положения нерастянутой пружины и растяжение x относительно начала координат.

Удлинение пружины $\lambda_{ст}$ определяется из условия равновесия груза на наклонной плоскости в положении статического равновесия:

$$P\cos 30^\circ - F_{упр} = 0{,}87mg - c_э\lambda_{ст} = 0.$$

Находим $\lambda_{ст} = \dfrac{0{,}87mg}{c_э} = 0{,}085$ м.

Подставляя выражение силы упругости, с учётом условия статического равновесия груза ($0{,}87mg = c_э\lambda_{ст}$), получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} = -c_э x$ или $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 10$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим начальные условия движения груза.

Координата начального положения груза на оси Ox (см. рис. 4.11) $x_0 = \Delta\ell - \lambda_{ст} = 0{,}035$ м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим: $C_1 = x_0 = 0{,}035$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза: $\dot{x} = -C_1\omega_2 \sin\omega_2 t + C_2\omega_2 \cos\omega_2 t$. Подставив начальное значение скорости груза: при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза относительно его положения статического равновесия $x(t) = 0{,}035\cos 10t$ м. Амплитуда колебаний $A = 0{,}035$ м. Период колебаний $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 0{,}63$ с.

Задача 47. Пружинный амортизатор состоит из двух одинаковых вертикально стоящих пружин, к верхним концам которых прикреплена невесомая горизонтальная площадка (рис. 4.12). Жёсткость каждой пружины c = 350 Н/м. Груз массой m = 5 кг падает с высоты h = 0,3 м.

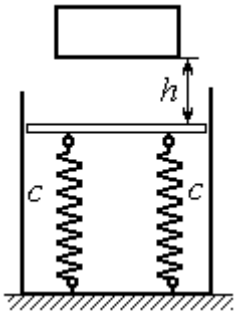


Рис. 4.12. Пружинный амортизатор

Коснувшись площадки, груз начинает двигаться вместе с ней. Определить максимальную осадку амортизатора и уравнение движения груза.

Решение

Заменим две пружины амортизатора одной с жесткостью, эквивалентной двум пружинам: $c_э = 2c$ = 700 Н/м. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.13. Начало координат оси x (точка O), вдоль которой происходят колебания, выбрано на уровне статического равновесия груза.

При движении (на рис. 4.13, c предполагается движение груза вниз) на груз действуют сила упругости $\vec{F}_{упр}$ и сила тяжести $\vec{P}$. Уравнение движения груза в проекции на ось x: $m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение (или сжатие) пружины относительно недеформированного состояния.

В произвольном положении груза, обозначенном координатой x (см. рис. 4.13, *c*), сжатие пружины относительно её недеформированного состояния (см. рис. 4.13, *a*) составляет величину: $\Delta\ell = x + \lambda_{ст}$. Величина $\lambda_{ст}$ находится из условия статического равновесия груза, которое выражается равенством (рис. 4.13, *b*): $P - F_{упр\,ст} = P - c_э\lambda_{ст} = 0$.

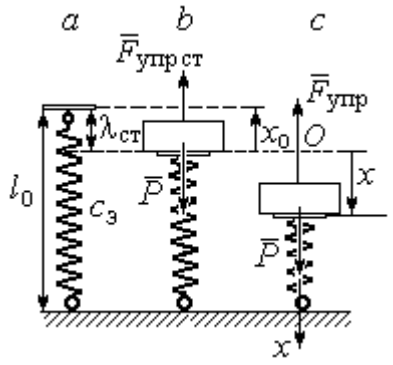


Рис. 4.13. Расчётная схема колебаний на эквивалентной пружине:
a – недеформированная пружина;
b – положение статического равновесия груза; *c* – произвольное положение

Подставляя это условие в уравнение движения груза, получим дифференциальное уравнение колебаний: $m\ddot{x} + c_э x = 0$ или $m\ddot{x} + \omega^2 x = 0$, где $\omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}}$ = 11,83 рад/с – угловая частота колебаний.

Общее решение однородного уравнения колебаний представляется в виде $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где C_1 и C_2 – произвольные постоянные, вычисляемые по начальным условиям движения груза.

По условию задачи груз падает на площадку, установленную на недеформированных пружинах. Это означает, что начальная координата груза при его движении на пружинах соответствует положению недеформированной пружины: $x_0 = -\lambda_{ст} = -\dfrac{mg}{c_э} = -0{,}07$ м.

Начальная скорость колебаний груза равна скорости груза при падении его с высоты 1 м. Интегрируя уравнение движения груза во время падения $m\ddot{s} = mg$, где s – путь, пройденный телом, получим зависимость скорости от пройденного пути: $V^2 = 2gs$. Полагая s = 0,3, найдём скорость груза при его встрече с площадкой: V = 2,43 м/с. Проекция начальной скорости колебаний груза на ось x положительна: $V_{0x} = V$ = 2,43 м/с.

Подставив начальные условия в общее решение уравнения колебаний, получим: $C_1 = x_0 = -0{,}07$ м; $C_2 = \frac{V_{0x}}{\omega} = 0{,}2$ м. Окончательно уравнение колебаний груза на амортизаторе $x = -0{,}07\cos 11{,}83t + 0{,}2\sin 11{,}83t$. Амплитуда колебаний $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2} = 0{,}21$ м. Проседание амортизатора H отсчитывается от положения нерастянутых пружин: $H = A + \lambda_{ст} = 0{,}28$ м.

Задача 48. Для регистрации (записи) вертикальных колебаний тяжёлых платформ используется пружинный виброграф (рис. 4.14). Схема действия прибора состоит в следующем. Массивная платформа A совершает вертикальные гармонические колебания по закону $\xi = \xi(t)$. На платформе установлена вертикальная стойка с горизонтальной перекладиной, к которой прикреплена пружина жесткостью c. К нижнему концу пружины подвешен груз P массой m с индикаторной стрелкой B (см. рис. 4.14). Вертикальная шкала индикаторной стрелки закреплена на платформе A. В начальный момент груз на пружине находился в покое в положении статического равновесия. Определить закон колебаний стрелки B вдоль шкалы, если масса груза $m = 1$ кг, жесткость пружины $c = 10$ Н/м, платформа совершает вертикальные колебания по закону $\xi = a\sin pt$ см, где амплитуда $a = 0{,}02$ м, частота колебаний платформы $p = 7$ рад/с.

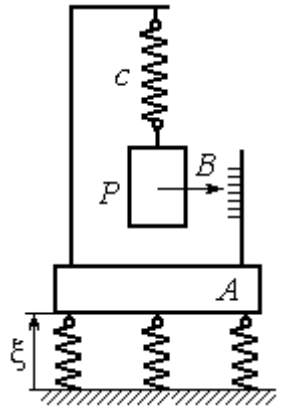


Рис.4.14. Регистратор вертикальных колебаний

Решение

Выберем неподвижную ось x, связанную, например, с неподвижной поверхностью, на которой стоит платформа. Начало координат – точку O выберем на уровне статического равновесия груза на пружине при неподвижной платформе. Произвольное положение груза отмечено координатой x (рис. 4.15).

Растяжение пружины при неподвижной платформе составляет величину $x+\lambda_{ст}$, где $\lambda_{ст}$ – удлинение пружины в положении статического равновесия груза, определяемое из условия $P-c\lambda_{ст}=0$. Вместе с тем колебание платформы вызывает аналогичное смещение точки подвеса пружины. В результате растяжение пружины при произвольном положении груза равно сумме: $\Delta\ell=(x+\lambda_{ст}+\xi)$.

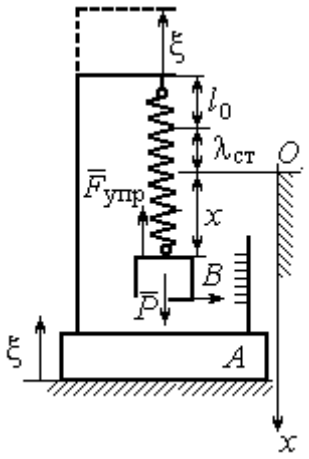


Рис. 4.15. Расчётная схема колебаний груза

На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{упр}$. Дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*: $m\ddot{x}=P_x+F_{упр\,x}$, где проекции $P_x=P$, $F_{упр\,x}=-c\Delta\ell=-c(x+\lambda_{ст}+\xi)$. Расчётная схема колебаний груза показана на рис. 4.15.

С учётом условия статического равновесия груза $P-c\lambda_{ст}=0$ получим дифференциальное уравнение вынужденных колебаний груза в виде:

$$\ddot{x}+\omega^2x=-h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний груза, $\omega=\sqrt{\dfrac{c}{m}}=3{,}16$ рад/с;

h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h=\dfrac{ca}{m}$ = 0,2 м/с^2;

p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 7 рад/с.

Решение уравнения вынужденных колебаний представляется суммой $x=x_1+x_2$, где x_1 является общим решением однородного уравнения $\ddot{x}_1+\omega^2x_1=0$, а x_2 – частное решение уравнения вынужденных колебаний: $\ddot{x}_2+\omega^2x_2=-h\sin pt$.

Решив однородное уравнение, находим: $x_1=C_1\cos\omega t+C_2\sin\omega t$.

При отсутствии резонанса (а в данном случае частота вынужденных колебаний груза не совпадает с частотой собственных $\omega \neq p$) частное решение уравнения вынужденных колебаний ищем в виде $x_2 = b\sin pt$. Подставляя частное решение в уравнение вынужденных колебаний, получим уравнение $-bp^2\sin pt + \omega^2 b\sin pt = -h\sin pt$, откуда находим коэффициент: $b = \dfrac{h}{p^2 - \omega^2}$.

В результате общее решение уравнения колебаний принимает вид:

$$x = x_1 + x_2 = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{p^2 - \omega^2}\sin pt,$$

где константы C_1 и C_2 подлежат определению.

В начальный момент груз находился на пружине в положении статического равновесия, и потому его начальная координата и скорость равны нулю Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим C_1= 0. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \dfrac{hp}{p^2 - \omega^2}\cos pt$. Подставив начальное значение скорости груза, найдём $C_2 = -\dfrac{hp}{\omega(p^2 - \omega^2)} = -0{,}01$ м.

Таким образом, колебания груза относительно неподвижной системы координат описываются уравнением $x = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t$ и представляют абсолютное движение груза. Для того чтобы найти закон движения груза относительно платформы – относительное движение, нужно из его абсолютного движения исключить переносное – колебания платформы. Поскольку стрелка прибора закреплена на грузе, а шкала – на платформе, то закон движения стрелки относительно шкалы:

$$x_r = x - \xi = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}05\sin 7t - 0{,}02\sin 7t = -0{,}01\sin 3{,}16t + 0{,}03\sin 7t.$$

Упражнения

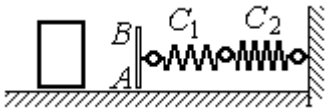


Рис. 4.16. Схема движения груза

Упражнение 4.3. Груз массы m = 0,5 кг, получив начальную скорость V_0 = 6 м/с, движется по горизонтальной поверхности, испытывая силу сопротивления, равную по величине $F = kV$ и направленную в сторону, противоположную движению. Через 1 с груз соединяется с невесомой вертикальной площадкой AB и продолжает движение вместе с ней, уже без сопротивления. К площадке прикреплены две горизонтальные последовательно соединённые пружины жёсткостью C_1 = 120 и C_2 = 40 Н/м (рис. 4.16).

Найти величину максимального сжатия пружины, если k = 0,5 Н/м/с. Определить закон движения груза.

Упражнение 4.4. Груз массы m =1 кг прикреплен к конструкции, состоящей из трёх вертикальных пружин одинаковой жёсткости C = 160 Н/м (рис. 4.17), и находится в равновесии. В некоторый момент времени грузу сообщают скорость V = 4 м/с, направленную вверх.

Найти амплитуду и частоту колебаний груза.

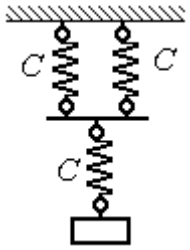


Рис. 4.17. Схема крепления груза на пружинах

4.3. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой постоянной по величине и направлению силы $\vec{F}$ на прямолинейном перемещении точки приложения силы M (рис. 4.18) называется скалярная величина $A(\vec{F}) = FS\cos\alpha$, где F – модуль силы; S – конечное перемещение точки приложения силы; α – угол между направлением вектора силы и направлением перемещения точки приложения силы.

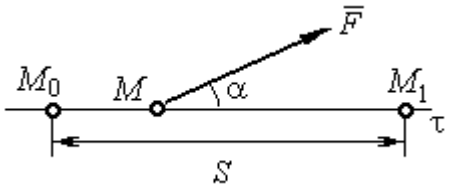


Рис. 4.18. Работа постоянной силы на прямолинейном участке

Работа силы тяжести материальной точки при перемещении её из положения M_0 в положение M_1 равна произведению $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – вертикальное перемещение точки (рис. 4.19).

Работа силы тяжести положительна, если начальная точка движения выше конечной (см. рис. 4.19, *a*), и отрицательна, если начальная точка ниже конечной (см. рис. 4.19, *b*).

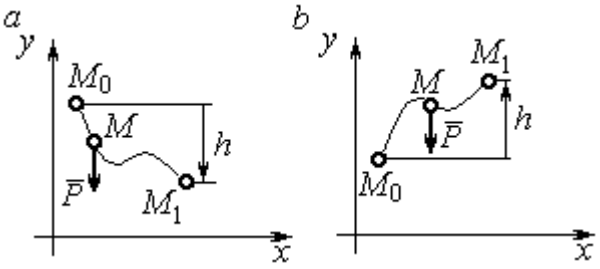


Рис. 4.19. Работа силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы упругости пружины при перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние *h* определяется формулой $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\frac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \frac{1}{2}mV^2$, где *m* – масса точки; *V* – её скорость.

Теорема об изменении кинетической энергии точки. Изменение кинетической энергии материальной точки при переходе её из начального положения в текущее равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0, V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при перемещении её из положения M_0 в положение M_1. При несвободном движении точки в сумму работ сил войдёт и работа реакций связи.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат, ρ – радиус кривизны траектории точки.

Примеры решения задач с использованием теоремы об изменении кинетической энергии точки

Задача 49. Подъёмное устройство в шахте опускает груз массой 500 кг с постоянной скоростью V_0 = 6 м/с. После обрыва каната подъёмника срабатывает предохранительное устройство, которое создаёт силу трения между лифтом подъёмного устройства и стенками шахты. Какую силу трения, считая её постоянной, должно создать предохранительное устройство, чтобы остановить лифт на протяжении пути 10 м.

Решение

Рассмотрим падение груза после обрыва каната подъёмника. На груз действуют сила тяжести $\vec{P}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, направленная в сторону, противоположную движению. Считая груз материальной точкой, составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки. Получим выражение $\frac{mV^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = Ps - F_{\text{тр}}s$, где V_0, V – скорость груза в начале движения (сразу после обрыва каната) и в конце; s – путь, проходимый грузом за время движения. В конце движения груз должен остановиться, то есть V = 0. Тогда уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\frac{mV_0^2}{2} = \left(P - F_{\text{тр}}\right)s$, откуда находим требуемую для остановки груза силу трения: $F_{\text{тр}} = P + \frac{mV_0^2}{2s}$. Подставляя условия задачи, получим: $F_{\text{тр}}$ = 5,81 кН

Задача 50. Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг сопряженных окружностей радиусов R = 1 м и r = 0,5 м (рис. 4.20). Линия OO_1, соединяющая центры окружностей, составляет с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик весом P = 10 Н. В точке A, положение которой на дуге радиуса R определяется углом α = 60°, шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он скользит по стержню без трения. Опре-

делить значение начальной скорости, при которой шарик достигнет наивысшей точки B со скоростью, равной половине начальной. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке C, положение которой на дуге радиуса r определяется углом $\beta = 90°$ относительно линии центров.

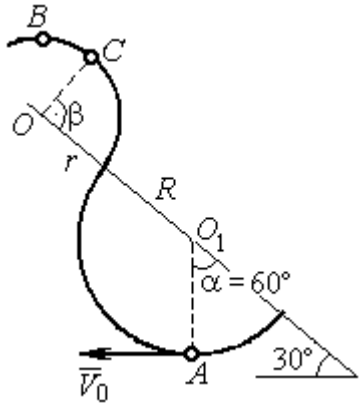


Рис. 4.20. Движение шарика по изогнутому стержню

Решение

При движении шарика по стержню без трения на него действуют сила тяжести $\vec{P}$ и реакция опоры $\vec{N}$. При этом работу совершает только сила тяжести шарика. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня и потому её работа равна нулю.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении её из начального положения A в положение B имеем равенство:

$$\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = -Ph_{(AB)},$$

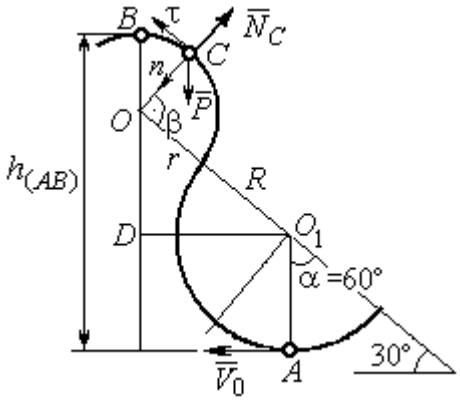


Рис. 4.21. Расчётная схема движения шарика

где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек B и A, $h_{(AB)} = R + DO + r = \frac{3}{2}(R + r)$ (см. рис. 4.21); V_A, V_B – скорость шарика в точках A и B, причём $V_A = V_0$, $V_B = 0{,}5V_0$.

В результате уравнение, составленное на основании теоремы об изменении кинетической энергии, принимает вид: $\frac{3V_0^2}{8} = g\frac{3}{2}(R + r)$, откуда $V_0 = 2\sqrt{(R + r)g} = 7{,}67$ м/с.

На рис. 4.21 показаны силы, приложенные к шарику, в момент, когда он находится в точке *C*. Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn. Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N_C$, откуда найдём реакцию N_C.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *C* в положение *B*. Получим равенство $\dfrac{mV_B^2}{2} - \dfrac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где $h_{(CB)}$ – перепад высот при движении шарика из начального положения *C* в положение *B*. С учётом известных значений $V_B = 0{,}5V_0 =$ 3,84 м/с и $h_{(CB)} = r\cos 30^\circ =$ 0,43 м получим: $V_C = \sqrt{V_B^2 + 2gh_{(CB)}} =$ 4,82 м/с.

Из уравнения движения шарика находим реакцию опоры $N_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} =$ – 38,7 Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика показывает, что фактическое направление реакции противоположно тому, как показано на рис. 4.21. Искомое давление шарика на трубку равно модулю реакции опоры.

Задача 51. Желоб состоит из шероховатой наклонной прямой *AB* и гладкой дуги окружности радиуса *r* = 0,8 м, сопряжённых в точке *B* так, что прямая *AB* является касательной к окружности в точке *B* (рис. 4.22). Положение точки *B* на дуге задаётся углом 30º относительно вертикального диаметра окружности. Тяжёлый шарик массой *m* = 0,5 кг начинает движение из точки *A* со скоростью $V_0 = 0{,}2$ м/с.

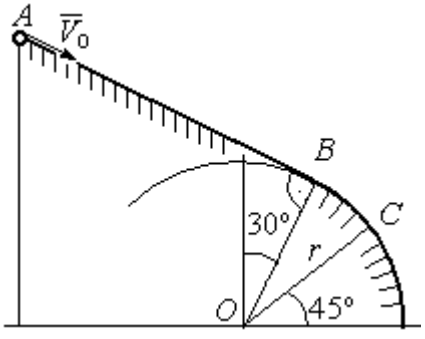


Рис. 4.22. Движение точки по составному желобу

Какой длины *S* должен быть желоб *AB*,

чтобы шарик оторвался от окружности в точке C, определяемой углом 45º относительно горизонтального диаметра, если при движении по прямой AB шарик испытывает сопротивление скольжения с коэффициентом трения $f = 0{,}4$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по дуге окружности. Проведём в точке C оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.23). На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, реакция $\vec{N}_C$ опоры в точке C. Уравнение движения шарика в проекции на ось Cn имеет вид: $m\dfrac{V_C^2}{r} = P\cos 45^\circ - N_C$, где V_C – скорость шарика в точке C. Реакция опоры $N_C = P\cos 45^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r}$.

В момент отрыва шарика в точке C реакция опоры обращается в ноль: $N_C = 0$. В результате получаем уравнение $V_C^2 = rg\cos 45^\circ$, из которого находим скорость шарика в момент его отрыва от опоры: $V_C = 2{,}36$ м/с.

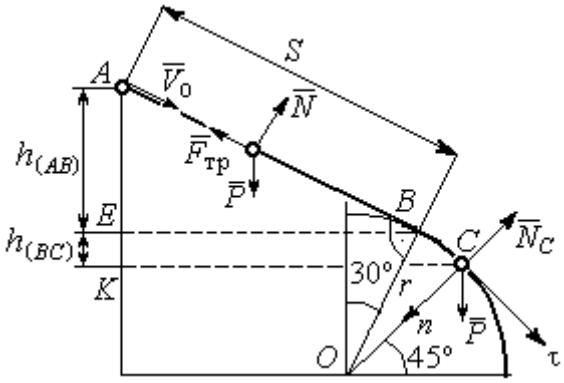


Рис. 4.23. Расчётная схема движения точки

Рассмотрим движение шарика из начального положения A в положение C. На шарик действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и, при движении по наклонной прямой AB, сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (см. рис. 4.23). Работу совершают сила тяжести шарика и сила трения. Реакция опоры $\vec{N}$ и в том и другом случае перпендикулярна траектории движения, и её работа равна нулю.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки $\dfrac{mV_C^2}{2} - \dfrac{mV_A^2}{2} = Ph_{(AC)} - F_{\text{тр}}S$, где S – длина участка AB; $h_{(AC)}$ – перепад высот на участке AC (см. рис. 4.23); $h_{(AC)} = h_{(AB)} + h_{(BC)} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right)$.

Модуль силы трения: $F_{\text{тр}} = fN$. Для того чтобы найти реакцию N опоры шарика на наклонную поверхность желоба AB, составим проекцию уравнения движения шарика на ось y, перпендикулярную AB (на рис. 4.23 не показана). Получим: $m\ddot{y} = N - P\cos 30^\circ = 0$. Отсюда $N = P\cos 30^\circ$ и сила трения $F_{\text{тр}} = fP\cos 30^\circ$.

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии точки найдём выражение для определения длины S участка AB:

$$\frac{V_C^2 - V_A^2}{2g} = S\sin 30^\circ + r\left(\cos 30^\circ - \cos 45^\circ\right) - fPS\cos 30^\circ,$$

откуда получим $S = 1$ м.

Задача 52. Груз подвешен на нити длиной $l = 1$ м, закреплённой в неподвижной точке O (рис. 4.24). В начальный момент груз находился в положении A, при котором линия OA составляет с вертикалью угол $60°$. В этом положении грузу сообщают начальную скорость $\vec{V}_0$, перпендикулярно нити. Достигнув горизонтального положения, нить, натянутая грузом, встречает препятствие в виде тонкой проволоки в точке O_1, расположенной на середине длины нити, и дальше навивается на неё.

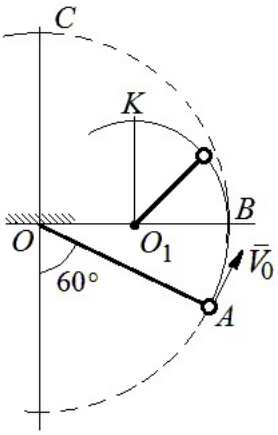


Рис. 4.24. Схема движения груза на нити

Какую минимальную начальную скорость нужно сообщить грузу в точке A, чтобы после встречи нити с проволокой в O_1 груз проскочил верхнюю точку траектории K. На какую максимальную высоту (относительно горизонтального диаметра OB) поднимется груз, двигаясь из той же точки A и с той же начальной скоростью, если нить будет двигаться беспрепятственно. Определить скачок натяжения нити в точке B при переходе груза с одной траектории на другую.

Решение

Построим оси естественной системы координат $n K \tau$ в точке K траектории – окружности радиуса $0{,}5l$ с центром O_1 (рис. 4.25, *a*). Во время движения на груз действуют сила тяжести и реакция нити. Уравнение движения груза в проекции на ось Kn имеет вид: $m\dfrac{V_K^2}{r} = P + N_K$, где V_K – скорость

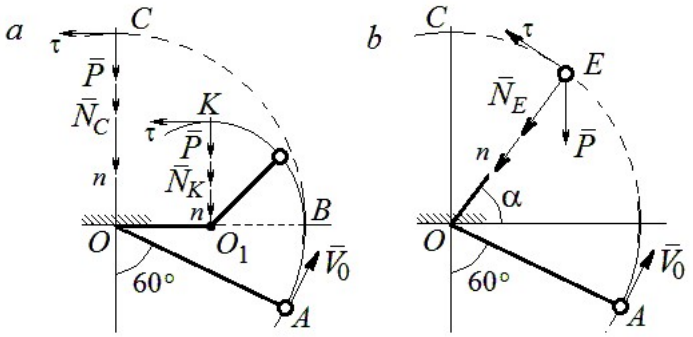


Рис. 4.25. Расчётная схема движения груза:
a – нить навивается на препятствие;
b – свободное движение

груза в точке K; N_K – реакция нити; r – радиус окружности движения груза; $r = 0{,}5l$. Из уравнения движения находим реакцию нити: $N_K = m\dfrac{2V_K^2}{l} - P$.

Так как нить представляет собой гибкую связь, то условием достижимости грузом точки K является требование, что при движении нить должна быть натянута, иначе говоря, всюду во время движения должно выполняться неравенство $N_K \geq 0$. С учётом уравнения движения груза это приводит к неравенству, выражающему требование к скорости в конечной точке: $V_K^2 \geq \dfrac{1}{2}gl$.

Скорость груза в точке K найдём на основании теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из положения A в положение K. Имеем равенство $\dfrac{mV_K^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AK)}$, где $h_{(AK)}$ – перепад высот точек A и K; $h_{(AK)} = l$ (см. рис. 4.25, *a*). Решая полученное уравнение, найдём зависимость скорости груза в точке K от начальной: $V_K^2 = V_0^2 - 2gl$. С учётом выполнения неравенства натяжения нити получим: $V_0 \geq \sqrt{\dfrac{5}{2}gl}$.

При минимальной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$ груз достигает верхней точки *K*. Однако, натяжение нити в точке *K* обращается в нуль: $N_K = 0$ и нить в этом месте перестаёт быть натянутой. Груз продолжает движение, но уже в виде свободного падения с начальной скоростью $V_K = \sqrt{\frac{1}{2}gl}$.

Определим, на какую высоту поднимется груз из положения *A* с минимальной начальной скоростью $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, если нить движется беспрепятственно (см. рис. 4.25, *b*). Построим в точке *E* оси естественной системы координат $nE\tau$ аналогично тому, как это было сделано в точке *K*. Уравнение движения груза в проекции на ось *En* имеет вид: $m\frac{V_E^2}{l} = P\sin\alpha + N_E$, где V_E – скорость груза в точке *E*; N_E – проекция реакции нити на нормальную ось.

Для определения скорости груза в точке *E* составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении груза из начального положения *A* в положение *E*. Получим: $\frac{mV_E^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -Ph_{(AE)}$, где $h_{(AE)}$ – перепад высот точек *A* и *E*; $h_{(AE)} = \frac{l}{2} + l\sin\alpha$ (см. рис. 4.25, *b*). Решая полученное уравнение относительно скорости V_E при заданной начальной скорости $V_0 = \sqrt{\frac{5}{2}gl}$, найдём: $mV_E^2 = \frac{3}{2}mgl - 2mgl\sin\alpha$. С другой стороны, из уравнения движения груза (учитывая, что в точке *E* натяжение нити равно нулю: $N_E = 0$) получим: $mV_E^2 = Pl\sin\alpha$. Приравнивая выражения, получим $\sin\alpha = \frac{1}{2}$. Высота подъёма относительно горизонтального радиуса составляет $\frac{1}{2}l$.

Для определения скачка натяжения нити при переходе груза в точке B с окружности радиуса l на окружность радиуса $\frac{1}{2}l$, т. е. в момент, когда нить начинает навиваться на проволоку, напишем проекции уравнения движения груза на нормальную ось в точке B. Получим для малой окружности $\frac{2mV_B^2}{l} = N_B$ и для большой $\frac{mV_B^2}{l} = N'_B$, где N_B и N'_B – проекции реакции нити в точке B при движении груза по окружности радиусов $\frac{1}{2}l$ и l. Из уравнений видно, что переход груза с большой окружности на малую вызывает двукратное увеличение натяжения нити: $N'_B = \frac{3}{2}mg$, $N_B = 3mg$.

Задача 53. Шарик массой m = 0,5 кг движется в вертикальной плоскости из положения A внутри трубки, которая состоит из полуокружности AB радиуса R = 0,6 м и прямолинейного участка BD, сопряжённого в точке B с окружностью (рис. 4.26). Диаметр полуокружности AB составляет с горизонталью угол 60°. Начальная скорость шарика V_0 = 5 м/с. В конце кругового участка в точке B шарик упирается в недеформированную пружину жесткостью c = 100 Н/м. Найти величину S максимального сжатия пружины.

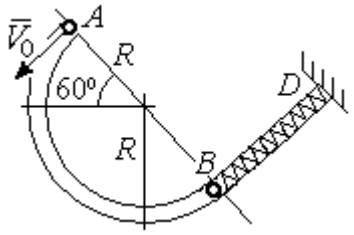


Рис. 4.26. Схема движения шарика

Решение

Найдём скорость шарика в точке B. Для этого составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения A в положение B. Получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(P) = Ph_{(AB)}$, где $h_{(AB)}$ – перепад высот точек A и B, $h_{(AB)} = 2R\sin 60^\circ = 1{,}04$ м (рис. 4.27).

Решая уравнение, найдём скорость шарика в точке B: $V_B = \sqrt{V_A^2 + 2gh_{(AB)}} = 6{,}74$ м/с.

Для того, чтобы найти величину максимального сжатия пружины, рассмотрим движение шарика на прямолинейном отрезке трубки BD. На этом отрезке работу совершают сила тяжести шарика и сила упругости пружины, приложенные к шарику (см. рис. 4.27).

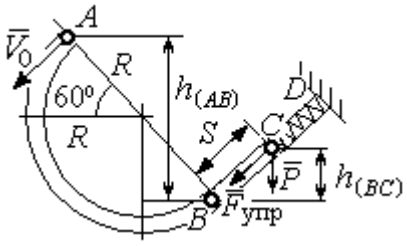


Рис. 4.27. Расчетная схема движения шарика

Обозначим S – максимальное сжатие пружины, равное BC. На основании теоремы об изменении кинетической энергии точки, применённой к движению шарика на отрезке BC, имеем уравнение $\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_B^2}{2} = A(P) + A(F_{упр}) = -Ph_{(BC)} - \frac{cS^2}{2}$,

где $h_{(BC)}$ – перепад высот точек B и C; $h_{(BC)} = S\sin 30^\circ = 0{,}5S$ (см. рис. 4.27).

В точке C максимального сжатия пружины скорость шарика обращается в нуль: $V_C = 0$. Подставляя это условие, с учётом $V_B = 6{,}74$ м/с, получим уравнение для определения величины максимального сжатия пружины: $S^2 + 0{,}05S - 0{,}23 = 0$.

Выбирая положительный корень уравнения, находим: $S = 0{,}45$ м.

Упражнения

Упражнение 4.5. Лётчик в самолёте пикирует из точки A по прямой, составляющей с горизонтом угол φ, с начальной скоростью V_0. Пройдя расстояние $AB = l$, самолёт продолжает движение по дуге окружности радиуса R, сопряженной с прямой AB в точке B (рис. 4.28).

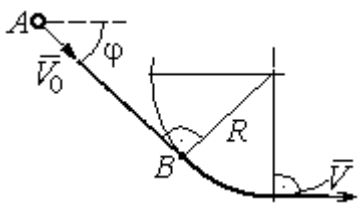


Рис. 4.28. Схема движения самолёта

Каким должен быть радиус окружности, чтобы в точке C – выхода самолёта на горизонтальный полёт - сила давления человека на корпус самолёта не превосходила его тройной вес.

Упражнение 4.6. Пружина жесткостью C = 100 Н/м, сжатая из недеформированного состояния на расстояние $KA = a = 0{,}3$ м, выталкивает шарик массой $m = 0{,}5$ кг, который отделяется от неё в точке K и продолжает движение в трубке по дуге KCB, окружности радиуса R = 1 м, затем – по горизонтальному участку BD. Определить давление шарика на трубку в точке C. Какой путь пройдёт шарик до остановки по прямой BD, если здесь на него действует сила трения с коэффициентом $f = 0{,}4$.

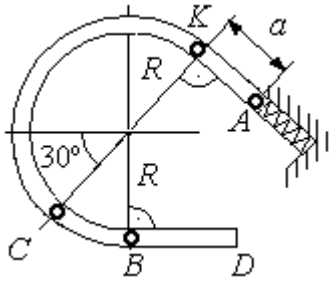


Рис. 4.29. Схема движения шарика в трубке

5. ОБЩИЕ ТЕОРЕМЫ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ

5.1. Теорема о движении центра масс системы

Центром масс системы материальных точек называют точку C, координаты которой x_C, y_C, z_C удовлетворяют равенствам:

$$mx_C = \sum m_k x_k \ , \quad my_C = \sum m_k y_k \ , \ mz_C = \sum m_k z_k \ ,$$

где m – масса системы: $m = \sum m_k$; m_k, x_k, y_k, z_k – массы и координаты материальных точек системы.

Теорема о движении центра масс системы. Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, и к которой приложены внешние силы, действующие на систему: $m\vec{a}_C = \sum \vec{F}_k^e$, где $\vec{a}_C$ – вектор ускорения центра масс системы; $\sum \vec{F}_k^e$ – сумма всех внешних сил, действующих на систему.

Пример решения задач на применение теоремы о движении центра масс

Задача 54. Груз 1, находящийся на верхнем основании прямоугольной пирамиды *ABCD*, соединен с грузом 2 нерастяжимой нитью, перекинутой через блок C (рис. 5.1). Определить перемещение пирамиды, если груз 2 опустился на высоту 1 м. Масса груза 1 m_1 = 15 кг, груза 2 m_2 = 20 кг, пирамиды m = 50 кг. Трение при движении груза 1 по пирамиде и пирамиды по горизонтальной поверхности не учитывать.

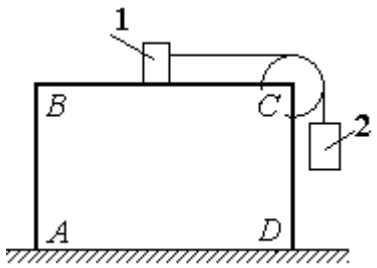


Рис. 5.1. Пирамида с системой подвижных грузов

Решение

Рассматриваем механическую систему, состоящую из двух грузов, соединённых нерастяжимой нитью, блока *C* и пирамиды *ABCD*.

Внешние силы, приложенные к системе: силы тяжести грузов и пирамиды – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}$ и нормальная реакция $\vec{N}$ опоры поверхности, на которой стоит пирамида. Направления векторов внешних сил показаны на рис. 5.2.

Выберем неподвижную систему координат *Axy*, как показано на рис. 5.2. Все внешние силы, действующие на механическую систему, вертикальны, поэтому дифференциальное уравнение, составленное на основании теоремы о движении центра масс механической системы в проекции на ось *Ax,* имеет вид:

$$(m + m_1 + m_2)\ddot{x}_C = P_{1x} + P_{2x} + P_x + N_x = 0$$

$$\text{или} \quad \ddot{x}_C = 0,$$

где x_C – координата центра масс системы.

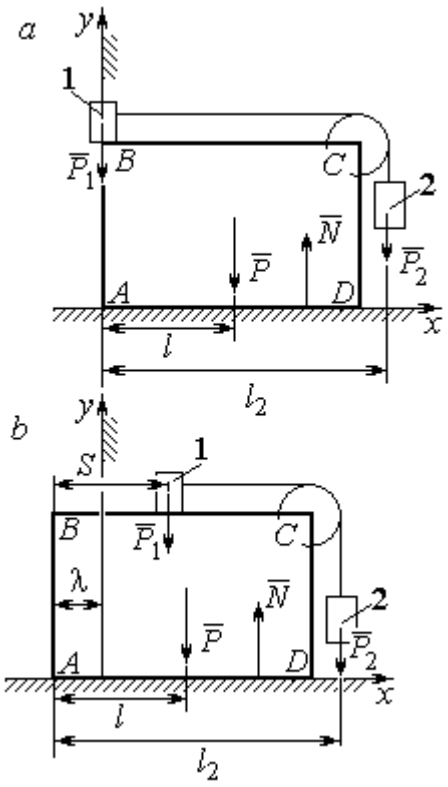


Рис. 5.2. Расчётная схема перемещения пирамиды: *a* – начальное положение; *b* – положение пирамиды при перемещении грузов на расстояние *S*

Проинтегрировав его дважды, получим закон движения центра масс системы: $x_C = C_1 t + C_2$, где константы интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. Предположим, в начальный момент движение в механической системе отсутствовало и координата центра масс системы была равна x_{C0} (на рис. 5.2, *a* не показана), то есть при $t = 0$ $x_C(0) = x_{C0}$ и $\dot{x}_C(0) = 0$. Подставляя начальные условия, получим: $C_1 = 0$, $C_2 = x_{C0}$. В результате закон движения центра масс системы имеет вид: $x_C = x_{C0}$. Последнее означает, что при любом перемещении тел в системе координата центра масс системы на оси *Ax* остаётся постоянной, равной своему начальному значению.

Предположим, в начальный момент времени груз 1 находился у левого края призмы, как показано на рис. 5.2, *a*.

Начальная координата x_{C0} центра масс системы находится из равенства $(m_1 + m_2 + m)x_{C0} = \sum m_k x_k = m_1 \cdot 0 + m_2 l_2 + ml$, где l_2 – расстояние от начала координат до линии действия силы тяжести груза 2 (координата центра масс гру-

за 2 на оси Ax); l – аналогичное расстояние до линии действия силы тяжести пирамиды (см. рис. 5.2, *a*). Тогда начальная координата центра масс системы: $x_{C0} = \dfrac{m_2 l_2 + ml}{(m_1 + m_2 + m)}$.

Положение грузов в системе, после того как груз 1 переместился на расстояние *S*, и положение призмы показано на рис. 5.2, *b*. На рисунке отмечено, что при перемещении груза 1 вправо на расстояние *S* призма *ABCD* сместилась влево на расстояние λ. Координата x_{C1} центра масс для нового положения системы определяется из равенства:

$$(m_1 + m_2 + m)x_{C1} = m_1(S - \lambda) + m_2(l_2 - \lambda) + m(l - \lambda).$$

Выражая отсюда координату x_{C1} и приравнивая её начальному значению координаты центра масс $x_{C0} = x_{C1}$, найдём перемещение пирамиды $\lambda = \dfrac{m_1 S}{(m_1 + m_2 + m)}$. Подставляя данные задачи, получим $\lambda = 0{,}18$ м.

5.2. Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси

Момент инерции однородного диска радиусом *R*, массой *m* относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска: $J_z = \dfrac{1}{2}mR^2$. **Для неоднородных тел момент инерции** относительно оси *z* вычисляется по формуле: $J_z = mi_z^2$, где i_z – радиус инерции тела.

Кинетическим моментом (моментом количества движения) системы относительно неподвижной оси *z* называется величина, равная сумме моментов количеств движения точек относительно этой оси $\vec{L}_z = \sum M_z(m_k \vec{V}_k)$.

Для твёрдого тела, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*, кинетический момент: $L_z = J_z\omega$, где J_z и ω – момент инерции и угловая скорость

тела. **Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси**. Производная по времени от кинетического момента системы относительно неподвижной оси z равна сумме моментов внешних сил относительно той же оси: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетического момента системы

Задача 55. Для подъёма груза используется лебёдка со ступенчатым барабаном и противовесом. Груз 1 массой m_1 поднимается на канате, навитом на барабан 2 массой m_2 радиуса R. Противовес 3 массой m_3 прикреплён к канату, который навит на малую ступень барабана радиуса r (рис. 5.3). Радиус инерции барабана относительно оси вращения i_z. На барабан действует постоянный момент сил сопротивления $M_c = 60$ Н·м. В начале движения к барабану лебёдки прикладывается вращающий момент, пропорциональный времени: $M_{вр} = 620 + 30t$ Н·м, который через 2 с отключается. Определить, на какую высоту поднимется груз, если движение началось из состояния покоя. Массы грузов и барабана: $m_1 = 100$ кг, $m_2 = 50$ кг, $m_3 = 20$ кг. Радиусы ступеней барабана и радиус инерции: $R = 0{,}6$ м; $r = 0{,}4$ м; $i_z = 0{,}5$ м.

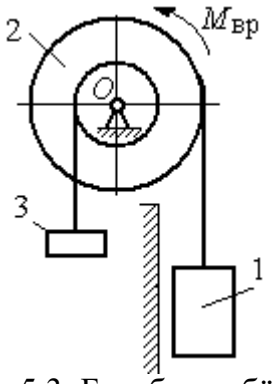


Рис. 5.3. Барабан лебёдки с грузом и противовесом

Решение

Решение следует рассматривать на двух этапах. На первом груз поднимается под действием вращающего момента, на втором – по инерции.

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, барабана 2 и противовеса 3. На систему действуют силы тяжести груза $\vec{P}_1$, барабана $\vec{P}_2$, противовеса $\vec{P}_3$, реакция шарнира $\vec{R}$, пара сил с моментом, равным моменту вра-

щения $M_{вр}$, и пара сил с моментом сопротивления M_c. Направления векторов сил и моментов показаны на рис. 5.4. Выберем начало оси *y*, вдоль которой поднимается груз на первом участке движения, в точке начала движения (см. рис. 5.4).

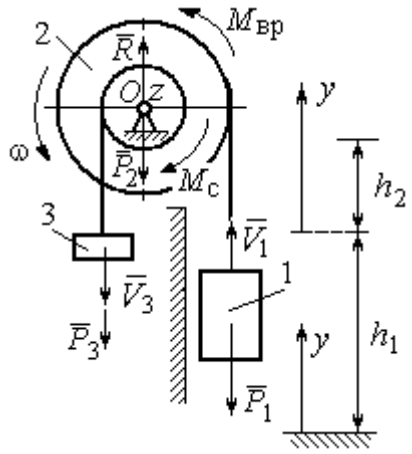


Рис. 5.4. Силы, действующие на систему во время движения

Воспользуемся теоремой об изменении кинетического момента системы относительно оси *z*, проходящей через центр *O*: $\frac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$. Кинетический момент системы относительно оси *z* равен сумме кинетических моментов барабана, груза и противовеса: $L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр}$. Кинетический момент барабана, вращающегося вокруг неподвижной оси *z*: $L_z^{бар} = J_z\omega$, где J_z – момент инерции барабана относительно оси *z*, $J_z = m_2 i_z^2$; ω – угловая скорость барабана. Рассматривая груз и противовес как материальные точки, найдём их кинетические моменты относительно оси *z*: $L_z^{гр} = M_z(m_1\vec{V}_1) = m_1V_1R$; $L_z^{пр} = M_z(m_3\vec{V}_3) = m_3V_3r$.

Суммарный кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{бар} + L_z^{гр} + L_z^{пр} = m_2 i_z^2\omega + m_1V_1R + m_3V_3r.$$

Выразим скорости груза 1 и противовеса 3 через угловую скорость барабана: $V_1 = \omega R$, $V_3 = \omega r$ - и подставим их в выражение кинетического момента. Получим $L_z = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\omega = (m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{V_1}{R}$.

Суммарный момент внешних сил относительно оси *z*

$$\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r.$$

Дифференциальное уравнение движения груза:

$$(m_2 i_z^2 + m_1R^2 + m_3r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(M_{вр} - M_c - P_1R + P_3r\right)R,$$

или с учётом данных задачи $\frac{dV_1}{dt} = 0{,}58 + 0{,}35t$.

Дважды интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём скорость груза V_1 и проходимый им путь y как функции времени:

$$V_1(t) = 0{,}58t + 0{,}175t^2;\quad y(t) = 0{,}29t^2 + 0{,}058t^3.$$

Из уравнений движения найдём: при $t = 2$ с (конец первого участка) груз поднялся на высоту $h_1 = y(2) = 1{,}62$ м и имел скорость $V_1 = V_1(2) = 1{,}86$ м/с.

На втором участке движения груз продолжает подниматься вверх. Уравнение движения груза здесь аналогично первому участку, за исключением вращающего момента (см. рис. 5.4):

$$(m_2 i_z^2 + m_1 R^2 + m_3 r^2)\frac{dV_1}{dt} = \left(-M_c - P_1 R + P_3 r\right)R, \text{ или } \frac{dV_1}{dt} = -6{,}61.$$

Представим ускорение груза в виде: $\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_1 dy}{dy dt} = V_1 \frac{dV_1}{dy}$. Теперь уравнение движения груза на втором участке имеет вид: $V_1 \frac{dV_1}{dy} = -6{,}61$. Интегрируя его, получим зависимость скорости груза от пройденного пути $\frac{V_1^2}{2} = -6{,}61y + C_3$. Выберем начало второго участка на высоте h_1. Из начальных условий движения груза: при $t = 0$, $y = 0$, $V_1 = 1{,}86$ м/с, получим: $C_3 = 1{,}73$.

Максимальную высоту h_2, на которую поднялся груз на втором участке, определим из условия, что в этой точке скорость груза обращается в нуль. Имеем $0 = -6{,}61h_2 + 1{,}73$, откуда $h_2 = 0{,}26$ м. Максимальная высота подъёма груза $H = h_1 + h_2 = 1{,}88$ м.

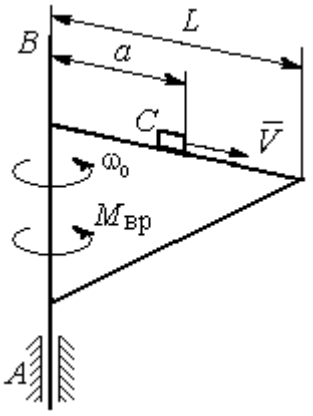


Рис. 5.5. Поворотный кран

Задача 56. Тележка C поворотного подъёмного крана (рис. 5.5) движется с постоянной относительно стрелы скоростью $V = 0{,}5$ м/с. Длина стрелы

L = 10 м, масса тележки с грузом m_1 = 100 кг, момент инерции крана относительно оси вращения AB без учёта тележки и груза J = 1800 кг·м^2. Двигатель крана создаёт постоянный вращающий момент $M_{вр}$ = 400 Н·м. Определить угловую скорость крана в момент, когда тележка достигнет края стрелы, если в начальный момент конструкция вращалась с угловой скоростью ω_0 = 2 рад/с, а тележка находилась на расстоянии a = 1 м от оси вращения.

Решение

На систему действуют внешние силы: $\vec{P}_1$ – сила тяжести тележки с грузом, $\vec{P}_2$ – сила тяжести поворотного крана (на рис. 5.6 показана в условном центре тяжести крана); $\vec{R}_x$, $\vec{R}_y$ – составляющие реакции подшипника A и пара сил с моментом, равным вращающему моменту $M_{вр}$ (см. рис. 5.6). Применим к описанию движения системы теорему об изменении кинетического момента системы относительно оси вращения z, направленной вдоль линии AB.

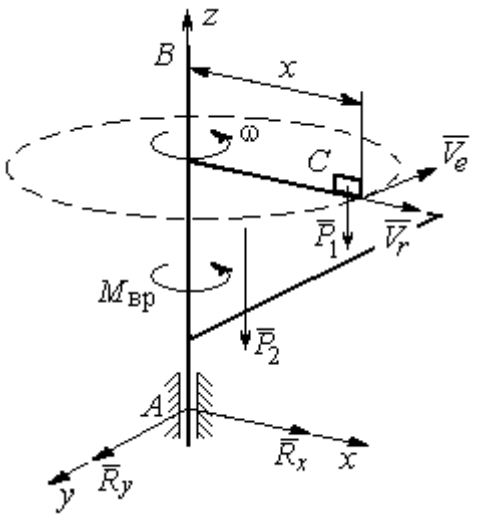


Рис. 5.6. Внешние силы, действующие на кран при его движении

Поскольку силы тяжести параллельны оси вращения крана, а составляющие реакции шарнира A пересекают её, то моменты этих сил относительно оси z равны нулю и теорема об изменении кинетического момента системы принимает вид: $\frac{dL_z}{dt} = M_{вр}$. Интегрируя это уравнение при постоянном вращающем моменте, получим равенство: $L_z - L_{z0} = M_{вр}t$, где L_z, L_{z0} – кинетический момент системы в текущий и начальный моменты времени.

Кинетический момент системы L_z равен сумме: $L_z = L_z^{кран} + L_z^{груз}$. Кинетический момент крана как твердого тела, вращающегося вокруг неподвижной

оси: $L_z^{\text{кран}} = J\omega$. Полагая тележку с грузом материальной точкой, определим её кинетический момент $L_z^{\text{груз}}$, как момент вектора количества движения тележки относительно оси *z*. Тележка с грузом участвует в сложном движении. Вектор абсолютной скорости тележки $\vec{V}_{\text{абс}}$ равен сумме $\vec{V}_{\text{абс}} = \vec{V}_r + \vec{V}_e$, где $\vec{V}_r$ относительная скорость тележки (перемещение по стреле крана); $\vec{V}_e$ – переносная скорость (движение вместе с краном). Воспользовавшись теоремой Вариньона при вычислении момента количества движения тележки с грузом, получим:

$$L_z^{\text{груз}} = M_z(m_1\vec{V}_{\text{абс}}) = M_z(m_1\vec{V}_e + m_1\vec{V}_r) = M_z(m_1\vec{V}_e) = m_1V_ex = m_1\omega x^2.$$

В результате суммарный кинетический момент системы в текущий момент времени $L_z = L_z^{\text{кран}} + L_z^{\text{груз}} = \left(J + m_1x^2\right)\omega$. Тогда начальный кинетический момент систем: $L_{z0} = \left(J + m_1a^2\right)\omega_0$.

Подставляя выражения начального и текущего кинетического моментов в уравнение движения, получим: $\left(J + m_1x^2\right)\omega - \left(J + m_1a^2\right)\omega_0 = M_{\text{вр}}t$, откуда закон изменения угловой скорости крана $\omega = \dfrac{M_{\text{вр}}t + \left(J + m_1a^2\right)\omega_0}{\left(J + m_1x^2\right)}$. Момент времени $t_{\text{к}}$, когда тележка достигнет края стрелы ($x = L$), найдём из условия движения тележки по стреле с постоянной скоростью: $Vt_{\text{к}} = L - a$. С учётом данных задачи угловая скорость крана в этот момент $\omega(t_{\text{к}}) = 0{,}93$ рад/с.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении $T = \dfrac{1}{2}mV_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела; **при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \dfrac{1}{2}J_z\omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси *z*; ω – угловая скорость тела; **при плоскопа-**

раллельном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной силы F при прямолинейном перемещении точки приложения силы $A = FS\cos\alpha$, где S – перемещение точки; α – постоянный угол между перемещением и направлением силы. **Работа пары сил с постоянным моментом** M при повороте тела на конечный угол φ вычисляется по формуле: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы F называют величину, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}$, где V – скорость точки приложения силы. При плоском движении тела мощность силы равна сумме скалярных произведений: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O \cdot \vec{\omega}$, где V_O – скорость точки, выбранной полюсом; ω – угловая скорость тела; $\vec{M}_O = M_O(\vec{F})$ – момент силы относительно полюса. Если в качестве полюса выбрать точку K – мгновенный центр скоростей, то мощность силы $N(\vec{F}) = \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}$, где $M_K(\vec{F})$ – момент силы относительно мгновенного центра скоростей.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы при перемещении её

из начального состояния в текущее равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему: $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ и сумма мощностей внутренних сил равны нулю: $\sum A(\vec{F}_k^i) = 0$.

Примеры решения задач на применение теоремы об изменении кинетической энергии системы

Задача 57. Планетарный механизм, позволяющий получать повышенные передаточные отношения угловых скоростей, состоит из трех одинаковых колёс, соединённых кривошипом *OA* (рис. 5.7). Колесо 1 неподвижно, кривошип *OA* вращается с угловой скоростью ω_{OA} и приводит в движение колёса 2 и 3. Полагая массы колёс и их радиусы одинаковыми, равными *m* и *r,* и пренебрегая массой кривошипа, найти кинетическую энергию механизма.

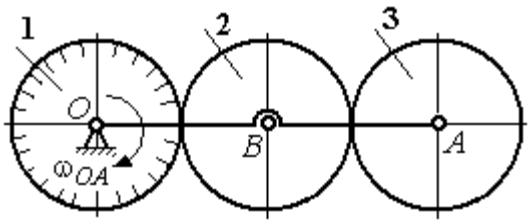


Рис. 5.7. Планетарный механизм

Решение

Кинетическая энергия механизма *T* равна сумме энергий колёс 2 и 3: $T = T_2 + T_3$. Энергия колеса 1 равна нулю потому, что оно неподвижно, а энергия кривошипа равна нулю, так как массой кривошипа пренебрегаем. При движении механизма колесо 2, увлекаемое кривошипом, катится по неподвижной поверхности первого колеса. Энергия колеса 2:

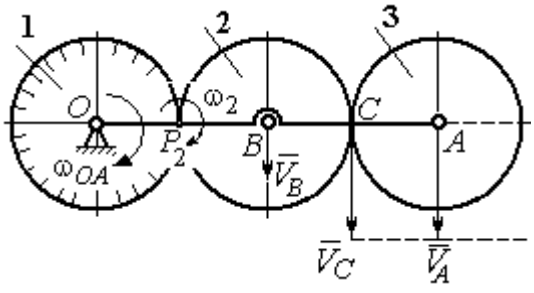


Рис. 5.8. Расчётная схема вычисления энергии механизма

$T_2 = \frac{mV_B^2}{2} + \frac{J_{2B}\omega_2^2}{2}$, где V_B – скорость центра масс колеса 2, J_{2B} – момент инерции колеса 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости колеса, $J_{2B} = \frac{mr^2}{2}$.

Выразим кинетическую энергию колеса 2 через угловую скорость ω_{OA} кривошипа OA.

Скорость точки B, лежащей на кривошипе OA: $V_B = \omega_{OA} \cdot OB = \omega_{OA} 2r$.

Так как точка P_2 касания колёс 1 и 2 является мгновенным центром скоростей колеса 2 (рис. 5.8), угловая скорость колеса 2 $\omega_2 = \frac{V_B}{BP_2}$. В результате получим: $\omega_2 = 2\omega_{OA}$. Подставив зависимости V_B и ω_2 в выражение кинетической энергии колеса 2, найдём:

$$T_2 = \frac{m(\omega_{OA} 2r)^2}{2} + \frac{mr^2}{2} \cdot \frac{(2\omega_{OA})^2}{2} = 3m\omega_{OA}^2 r^2.$$

Вычислим кинетическую энергию колеса 3. Найдём скорость точки C, считая, что она принадлежит колесу 2: $V_C = \omega_2 \cdot P_2C = 4\omega_{OA} r$. Скорость точки A – центра колеса 3 определим, полагая, что точка A лежит и на кривошипе: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 4\omega_{OA} r$. Скорости двух точек A и C колеса 3 равны и параллельны, причём линия AC перпендикулярна векторам скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (см. рис. 5.8). В этом случае мгновенный центр скоростей отсутствует и колесо 3 совершает мгновенно-поступательное движение. Энергия поступательного движения колеса 3: $T_3 = \frac{mV_A^2}{2} = \frac{m(4\omega_{OA} r)^2}{2} = 8m\omega_{OA}^2 r^2$.

Окончательно, энергия механизма: $T = T_2 + T_3 = 11m\omega_{OA}^2 r^2$.

Задача 58. Горизонтальный желоб DE опирается на блок 1 и на каток 3 одинакового радиуса r (рис. 5.9). Блок 1 весом P_1 вращается вокруг неподвиж-

ной оси O_1. Каток 3 катится по горизонтальному рельсу без проскальзывания. На одной оси с катком 3 жестко связано колесо 2 радиуса R. Их общий вес равен Q, а общий радиус инерции относительно оси z, проходящей через центр масс C перпендикулярно плоскости катка, равен i_z. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Массой желоба пренебрегаем. Скольжение между желобом и блоком 1, а также катком 3 отсутствует. Определить ускорение центра масс колеса 2 и катка 3 и угловое ускорение блока 1, если: P_1 = 40 Н, Q = 60 Н, F = 50 Н, M = 45 Н·м, R = 0,8 м, r = 0,6 м, i_z = 0,4 м.

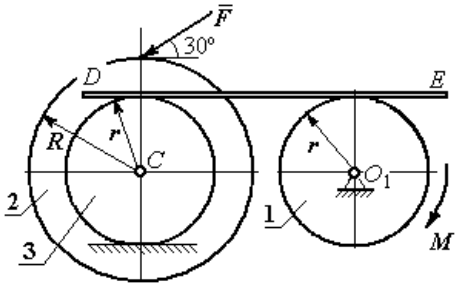


Рис. 5.9. Схема движения механической системы

Решение

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии для неизменяемых механических систем: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

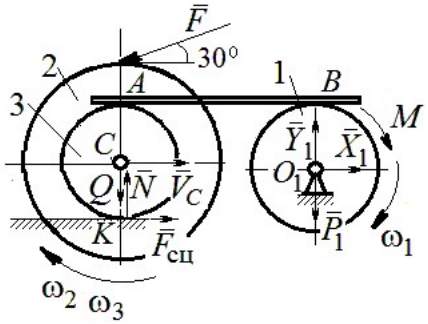


Рис. 5.10. Расчетная схема для исследования движения системы

Предположим, во время движения системы блок 1 вращается по ходу часовой стрелки.

Угловые скорости ω_1, ω_2 блока 1, катка 3 и скорость $\vec{V}_C$ центра масс катка 3 показаны на рис. 5.10. Угловая скорость колеса 2 и катка 3 равны: $\omega_3 = \omega_2$.

Кинетическая энергия вращательного движения блока 1 $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$,

где J_{zO_1} – осевой момент инерции блока, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$.

Фигура, состоящая из катка 3 и колеса 2, двигается плоскопараллельно. Кинетическая энергия фигуры определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где m – общая масса катка и колеса, $m = \frac{Q}{g}$, J_{zC} – момент инерции фигуры относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m i_z^2$,

У катка 3 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка K на рис. 5.10). Тогда $\omega_3 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки A катка $V_A = \omega_3 2r = 2V_C$. Приравнивая скорость точки A на катке 2 к скорости точки B на блоке 1, получим $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

Найдём кинетическую энергию системы, выраженную через скорость центра масс катка 3:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{Q}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) V_C^2 = \frac{V_C^2}{2g}\left[2P_1 + Q\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил.

На блок 1 действуют: сила тяжести $\vec{P}_1$, пара сил с моментом M и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ (рис. 5.10). Мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Момент M направлен в сторону вращения блока 1, его мощность $N(M) = M\omega_1 = M\frac{2V_C}{r}$.

На каток 3 (вместе с жестко связанным с ним колесом 2) действуют: сила $\vec{F}$, сила тяжести $\vec{Q}$ катка и колеса, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления $\vec{F}_{\text{сц}}$ катка 3 с поверхностью.

Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей катка 3, скорость которого равна нулю. Мощность силы тяжести $\vec{Q}$ равна нулю, так как угол между вектором силы и вектором скорости точки C равен 90°.

Для определения мощности силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2. С учётом того, что скорость $V_K = 0$, получим:

$$N(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{V}_K + \vec{M}_K(\vec{F}) \cdot \vec{\omega}_2 = \vec{M}_K(\vec{F})\vec{\omega}_2 =$$

$$= -F(r+R)\omega_2 \cos 30° = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30°.$$

Поскольку вращение, создаваемое моментом силы $\vec{F}$ относительно центра K, противоположно выбранному направлению угловой скорости катка, мощность силы $\vec{F}$ отрицательная.

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -FV_C\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + M\frac{2V_C}{r}.$$

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы. Находим производную по времени от кинетической энергии системы $\frac{dT}{dt} = \frac{V_C}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]$ и приравниваем суммарной мощности внешних сил. Получим:

$$\frac{1}{g}a_C\left[2P_1 + Q\left(1+\frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F\left(1+\frac{R}{r}\right)\cos 30° + \frac{2M}{r},$$

откуда с учётом исходных данных задачи ускорение центра масс диска 2 $a_C = 2{,}88$ м/с^2. Для определения углового ускорения блока 1 продифференцируем по времени равенство $\omega_1 = \dfrac{2V_C}{r}$. Получим: $\varepsilon_1 = \dfrac{2a_C}{r} = 9{,}6$ рад/с^2.

Задача 59. Каток радиуса *r*, весом *P* закатывают вверх по наклонной плоскости приложив в центре катка силу $\vec{F}$ под углом 30° к наклонной плоскости (рис. 5.11). Сама плоскость наклонена под углом 30° к горизонту. Величина силы *F* = 2*P*. В начальном положении центр катка имел скорость V_0.

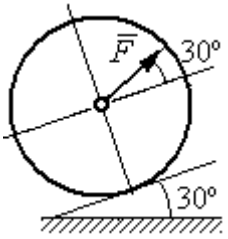


Рис. 5.11. Движение катка на наклонной плоскости

На какое расстояние *S* переместился центр катка, если в конце перемещения его скорость удвоилась.

Решение

Применим теорему об изменении кинетической энергии на конечном перемещении системы: $T - T_0 = \sum A(F_k)$. На каток действует сила тяжести $\vec{P}$, сила $\vec{F}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с наклонной плоскостью (рис. 5.12). При перемещении центра катка на расстояние *S* вдоль наклонной плоскости работу совершают только сила $\vec{F}$: $A(\vec{F}) = F\cos 30° S$ и сила тяжести: $A(\vec{P}) = -Ph$, где *h* – перепад высот при перемещении центра масс катка. Работа реакции опоры и силы сцепления равна нулю.

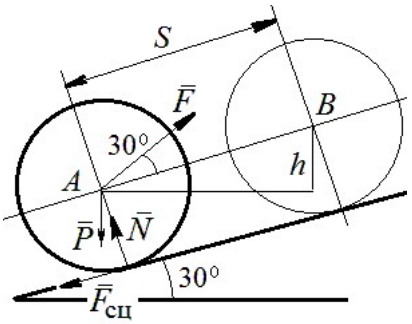


Рис. 5.12. Расчётная схема движения катка

Кинетическая энергия катка $T = \dfrac{1}{2}mV_A^2 + \dfrac{1}{2}J_{zA}\omega^2$, где J_{zA} – момент инерции фигуры относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zA} = \dfrac{mr^2}{2}$. Выражая угловую скорость катка через

скорость центра масс $\omega = \dfrac{V_A}{r}$, с учётом выражения момента инерции катка, получим энергию катка в виде: $T = \dfrac{3}{4} m V_A^2$.

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии при перемещении центра катка на расстояние S: $\dfrac{3}{4} m V_B^2 - \dfrac{3}{4} m V_A^2 = F\cos 30° S - Ph$, где $V_A = V_0$ $V_B = 2V_0$, $F = 2P$, $h = S\sin 30°$.

Найдём искомое перемещение: $S = \dfrac{9V_0^2}{4g\left(2\cos 30° - \sin 30°\right)}$.

Упражнения

Упражнение 5.1. Крановая тележка массы m_1 может перемещаться по горизонтальной балке без трения (рис. 5.13). В центре масс тележки закреплён трос длиной l, на другом конце которого привязан груз массы m_2. Трос может совершать колебательные движения в вертикальной плоскости. В начальный момент трос был в вертикальном положении. Определить горизонтальное перемещение тележки в зависимости от угла наклона троса. Весом троса пренебречь.

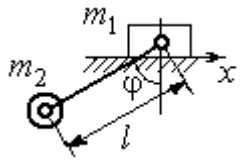


Рис. 5.13. Движение крановой тележки

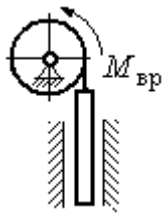


Рис. 5.14. Схема механизма лебёдки

Упражнение 5.2. К барабану лебёдки, поднимающей штангу, приложен вращающий момент, пропорциональный времени $M_{ВР} = kt$ (рис. 5.14). Штанга массы m_1 поднимается посредством каната, навитого на барабан массы m_2 и радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить угловую скорость барабана, считая его однородным диском.

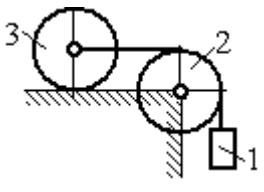


Рис. 5.15. Схема движения системы

Упражнение 5.3. Груз 1 массы m_1 подвешен на нерастяжимом тросе, другой конец которого переброшен через блок 2 и закреплён в центре масс катка 3 (рис. 5.15). Каток 3 катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания. Блок 2 и каток 3 – однородные диски массы m_2 и m_3, радиуса r. В начальный момент система находилась в покое. Определить скорость груза, когда он опустится на высоту h, если к катку 3 приложен момент M.

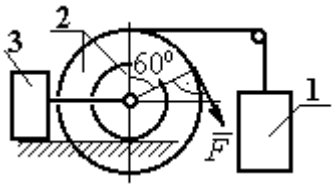


Рис. 5.16. Схема механизма катка

Упражнение 5.4. Механическая система включает два груза 1 и 3 одинакового веса P и каток 2 весом $2P$, радиусом $R = 2r$ с цилиндрическим выступом радиусом r (рис. 5.16). Каток катится выступом по неподвижной поверхности без проскальзывания. К катку по касательной к окружности приложена сила $F = 2P$. Найти ускорение центра масс катка, если его радиус инерции относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения: $i_{zC} = r\sqrt{2}$.

5.4. Применение общих теорем динамики системы к описанию движений твёрдого тела

Поступательное движение твердого тела описывается дифференциальными уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F^e_{kz}$ - или в алгебраической форме $ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}$, $ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}$, $ma_{Cz} = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; $\ddot{x} = a_{Cx}$, $\ddot{y} = a_{Cy}$, $\ddot{z} = a_{Cz}$ – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции внешних сил.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается дифференциальным уравнением: $J_z \dfrac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$ или алгебраическим уравнением: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается уравнениями движения центра масс и вращательного движения тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx};\ ma_{Cy} = \sum F^e_{ky};\ J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение каждого тела системы в отдельности, предварительно освободив его от связей и заменив их действие реакциями.

Примеры решения задач на составление уравнений движения твердых тел

Задача 59. Лебёдка поднимает груз 1 массы $m_1 = 50$ кг посредством троса, переброшенного через блок 3 и навитого на барабан 2 массы $m_2 = 20$ кг, радиуса $r = 0{,}8$ м (рис. 5.17). К барабану приложен постоянный вращающий момент $M_{вр} = 480$ Н·м. Определить ускорение груза, натяжение троса и реакцию шарнира барабана 2. Весом троса и массой блока 3 пренебречь, барабан считать сплошным цилиндром.

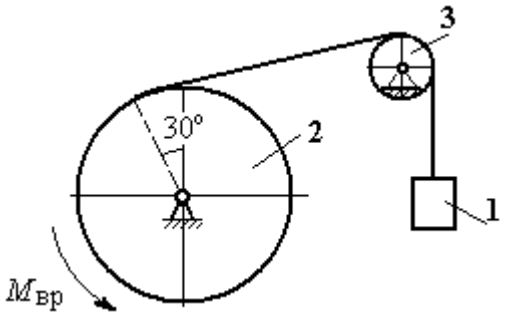


Рис. 5.17. Механизм лебёдки

Решение

Составим уравнение движения груза 1. Для этого освобождаем груз от связей, заменив действие троса реакцией. На груз действует сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция троса $\vec{H}_1$ (рис. 5.18). Выберем ось *x* по направлению движения груза. Уравнение движения груза в проекции на ось *x*: $m_1 a_1 = H_1 - P_1$.

Рассмотрим движение барабана 2. Освободим барабан от связей и заменим их действие реакциями.

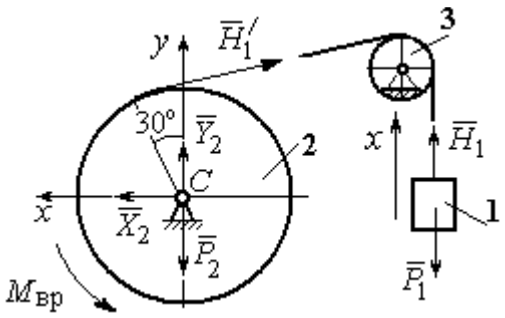


Рис. 5.18. Внешние силы и реакции, действующие на груз и барабан при движении системы

На барабан действует сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом вращения $M_{вр}$, реакция троса $\vec{H}_1'$ и реакция шарнира (на рис. 5.18 разложена на составляющие $\vec{X}_2$, $\vec{Y}_2$). Так как массой блока 3 пренебрегаем, то модули сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$ равны. Направления действия сил и момента показаны на рис. 5.18.

Уравнение вращательного движения барабана относительно оси z: $J_z\varepsilon_2 = \sum M_z(F_k) = M_{вр} - H_1'r$, где момент инерции барабана $J_z = \dfrac{m_2 r^2}{2}$.

Продифференцируем по времени равенство $V_1 = \omega_2 r$ и выразим угловое ускорение барабана через ускорение груза 1. Получим $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Подставляя выражение углового ускорения в уравнение вращательного движения барабана с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, напишем уравнения движения барабана и груза в виде системы уравнений:

$$m_1 a_1 = H_1 - P_1, \;\; m_2 a_1 = \frac{2M_{вр}}{r} - 2H_1,$$

откуда находим a_1= 1,82 м/с^2, H_1 = 581,8 Н. Натяжение троса численно равно реакции.

Для определения реакции шарнира составим (формально) уравнение движения центра масс блока 2 в проекциях на оси x, y (см. рис. 5.18):

$$m_2 a_{Cx} = X_2 - H_1'\cos 30^\circ = 0, \; m_2 a_{Cy} = Y_2 + H_1'\cos 60^\circ - P_2 = 0.$$

Отсюда $X_2 = 503{,}84$ Н, $Y_2 = -94{,}7$ Н, $R_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} = 512{,}66$ Н.

Задача 60. Барабан весом G, радиусом R имеет цилиндрический выступ радиусом r (рис. 5.19). Барабан скатывается по наклонной плоскости с углом наклона 30°, опираясь на неё поверхностью выступа. К барабану приложены постоянные силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$. Сила $\vec{F}_1$ направлена по касательной к поверхности барабана. Сила $\vec{F}_2$ действует под углом 30° к диаметру барабана, перпендикулярному наклонной плоскости. В начальный момент времени барабан приведён в равновесие парой сил с моментом M.

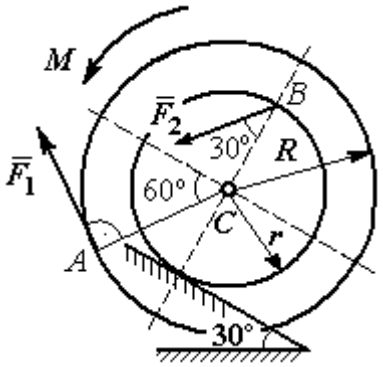


Рис. 5.19. Схема движения барабана по наклонной плоскости

Определить угловое ускорение барабана и закон движения центра масс, если в положении равновесия величину уравновешивающего момента увеличить в 1,2 раза. Исходные данные для решения задачи: R = 0,6 м, r = 0,2 м, G = 100 Н, F_1 = 60 Н, F_2 = 25 Н, радиус инерции барабана i_z = 0,4 м.

Решение

На барабан действуют силы $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{G}$, пара сил с неизвестным моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила $\vec{F}_{сц}$ сцепления барабана с поверхностью. Сила сцепления приложена в точке K касания выступа барабана с наклонной плоскостью и направлена вдоль неё (рис. 5.20).

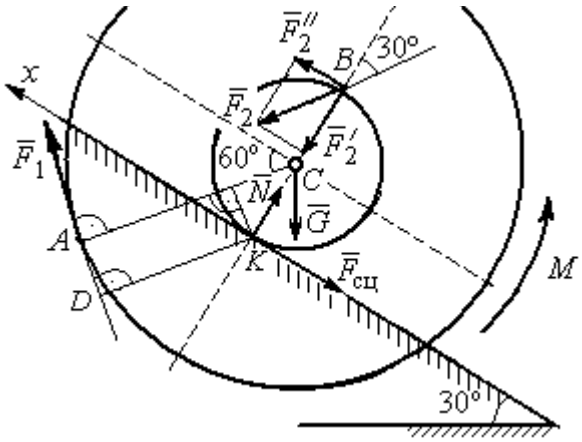


Рис. 5.20. Силы, действующие на барабан, во время движения

Для определения момента M, приводящего барабан в равновесие, запишем уравнение равно-

весия в виде равенства нулю моментов сил $\sum M_K(\vec{F}_k^e) = 0$ относительно точки *K*. Точка *K* выбрана с той целью, что в уравнение не будет входить момент неизвестной силы сцепления.

На рис. 5.20 показано разложение силы $\vec{F}_2$: $\vec{F}_2 = \vec{F}_2' + \vec{F}_2''$. Значения составляющих определяются как проекции: $F_2' = F_2\cos 30°$, $F_2'' = F_2\sin 30°$.

Применяя теорему Вариньона, вычислим момент силы $\vec{F}_2$ относительно точки *K*: $M_K(\vec{F}_2) = M_K(\vec{F}_2') + M_K(\vec{F}_2'') = F_2\sin 30° \cdot 2r$.

Момент силы $\vec{F}_1$ относительно точки *K*:

$$M_K(\vec{F}_1) = -F_1 \cdot KD = -F_1(R - r\cos 30°).$$

В результате уравнение моментов сил при равновесии барабана принимает вид

$$\sum M_K(\vec{F}_k^e) = -F_1(R - r\cos 30°) + F_2\sin 30° \cdot 2r - Gr\sin 30° + M = 0.$$

Подставляя сюда исходные данные задачи, находим величину уравновешивающего момента $M = 30{,}61$ Н·м. Направление момента показано дуговой стрелкой на рис. 5.20.

Увеличим значение момента *M*, удерживающего барабан в равновесии, в 1,2 раза: $M_1 = 1{,}2M$. Возникшее после этого качение барабана вверх по наклонной плоскости представляет собой плоскопараллельное движение, которое описывается с применением теорем о движении центра масс и об изменении кинетического момента.

Уравнение движения центра масс барабана в проекции на ось *x*, направленную вверх по наклонной плоскости, имеет вид:

$$m\ddot{x}_C = F_1\cos 30° + F_2\cos 60° - G\cos 60° - F_{\text{сц}},$$

где x_C – координата центра масс барабана.

Применив теорему об изменении кинетического момента барабана относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости

движения и считая моменты сил положительными, если они создают вращение в сторону движущегося вверх барабана, выразим уравнение вращательного движения барабана вокруг оси z в виде:

$$J_{zC}\ddot{\varphi} = -F_1 R + F_2 r\cos 60° + F_{\text{сц}} r + M_1,$$

где φ – угол поворота барабана; J_{zC} – момент инерции барабана, $J_{zC} = mi_z^2$; i_z – радиус инерции. С учётом соотношения $\ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r}$ получим уравнение:

$$m\ddot{x}_C\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right) = -F_1\left(\frac{R}{r} - \cos 30°\right) + 2F_2\cos 60° - G\cos 60° + \frac{M_1}{r}.$$

После подстановки данных задачи находим дифференциальное уравнение движения центра масс: $\ddot{x}_C = 0{,}6$. Дважды интегрируя его с нулевыми начальными условиями (так как движение началось из состояния покоя), находим закон движения центра масс: $x_C = 0{,}3t^2$ м. Из уравнения следует, что барабан движется в сторону положительного направления оси x.

Угловое ускорение барабана $\varepsilon = \ddot{\varphi} = \dfrac{\ddot{x}_C}{r} = 3$ рад/с^2.

Задача 61. Механизм (рис. 5.21) включает в себя груз 1, каток 2 и ступенчатый барабан 3, соединённых нерастяжимыми нитями. Движение механизма происходит из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы

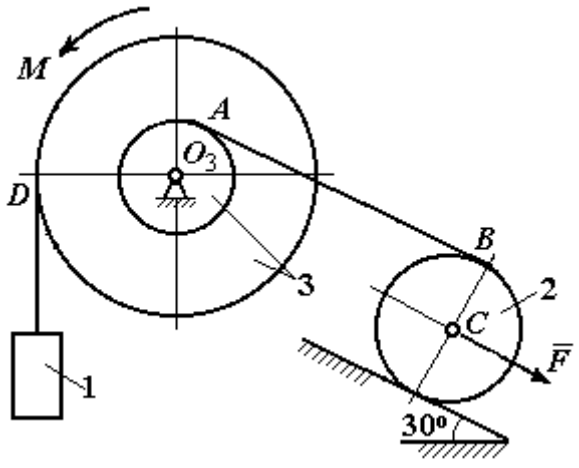


Рис. 5.21. Конструкция механической системы

$\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, и пары сил с моментом M, приложенной к барабану 3. Качение катка 2 по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту 30º происходит без проскальзывания.

Каток 2 считать однородным диском радиуса R_2. Радиусы ступеней барабана 3: R_3, r_3, радиус инерции барабана i_3.

Найти ускорение груза 1, силы натяжения нитей и динамическую реакцию шарнира барабана 3, если $P_1 = P_2 = 2P$; $P_3 = 3P$, $F = 3P$; $M = Pr$, $R_2 = 2r$; $R_3 = 3r$; $r_3 = r$; $i_3 = r\sqrt{3}$.

Решение

Рассмотрим движение каждого тела системы отдельно, предварительно освободив тела от связей и заменив их действие реакциями. На рис. 5.22 изображены силы, действующие на тела системы, после освобождения их от связей и направление движения каждого тела.

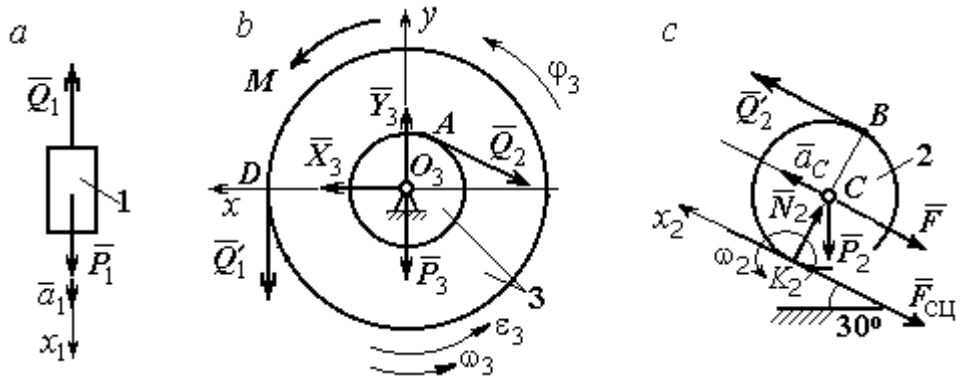


Рис. 5.22. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему

Допустим, груз движется вниз со скоростью V_1, ускорением a_1. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.22, *a*). Направим ось x_1 в сторону движения груза. Уравнение движения груза вдоль оси x_1 имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1 .$$

Барабан 3 вращается вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс O_3. На диск 3 действует сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника $\vec{R}_3$ (на

рис. 5.22, *b* показано разложение реакции на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$), пара сил с моментом *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$.

При составлении уравнения вращательного движения барабана моменты сил относительно оси считаем положительными, если они создают поворот в сторону вращения барабана. Уравнение вращения барабана 3 имеет вид:

$$J_{zO_3}\varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1'R_3 + M - Q_2r_3 = Q_1'3r + Pr - Q_2r,$$

Момент инерции барабана относительно оси *z*: $J_{zO_3} = m_3i_3^2 = \dfrac{9Pr^2}{g}$;

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$, нормальная реакция $\vec{N}_2$ наклонной плоскости и сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления диска с поверхностью (рис. 5.22, *c*).

Выберем ось x_2 по направлению движения центра масс катка 2. Плоскопараллельное движение катка описывается уравнениями движения его центра масс в проекции на ось x_2 и вращения вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2\cos 60^\circ = Q_2' - 3P - F_{\text{сц}} - P;$$

$$J_C\varepsilon_2 = Q_2'R_2 + F_{\text{сц}}R_2 = Q_2'2r + F_{\text{сц}}2r,\ \ J_C = \frac{m_2R_2^2}{2}.$$

При составлении второго уравнения момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения катка.

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей между ускорениями точек и угловыми ускорениями тел. Предположим, скорость центра масс катка 2 равна V_C (см. рис. 5.22, *c*). Угловая скорость катка $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK_2} = \dfrac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от

центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей. Продифференцировав по времени последнее равенство, получим: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \dfrac{\dot{V}_C}{R_2} = \dfrac{a_C}{2r}$.

Скорость точки B катка 2 $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = 2V_C$. Приравняв скорость точки A к скорости точки B (см. рис. 5.21), получим: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \dfrac{2V_C}{r}$. После дифференцирования найдём: $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс катка 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда ускорение груза 1 $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения с учётом равенства модулей сил $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_1$, а также $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ получим систему:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1; \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}; \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

откуда находим: $a_C = 0{,}09g$, $Q_1 = 0{,}92P$, $Q_2 = 2{,}14P$.

Динамические реакции $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, действующие на ось вращающегося барабана 3 (рис. 5.22, *b*), определяются из уравнений, которые можно получить, формально применив к барабану теорему о движении центра масс. Так как центр масс барабана 3 неподвижен, его ускорение равно нулю, $a_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения его центра масс в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0;$$

$$m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0.$$

Подставляя значения $Q_1 = 0{,}92P$ и $Q_2 = 2{,}14P$, находим составляющие реакции оси барабана 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$.

Полная величина реакции оси барабана 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

Задача 62. Подъёмное устройство (рис. 5.23) состоит из однородного диска 1 массой m_1, радиусом r_1, ступенчатого диска 2 массой $m_2 = 3m_1$, радиусом $R_2 = 4r_1$ и радиусом ступеньки $r_2 = r_1$ и груза 3 массой $m_3 = 2m_1$. Система движется из состояния покоя в вертикальной плоскости под действием сил тяжести и пары сил с моментом $M = m_1 g r_1$, приложенной к диску 1. Определить ускорение груза 3 и натяжение нити груза 3, если радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, походящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска 2, $i_{2C} = 2r_1$.

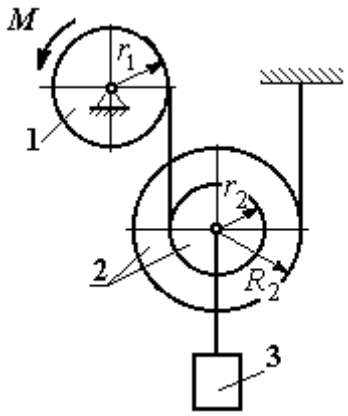


Рис. 5.23. Конструкция подъёмного устройства

Решение задачи осуществить с применением теоремы об изменении кинетической энергии системы и проверить его методом динамического расчёта, составляя уравнения движения тел, входящих в систему.

Решение

1. Для неизменяемой системы (состоящей из абсолютно твёрдых тел, соединённых нерастяжимыми нитями), движущейся из состояния покоя, теорема об изменении кинетической энергии на конечном перемещении имеет вид $T = \sum A(\vec{F}_k^e)$. Схема движения механизма в предположении, что груз 3 опускается, показана на рис. 5.24.

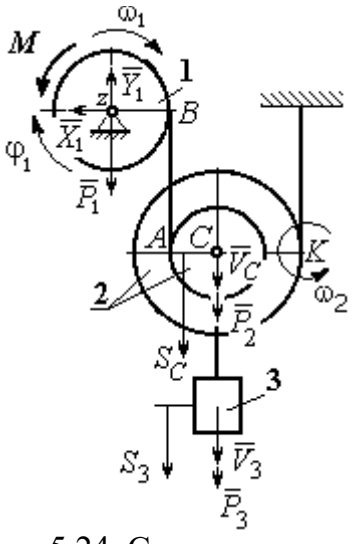


Рис. 5.24. Схема движения механизма

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси z. Кинетическая энергия диска 1: $T_1 = \dfrac{J_{1z}\omega_1^2}{2}$, где момент инерции диска $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

У диска 2 плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия диска 2: $T_2 = \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2}$, где V_C – скорость центра масс диска 2. Момент инерции диска 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно движению диска, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$.

Кинетическая энергия груза 3: $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2}$.

Энергия механизма равна сумме энергий тел, входящих в систему:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{J_{1z}\omega_1^2}{2} + \frac{m_2 V_C^2}{2} + \frac{J_{2C}\omega_2^2}{2} + \frac{m_3 V_3^2}{2}.$$

Выразим угловые скорости дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 через скорость груза 3.

Скорость центра масс диска 2 равна скорости груза 3, $V_C = V_3$. Угловая скорость диска 2 $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_3}{R_2}$, где CK – расстояние от центра диска 2 до его мгновенного центра скоростей.

Скорость точки B нити равна скорости точки A. Из равенства $\omega_1 r_1 = \omega_2 (R_2 + r_2)$ найдём: $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\omega_2 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$.

Подставляя найденные зависимости в выражение энергии системы, получим кинетическую энергию механизма:

$$T = \frac{V_3^2}{2}\left[\frac{m_1}{2}\left(1 + \frac{r_2}{R_2}\right)^2 + m_2\left(1 + \frac{i_{2C}^2}{R_2^2}\right) + m_3\right] = \frac{209}{64} m_1 V_3^2.$$

Во время движения механизма работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом M. Перемещения S_C и S_3 точек приложения сил $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и угол φ_1 поворота диска 1 показаны на рис. 5.24.

Сумма работ сил $\sum A(\vec{F}_k^e) = P_3S_3 + P_2S_C - M\varphi_1$. Работа момента отрицательная, так как заданное направление момента противоположно выбранному направлению вращения колеса 1.

Выразим перемещение центра масс диска 2 и угол поворота диска 1 через перемещение груза 3. Проинтегрировав равенство скоростей $V_3 = V_C$, получим равенство перемещений: $S_3 = S_C$. Аналогично, из равенства $\omega_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{V_3}{R_2}$ следует соотношение $\varphi_1 = \frac{(r_2 + R_2)}{r_1}\frac{S_3}{R_2}$.

В итоге суммарная работа внешних сил в механизме:

$$\sum A(\vec{F}_k^e) = \left[P_3 + P_2 - M\frac{(r_2 + R_2)}{r_1 R_2} \right] S_3 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 .$$

Составляя уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы, получим равенство:

$$\frac{209}{64} m_1 V_3^2 = \frac{15}{4} m_1 g S_3 \text{ или } V_3^2 = \frac{240}{209} g S_3 .$$

Продифференцируем последнее равенство. Получим: $2V_3\frac{dV_3}{dt} = \frac{240}{209} g \frac{dS_3}{dt}$.

Так как $\frac{dS_3}{dt} = V_3$, а $\frac{dV_3}{dt} = a_3$, находим ускорение груза 3: $a_3 = \frac{120}{209} g$ м/с^2.

Для того чтобы найти натяжение нити груза 3, необходимо написать уравнение его движения. Выделим груз 3 из системы, заменив действие нити её реакцией H_3. Выберем ось x по направлению движения груза. Применим к описанию движения груза теорему о движении центра масс, написав её проекцию на ось x: $m_3 a_3 = P_3 - H_3$, где H_3 –реакция нити. При известном ускорении a_3 находим реакцию нити $H_3 = \frac{178}{209} m_1 g$. Натяжение нити численно равно реакции, но направлено в противоположную сторону.

2. Для решения задачи вторым способом – путём составления уравнений движения тел, входящих в состав механизма, освободим тела от связей и заменим их реакциями. На рис. 5.25 изображены силы и реакции, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей, а также направления угловых ускорений тел и ускорения центров масс.

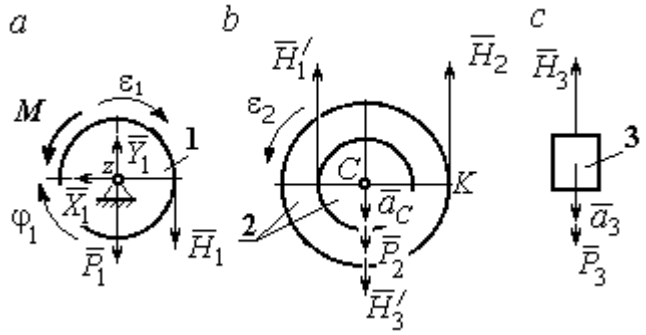


Рис. 5.25. Внешние силы и реакции связей, действующие на тела системы

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси *z*. На диск действует сила тяжести $\vec{P}_1$, реакция подшипника $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$, пара сил с моментом *M* и реакция нити $\vec{H}_1$. Вращение диска описывается уравнением: $J_{1z}\varepsilon_1 = \sum M_z(F_k) = H_1 r_1 - M$. Момент инерции диска 1 относительно оси *z*, $J_{1z} = \dfrac{m_1 r_1^2}{2}$.

Диск 2 (рис. 5.25, *b*) совершает плоскопараллельное движение. К нему приложена сила тяжести $\vec{P}_2$ и реакции нитей $\vec{H}_1'$, $\vec{H}_2$ и $\vec{H}_3'$. Плоскопараллельное движение диска 2 описывается уравнением движения его центра масс в проекции на вертикальную ось и уравнением вращения диска вокруг оси, походящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска:

$$m_2 a_C = P_2 - H_1' - H_2 + H_3'; \;\; J_{2C}\varepsilon_2 = H_2 R_2 - H_1' r_2 .$$

Момент инерции диска 2 $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$. При составлении уравнения вращательного движения диска 2 момент силы считается положительным, если он создаёт поворот в сторону вращения диска.

Груз 3 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 5.25, *c*). Уравнение движения груза 3 в проекции на вертикальную ось, направленную в сторону его движения, имеет вид:

$$m_3 a_3 = P_3 - H_3 ,$$

Выразим угловые ускорения дисков 1 и 2 и ускорение центра масс диска 2 через ускорение груза 3. Для этого нужно продифференцировать соответствующие кинематические соотношения между скоростями. Так, из найденных ранее выражений: $V_3 = V_C$, $\omega_2 = \dfrac{V_3}{R_2}$, $\omega_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{V_3}{R_2}$ следует: $a_3 = a_C$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_3}{R_2}$, $\varepsilon_1 = \dfrac{(r_2 + R_2)}{r_1}\dfrac{a_3}{R_2}$.

Подставляя кинематические соотношения между ускорениями в уравнения движения тел с учётом равенства модулей сил $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_1'$, а также $\vec{H}_3$ и $\vec{H}_3'$, получим систему уравнений, описывающих движение звеньев механизма:

$$\frac{5}{8}m_1 a_3 = H_1 - m_1 g;\ \ 3m_1 a_3 = 3m_1 g - H_1 - H_2 + H_3;$$

$$3m_1 a_3 = 4H_2 - H_1;\ \ 2m_1 a_3 = 2m_1 g - H_3.$$

Решая систему, найдём $a_3 = \dfrac{120}{209}g$ м/с^2, $H_3 = \dfrac{178}{209}m_1 g$. Выражения ускорения a_3 груза 3 и натяжения нити H_3 совпадают с аналогичными выражениями, полученными в пункте 1 при решении данной задачи с применением теоремы об изменении кинетической энергии.

Упражнения

Упражнение 5.5. Система состоит из двух катков 1 и 2, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.26). Каток 1 весом P, радиуса r. Каток 2 весом $2P$, радиуса $3r$ имеет цилиндрический выступ радиуса r. Невесомый стержень, параллельный плоскости качения катков, закреплён в центре катка 1 и передаёт движение катка 1 катку 2 в верхней точке вертикального диаметра цилиндрического выступа без проскальзывания. Качение катков без скольжения. К катку 1 приложена пара сил с моментом $M = 4Pr$. В центре масс катка 2 приложена сила $F = 2P$. Радиус инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр катка перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = r\sqrt{2}$. Найти ускорение центра масс катка 1 и реакцию стержня.

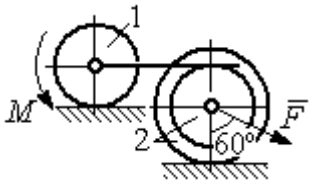


Рис. 5.26. Система катков

Упражнение 5.6. С помощью подъёмного устройства (рис. 5.27) производится подъём груза 1. Нить, закреплённая одним концом на неподвижной поверхности, спускается, охватывает снизу блок 2 массы $m_2 = m$, радиуса r, затем поднимается и проходит параллельно горизонтальной плоскости, где к концу её привязан груз 3 массы $m_3 = m$, передвигающийся по плоскости под действием силы $F = 2{,}5mg$. Нити, удерживающие блок 2, вертикальны. Груз 1 массы $m_1 = 3m$ прикреплён к оси блока 2. Найти ускорение груза 1 и натяжения нитей, удерживающих блок 2.

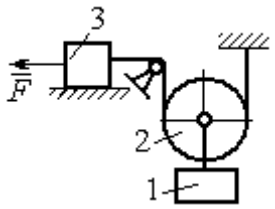


Рис. 5.27. Подъёмное устройство

Упражнение 5.7. Груз 1 массы $m_1 = m$, спускается вниз по наклонной плоскости без трения (рис. 5.28). Нить, прикреплённая к грузу 1, другим своим концом намотана на барабан катка 2 радиуса $R = 2r$ и при движении груза заставляет барабан катиться по горизонтальной поверхности цилиндрическим выступом радиуса r. Качение происходит без проскальзывания. К центру катка привязана другая нить, посредством которой каток тащит за собой груз 3 массы $m_3 = 2m$, скользящий по горизонтальной поверхности без трения. Масса катка $m_2 = 3m$, радиус инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения $i_2 = r\sqrt{3}$. По касательной к ободу катка 2 приложена сила $F = mg$ (точка приложения силы см. рис. 5.28). Определить ускорение груза 1 и натяжения нитей.

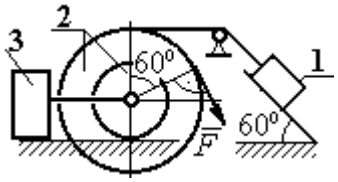


Рис. 5.28. Схема движения механической системы

6. ПРИНЦИПЫ МЕХАНИКИ

6.1. Принцип Даламбера для системы

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения. Направлен вектор силы инерции точки в сторону, противоположную ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

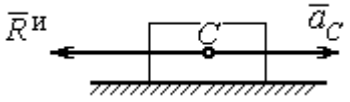


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

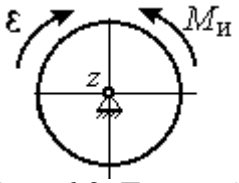


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции обращается в нуль. Главный момент $\vec{M}^{\text{и}}$, сил инерции относительно оси вращения равен по величине $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

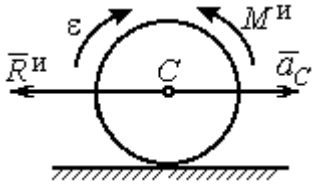


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε главный вектор сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$ равен по модулю $R^{\text{и}} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению центра масс $\vec{a}_C$ (рис. 6.3). Главный момент сил инерции $\vec{M}^{\text{и}}$ относи-

тельно оси, проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела относительно оси вращения, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению.

Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной.

Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия (метод кинетостатики):

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0,\ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ –внешние силы, действующие на систему; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$, $\vec{M}_O^{и}$ – моменты внешних сил и главный момент сил инерции относительно произвольного центра *O*.

Примеры решения задач на применение принципа Даламбера

Задача 63. Груз 1 массы m_1 = 10 кг спускается вниз по наклонной грани клина, образующей угол 60º с горизонтом, и посредством нити, переброшенной через блок 2, укреплённый в верхней точке клина, приводит в движение груз 3 массы m_3 = 5 кг (рис. 6.4). Клин *ABC* массы m_4 = 15 кг стоит гранью *AC* на горизонтальной гладкой поверхности и упирается в выступ *E*.

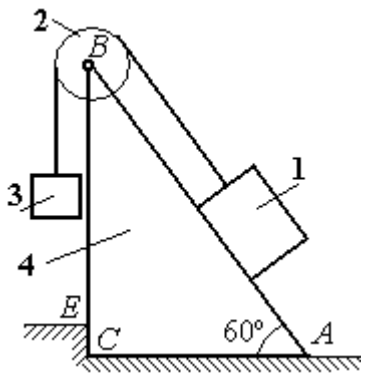


Рис. 6.4. Клин с грузами

Найти давление клина на выступ. Массой блока 2 и нити пренебречь.

Решение

Выберем систему, состоящую из клина *ABC*, блока 2, грузов 1 и 3 и нити, соединяющей грузы. Внешние силы, действующие на систему, – силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ и $\vec{P}_4$ грузов 1, 3 и клина 4, горизонтальная реакция $\vec{R}_x$ упора клина в вы-

ступ и вертикальная реакция $\vec{R}_y$ опоры на горизонтальную поверхность. Реакция нити, реакция опоры груза 1 на наклонную поверхность клина и реакция шарнира *B* блока 2 для данной системы являются внутренними.

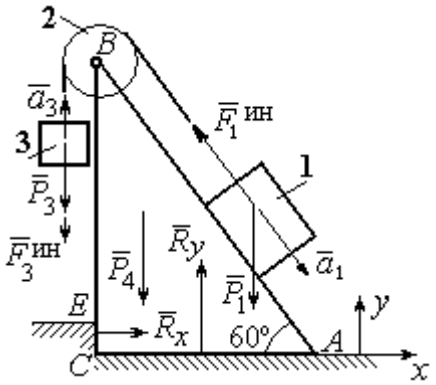


Рис. 6.5. Внешние силы и силы инерции, действующие на систему

Допустим, груз 1 движется вниз, груз 3 – вверх. Приложим силы инерции. Направления ускорений грузов и сил инерции показаны на рис. 6.5.

В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Условие равновесия: $\sum \vec{F}_k^e + \vec{F}_1^{ин} + \vec{F}_3^{ин} = 0$.

Выберем оси *xy,* как показано на рис. 6.5, и спроектируем векторное равенство на ось *x*. Получим: $R_x - F_1^{ин}\cos 60^\circ = 0$, где модуль силы инерции $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

Найдём ускорение груза 1. С этой целью рассмотрим отдельно движение грузов 1 и 3 (рис. 6.6 *a*, *b*).

Рассматривая груз 1 как отдельную систему, изобразим внешние силы: силу тяжести $\vec{P}_1$, реакцию нити $\vec{T}'$ и реакцию опоры $\vec{N}$ (см. рис. 6.6, *b*). Присоединим силу инерции $\vec{F}_1^{ин}$ и составим уравнение равновесия полученной системы сил в проекции на ось *x*, расположенную вдоль наклонной грани клина: $P_1 \sin 60^\circ - T' - F_1^{ин} = 0$, где $F_1^{ин} = m_1 a_1$.

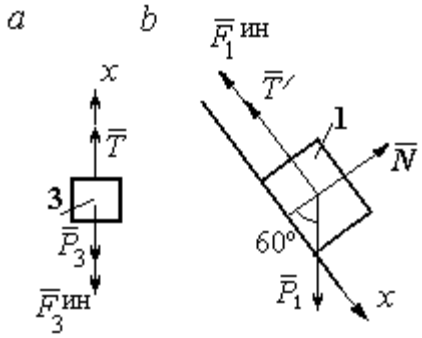


Рис. 6.6. Равновесие грузов

Для груза 3 внешними силами будут сила тяжести $\vec{P}_3$ и реакция нити $\vec{T}$. Присоединим к грузу 3 силу инерции $\vec{F}_3^{ин}$ (см. рис. 6.6, *a*) и составим уравне-

ние равновесия системы сил в проекции на ось *x*, выбранную по направлению движения груза 3: $T - P_3 - F_3^{\text{ин}} = 0$, где модуль силы инерции $F_3^{\text{ин}} = m_3 a_3$.

Решая полученную систему с учётом, что модули реакций нити и модули ускорений грузов равны: $T = T'$ и $a_1 = a_3$, находим ускорение грузов. Получим: $a_1 = a_3 = \dfrac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)g}{m_1 + m_3}$. Тогда давление клина на уступ:

$$R_x = F_1^{\text{ин}} \cos 60^\circ = m_1 g \frac{(m_1 \sin 60^\circ - m_3)}{(m_1 + m_3)} \cos 60^\circ .$$

Подставляя данные из условия задачи, найдём R_x = 11,97 Н.

Задача 64. Для подъёма грузов используется лебёдка со ступенчатым воротом, изображённая на рис. 6.7. Радиусы большой и малой ступенек барабана ворота r_1 и r_2, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3. Лебёдка установлена на горизонтальной балке *AB*, которая закреплена в точке *A* на неподвижном цилиндрическом шарнире и опирается на каток в точке *B*. Груз 1 поднимается на верёвке, навитой на большую ступеньку ворота. На малой ступеньке барабана ворота закреплена другая верёвка, удерживающая противовес 2. К барабану лебёдки приложен постоянный вращающий момент $M_{\text{вр}}$.

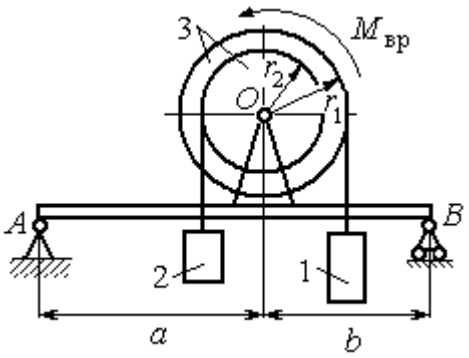


Рис. 6.7. Лебёдка на балке

Найти реакции опор балки во время движения груза, если радиусы ступенек барабана r_1 = 0,8 м, r_2 = 0,2 м, радиус инерции барабана относительно оси вращения i_3 =0,6 м, масса груза 1 m_1 = 100 кг, противовеса 2 m_2 =30 кг, масса барабана m_1 = 50 кг, величина вращающего момента $M_{\text{вр}}$ = 1050 Н·м, расстояния от крайних точек балки *A* и *B* до линии вертикального диаметра барабана *a* = 2 м, *b* = 1 м.

Решение

Выберем систему, включающую только барабан 3, грузы 1 и 2 и нити, связывающие грузы с барабаном (рис. 6.8). Внешние силы, действующие на эту систему, – пара сил, создающая вращающий момент $M_{\text{вр}}$, силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ грузов 1, 2 и барабана 3 и реакция $\vec{R}_O$ опоры барабана на шарнир в точке O. Натяжения нитей для данной системы являются внутренними и на рис. 6.8 не показаны.

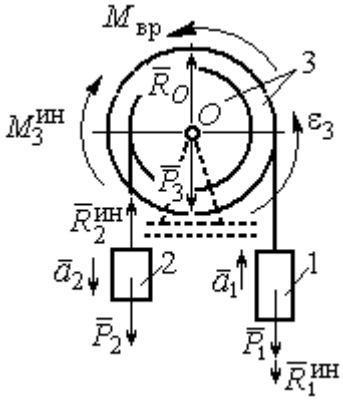


Рис. 6.8. Расчётная схема равновесия барабана

Приложим силы инерции. Направления главных векторов сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ и момента сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ показаны на рис. 6.8.

Согласно принципу Даламбера, полученная система внешних сил и сил инерции является уравновешенной. Составим уравнения равновесия:

$$R_O + R_2^{\text{ин}} - P_2 - P_3 - P_1 - R_1^{\text{ин}} = 0;\ \ M_{\text{вр}} - M_3^{\text{ин}} - R_2^{\text{ин}} r_2 + P_2 r_2 - P_1 r_1 - R_1^{\text{ин}} r_1 = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $M_3^{\text{ин}} = J_{3O}\varepsilon_3$, $J_{3O} = m_3 i_3^2$.

Из второго уравнения с учётом кинематических соотношений: $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{r_1}$ и $a_2 = \dfrac{r_2}{r_1} a_1$, найдём ускорение груза 1: $a_1 = \dfrac{r_1(M_{\text{вр}} + P_2 r_2 - P_1 r_1)}{m_3 i_3^2 + m_2 r_2^2 + m_1 r_1^2}$. Подставляя данные задачи, получим a_1 = 3,49 м/с^2.

Вычислим модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$=349 Н; $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$ = 26,17 Н.

Подставляя модули сил инерции в первое уравнение условий равновесия, найдём реакцию опоры барабана на шарнир O:

$$R_O = -R_2^{\text{ин}} + P_2 + P_3 + P_1 + R_1^{\text{ин}} = 2088{,}63 \text{ Н}.$$

Для определения реакций опор балки AB выберем объектом равновесия саму балку (рис. 6.9). На балку действуют сила $\vec{R}'_O$ давления со стороны шарнира O, реакция шарнира в точке A (на рис. 6.9 разложенная на составляющие $\vec{R}_{Ax}$, $\vec{R}_{Ay}$) и реакция $\vec{R}_{By}$ опоры балки на шарнир в точке B. Составим уравнения равновесия балки:

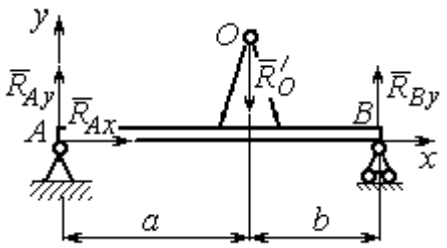


Рис. 6.9. Равновесие балки

$$\sum F_x = R_{Ax} = 0,\ \sum F_y = R_{Ay} - R'_O + R_{By} = 0,$$

$$\sum M_A(F) = R_{By}(a+b) - R'_O a = 0.$$

Решая систему с учётом того, что модули сил $\vec{R}'_O$ и $\vec{R}_O$ равны, найдём реакции опор балки: $R_{By} = R_O \dfrac{a}{a+b} = 1392{,}42$ Н; $R_{Ay} = R_O - R_{By} = 696{,}21$ Н.

Для сравнения реакции опор балки при неподвижном барабане $R_{By} = 1419{,}18$ Н, $R_{Ay} = 346{,}62$ Н.

Упражнение

Упражнение 6.1. Груз 1 соединён с грузом 2 нерастяжимой нитью, переброшенной через неподвижный блок (рис. 6.10). Опускаясь вниз, груз 2 перемещает груз 1 по горизонтальной поверхности призмы 3 без трения. Призма стоит на горизонтальной гладкой поверхности и упирается левым краем в выступ. Определить силу давления призмы на пол, если массы грузов 1, 2 и призмы 3 одинаковы и равны m. Массой нити и блока пренебречь.

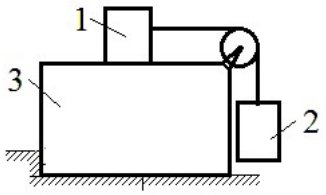


Рис. 6.10. Схема движения грузов в системе

6.2. Принцип возможных перемещений

Возможными перемещениями механической системы называют любую совокупность элементарных (бесконечно малых) перемещений точек системы из занимаемого в данный момент времени положения, которые допускаются всеми наложенными на систему связями.

Идеальными связями в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений.

Если все приложенные к точкам системы внешние и внутренние силы разделить на **активные силы** и **реакции связей**, то для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма элементарных работ всех активных сил была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$.

Примеры решения задач на применение принципа возможных перемещений

Задача 65. В талевом механизме барабан 1 состоит из двух соосных жестко связанных валов (рис. 6.11). При поднятии груза верхний трос барабана 1 наматывается на вал большего радиуса R_1, нижний – сматывается с вала меньшего радиуса r_1.

Какой вращающий момент M, постоянный по величине, нужно приложить к барабану, чтобы уравновесить груз весом P, прикреплённый в центре блока 4. Массами блоков и троса пренебречь.

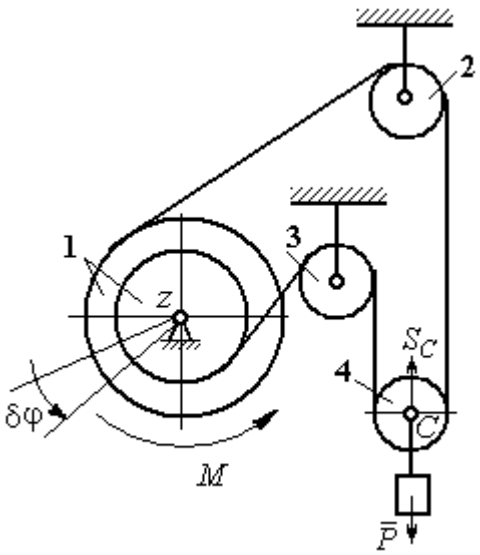


Рис. 6.11. Уравновешивание талевого механизма

Решение

Активными силами в системе являются сила тяжести груза $\vec{P}$ и уравновешивающий момент M. По принципу возможных перемещений для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A(M) + \delta A(\vec{P}) = 0, \text{ или } M\delta\varphi_1 - P\delta S_C = 0.$$

где $\delta\varphi_1$ и δS_C – возможные перемещения барабана и груза.

Найдём связь между перемещениями $\delta\varphi_1$ и δS_C. Предположим, в механизме осуществляется подъём груза. На рис. 6.12 показано построение мгновенного центра скоростей блока 4 – точки *K*. Здесь скорость точки *A* блока 4 (рис. 6.12) равна скорости точек обода малого вала барабана 1, а скорость точки *B* – скорости точек обода большого вала. Составим пропорцию $\frac{V_B}{V_A}=\frac{BK}{AK}=\frac{r_4+CK}{r_4-CK}$, где r_4 – радиус блока 4 (см. рис.6.12). Подставляя выражения для скоростей точек *A* и *B* $V_A=\omega_1 r_1$, $V_B=\omega_1 R_1$, найдём расстояние: $CK=\frac{(R_1-r_1)r_4}{R_1+r_1}$.

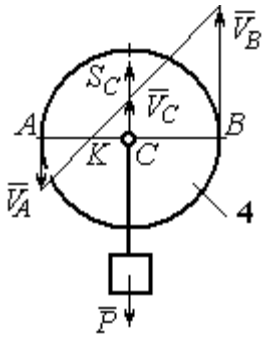


Рис. 6.12. Распределение скоростей точек блока 4

Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_B}{r_4+CK}=\frac{\omega_1(R_1+r_1)}{2r_4}$. Скорость его центра: $V_C=\omega_4\cdot CK=\frac{\omega_1(R_1-r_1)}{2}$. Выразим соотношение между скоростью точки *C* и угловой скоростью барабана 1 в дифференциальной форме: $dS_C=d\varphi_1\frac{(R_1-r_1)}{2}$. Поскольку действительное перемещение является одним из возможных (т. е. $ds=\delta s$, $d\varphi=\delta\varphi$), получим связь между возможными перемещениями барабана 1 и груза: $\delta S_C=\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}$.

Подставляя найденное соотношение в уравнение принципа возможных перемещений, представим его в окончательном виде: $M\delta\varphi_1-P\frac{\delta\varphi_1(R_1-r_1)}{2}=0$, откуда найдём значение уравновешивающего момента: $M=\frac{P(R_1-r_1)}{2}$.

Задача 66. Брус 1 весом $P_1 = P$ лежит на цилиндрическом катке 2 и на блоке 3 одинаковых радиусов r, и одинакового веса $P_2 = P_3 = 2P$ (рис. 6.13). Каток 2 катится без проскальзывания по наклонной плоскости с углом наклона 30º к горизонту. Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси z и к нему приложена пара сил с моментом $M = Pr$. Каток и блок расположены так, что брус 1 параллелен наклонной плоскости.

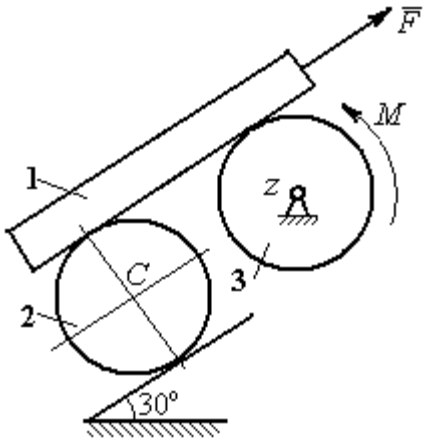


Рис. 6.13. Равновесие механической системы

Какую силу F, параллельную наклонной плоскости, нужно приложить к брусу 1, чтобы удержать его в равновесии. Скольжение между брусом и катком, брусом и блоком отсутствует.

Решение

Рассмотрим механизм, состоящий из бруса 1, катка 2 и блока 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ бруса, катка и блока, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3, и сила $\vec{F}$, приложенная к брусу. Связи в механизме идеальные, так как работа реакции $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на плоскость, работа силы $\vec{F}_{сц}$ сцепления катка с плоскостью и работа реакции шарнира блока 3 при любом перемещении системы равны нулю. Направления векторов сил в системе показаны на рис. 6.14.

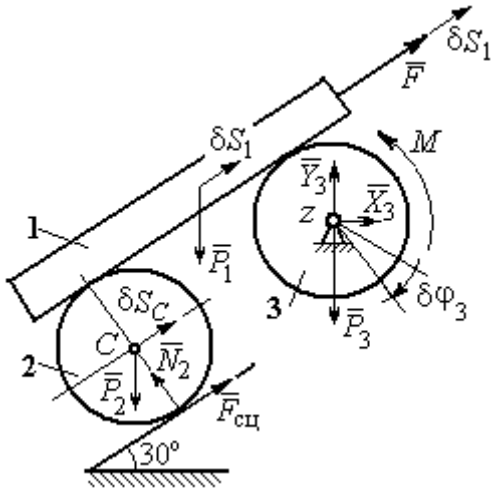


Рис. 6.14. Расчётная схема применения принципа возможных перемещений

Придадим системе возможное перемещение, сдвинув брус 1 на расстояние δS_1 вдоль линии действия силы $\vec{F}$, вверх по наклонной плоскости. Тогда

центр катка 2 переместится на расстояние δS_C, а блок 3 повернётся на элементарный угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.14).

Для определения условий равновесия применим к системе принцип возможных перемещений. Получим уравнение:

$$-P_1\delta S_1\cos 60^\circ - P_2\delta S_C\cos 60^\circ - M\delta\varphi_3 + F\delta S_1 = 0.$$

Выразим все перемещения через перемещение бруса δS_1. Допустим, скорость бруса равна V_1. Тогда $V_C = \frac{V_1}{2}$, и, следовательно, $\delta S_C = \frac{\delta S_1}{2}$.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \frac{V_1}{r}$, отсюда $\delta\varphi_3 = \frac{\delta S_1}{r}$.

Подставляя найденные соотношения в уравнение принципа возможных перемещений с учётом данных задачи, находим $F = 2P$.

Задача 67. Уравновешивание роликового катка 3 с противовесом 1 осуществляется с помощью пары сил с моментом *M*, приложенных к блоку 2. Каток состоит из двух соосных жестко связанных дисков (рис. 6.15) радиусов *r* и *R* = 2*r* с общей массой 3*m*. Масса груза 1 равна *m*. При движении каток катится без скольжения по вертикальной поверхности, касаясь её диском меньшего радиуса. Вертикальная пружина с закреплённым верхним концом своим нижним концом удерживает каток за центр масс. Жесткость пружины $c = mg / r$.

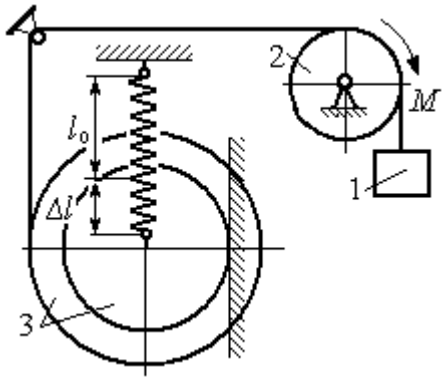


Рис. 6.15. Уравновешивание роликового катка

Какой величины уравновешивающий момент *M* приложен к блоку 2, если при равновесии катка пружина растянулась относительно недеформированного состояния на величину $\Delta l = r$.

Решение

Рассмотрим механическую систему, состоящую из груза 1, блока 2 и катка 3. Активными силами, действующими на механизм, являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ – груза, блока и катка, пара сил с моментом M, приложенная к блоку 2, и сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости пружины, приложенная к центру катка. Реакциями связей в механизме являются: сила $\vec{F}_{\text{сц}}$ сцепления катка с плоскостью и реакция $\vec{R}_2$ шарнира блока 2. Реакция $\vec{N}_2$ опоры катка 2 на вертикальную плоскость равна нулю (на рис. 6.16 не показана).

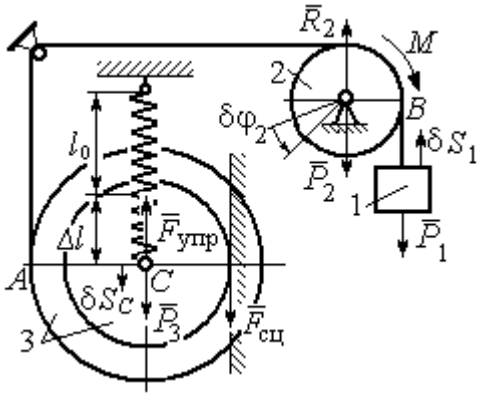


Рис. 6.16. Расчётная схема уравновешивания ролика

Допустим, система находится в равновесии. Дадим центру катка возможное перемещение δS_C, направленное вертикально вниз. При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$, а груз 1 получит бесконечно малое перемещение δS_1. Направления возможных перемещений показаны на рис. 6.16.

Составим уравнение принципа возможных перемещений:

$$P_3\delta S_C - F_{\text{упр}}\delta S_C + M\delta\varphi_2 - P_1\delta S_1 = 0,$$

где сила упругости в положении равновесия системы $F_{\text{упр}} = c\Delta l$.

Выразим перемещения $\delta\varphi_2$, δS_1 блока 2 и груза 1 через перемещение центра катка δS_C. Предположим, при возможном перемещении скорость центра масс катка равна V_C. Скорость груза 1 равна скорости точки A на ободе большого диска катка: $V_1 = V_A = \dfrac{R+r}{r}V_C$. Здесь учтено, что точка касания катка

с вертикальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r} = \dfrac{R+r}{r^2} V_C$.

Представляя кинематические соотношения в дифференциальном виде, получим необходимые связи между возможными перемещениями:

$$\delta S_1 = \frac{R+r}{r}\delta S_C = 3\delta S_C; \quad \delta\varphi_2 = \frac{R+r}{r^2}\delta S_C = \frac{3\delta S_C}{r}.$$

Окончательно уравнение принципа возможных перемещений выражается в виде: $P_3\delta S_C - c\Delta l\delta S_C + M\dfrac{3\delta S_C}{r} - P_1 3\delta S_C = 0$. Величина уравновешивающего момента $M = \dfrac{1}{3}mgr$.

Упражнения

Упражнение 6.2. Штамповка деталей осуществляется при помощи рычажного пресса (рис. 6.17). Найти соотношение между силой F, приложенной к внешнему рычагу, и силой Q, сжимающей деталь A вдоль центральной оси.

Длины рычагов a, b, c, d показаны на рис. 6.17.

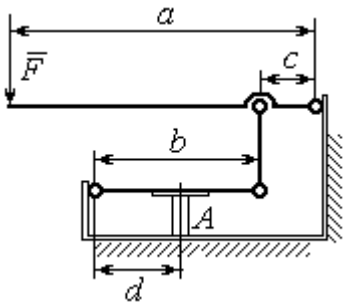


Рис. 6.17. Рычажный пресс

Упражнение 6.3. Конструкция состоит из двух валов, находящихся во внешнем зацеплении, и двух грузов, удерживающихся нитями, намотанными валы (рис. 6.18).

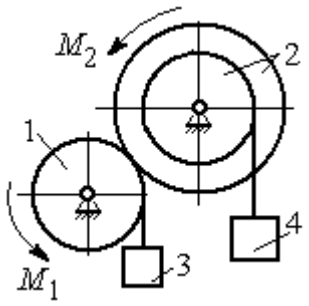


Рис. 6.18. Схема уравновешивания валов

Радиус вала 1 $R_1 = r$. Вал 2 состоит из двух барабанов, жестко скреплённых на одной оси. Радиусы барабанов: $R_2 = 3r$, $r_2 = r$.

Найти величину уравновешивающего момента M_2, приложенного к валу 2, если к валу 1 приложена пара сил с моментом $M_1 = 2Pr$, а грузы 3 и 4 одинакового веса P.

6.3. Общее уравнение динамики

При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0,$$

где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к точкам системы на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения.

Примеры решения задач на применение общего уравнения динамики

Задача 68. Механическая система включает груз 1, ступенчатый диск 2 (каток), катящийся ступенькой по неподвижному рельсу, и однородный диск 3 (блок), вращающийся вокруг неподвижной оси, соединённых нерастяжимыми нитями (рис. 6.19). Качение ступенчатого диска происходит без скольжения. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$ под углом 30° к горизонтальному направлению движения груза. К блоку 3 приложена пара сил с моментом M. Найти закон движения центра масс катка 2 и реакцию шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с, если P_1 = 10 Н; P_2 = 20 Н; P_3 = 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 3(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_{2C} = 0,6 м.

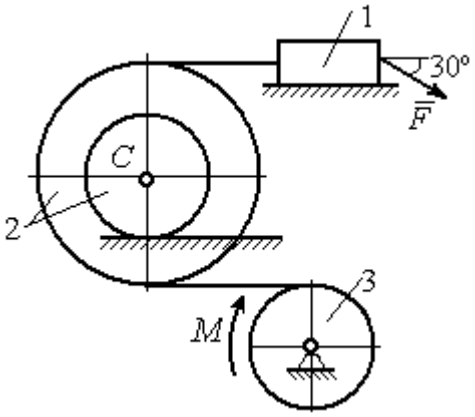


Рис. 6.19. Схема движения механической системы

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.20).

Реакциями связей являются нормальные реакции опор: $\vec{N}_1$, $\vec{N}_2$, сила сцепления катка 2 с неподвижной поверхностью $\vec{F}_{сц}$ и реакция шарнира O блока 3 (на рис. 6.20 реакция показана в виде разложения на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

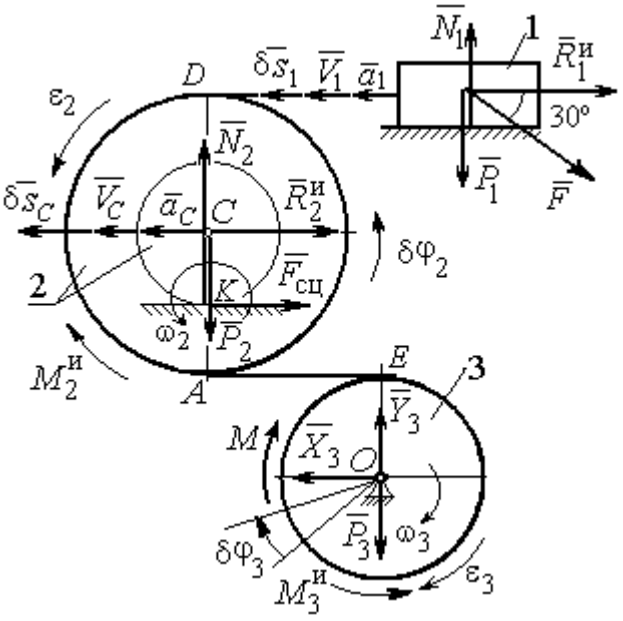


Рис. 6.20. Расчётная схема исследования движения механической системы

Предположим, система движется так, что блок 3 вращается с угловой скоростью ω_3 и угловым ускорением ε_3 в направлении поворота, создаваемого моментом M. Соответствующие направления скорости $\vec{V}_C$ и ускорения $\vec{a}_C$ центра масс катка 2, его угловой скорости ω_2 и ускорения ε_2, а также направление скорости $\vec{V}_1$ и ускорения $\vec{a}_1$ груза 1 показаны на рис. 6.20.

Присоединим к телам системы силы инерции. Главные векторы $\vec{R}_1^{и}$, $\vec{R}_2^{и}$ сил инерции груза 1 и катка 2 приложены в центрах масс груза и катка и направлены в сторону, противоположную ускорениям $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_C$. Главные моменты $\vec{M}_2^{и}$, $\vec{M}_3^{и}$ сил инерции катка 2 и блока 3 направлены в сторону, противоположную угловым ускорениям ε_2 и ε_3.

Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.20.

Для механической системы с идеальными связями общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Здесь учтено, что в точке K находится мгновенный центр скоростей катка (см. рис. 6.20). Скорость точки E блока 3 равна скорости точки A катка 2 (см. рис. 6.20):

$$V_E = V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 (R_2 - r_2) = V_C \frac{R_2 - r_2}{r_2} .$$

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_E}{R_3} = V_C \dfrac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}$.

Скорость груза 1 равна скорости точки D катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2 (R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} .$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Если выразить скоростные кинематические соотношения в дифференциальном виде, то, полагая действительное перемещение возможным (т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$), получим соотношения между перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} .$$

Найдем элементарные работы активных сил.

Работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как перемещения точек приложения сил перпендикулярны векторам сил.

Работа силы тяжести блока 3 также равна нулю, поскольку точка прило-

жения силы тяжести блока 3 не перемещается:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0;\ \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0;\ \delta A(\vec{P}_3) = 0.$$

Работу совершают только пара сил с моментом M и сила $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2};$$

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ.$$

В результате сумма элементарных работ активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) =$$

$$= M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}\cos 30^\circ = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g}\frac{(R_2 + r_2)}{r_2} a_C,\ \ R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g};$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2};$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{r_2} a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка; J_{3O} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = -R_1^{\text{и}}\delta s_1 = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = -R_2^{\text{и}}\delta s_C = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1(R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C -$$

$$-\frac{P_3(R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C = -52{,}75\, a_C \delta s_C, \text{ где } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2.$$

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид: $\sum\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (0{,}85 + 23{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0$, откуда найдём ускорение центра масс катка 2 как функцию времени:

$$a_C(t) = 0{,}02 + 0{,}45t.$$

Представляя ускорение a_C в виде второй производной координаты движения центра масс $a_C = \ddot{s}_C$, получим дифференциальное уравнение $\ddot{s}_C = 0{,}02 + 0{,}45t$. Дважды проинтегрировав это уравнение с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения центра масс:

$$s_C = 0{,}01t^2 + 0{,}075t^3.$$

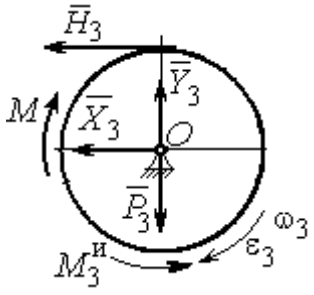


Рис. 6.21. Вращение блока 3

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (рис. 6.21). Присоединим к блоку 3 силы инерции. При вращательном движении блока вокруг оси, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции равен ну-

лю. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{и}}$ направлен в сторону, противоположную угловому ускорению блока 3.

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил относительно оси вращения: $M - H_3 R_3 - M_3^{\text{и}} = 0$, откуда найдём реакцию нити: $H_3 = \dfrac{M}{R_3} - \dfrac{M_3^{\text{и}}}{R_3}$. Подставляя в уравнение величину модуля главного момента сил инерции блока 3 $M_3^{\text{и}}(1) = 0{,}7$ Н·м и значение момента, приложенного к блоку 3, в момент времени $t = 1$ с, $M(1) = 9$ Н·м найдём реакцию нити $H_3(1) = 20{,}75$ Н.

Уравнения равновесия, составленные в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси (см. рис. 6.21), имеют вид:

$$X_3 + H_3 = 0,\ Y_3 - P_3 = 0.$$

Составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени $t = 1$ с: $X_3 = -20{,}75$ Н, $Y_3 = 15$ Н. Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 25{,}6$ Н.

Задача 69. Груз 2 весом P_2, поднимаемый лебёдкой (рис. 6 22), подвешен в центре подвижного блока 3 весом P_3. Нерастяжимая нить одним концом прицеплена к грузу 1 весом P_1, лежащему на наклонной плоскости. Другой конец, переброшенный через невесомый блок B, охватывает снизу подвижный блок 3 радиуса r и закреплён в вертикальном положении. К грузу 1 приложена сила $\vec{F}$, направленная вдоль наклонной плоскости.

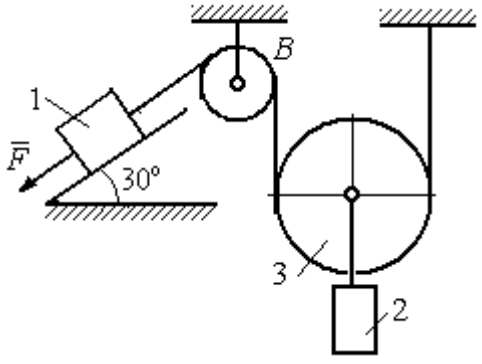


Рис. 6.22. Схема подъёмного устройства

Найти закон движения поднимаемого груза, если $P_1 = P_3 = P$, $P_2 = 3P$, $F = 2P$ и движение началось из состояния покоя.

Решение

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и сила $\vec{F}$ (рис. 6.23). Реакциями связей являются реакция шарнира блока *B* и реакция опоры груза 1 (на рис. 6.23 не показаны). Связи идеальные, так как работа реакций связей равна нулю.

Предположим, груз 1 спускается вниз по наклонной плоскости с ускорением a_1. Приложим к телам системы силы инерции. Главные вектора сил инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$ и $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ грузов 1 и 2, движущихся поступательно, приложены в центрах масс грузов и направлены противоположно векторам ускорений тел. Главный вектор $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ сил инерции блока 3 приложен в центре масс блока 3 и направлен противоположно вектору ускорения его центра масс. Главный момент сил инерции $M_3^{\text{ин}}$ относительно оси, проходящей через центр масс блока 3 перпендикулярно плоскости движения, направлен в сторону, противоположную направлению углового ускорения блока 3, совпадающего с направлением углового движения. Направления главных векторов и главного момента сил инерции тел показаны на рис. 6.23.

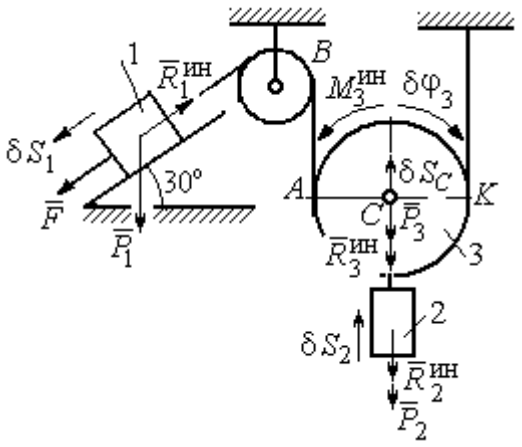


Рис.6.23. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 спустился вниз по наклонной плоскости на расстояние δS_1. В соответствии с приложенными в системе связями центр масс подвижного блока 2 и груз 2 переместились вверх на высоту δS_C, а сам блок повернулся на угол $\delta\varphi_3$ (см. рис. 6.23).

Составим общее уравнение динамики $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$. Получим

$$F\delta S_1 + P_1 \delta S_1 \cos 60° - P_2 \delta S_2 - P_3 \delta S_C -$$

$$- R_1^{\text{ин}} \delta S_1 - R_2^{\text{ин}} \delta S_C - R_3^{\text{ин}} \delta S_C - M_3^{\text{ин}} \delta \varphi_3 = 0,$$

где модули сил инерции $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$, $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_C$, $M_3^{\text{ин}} = \dfrac{m_3 r^2}{2} \varepsilon_3$.

Выразим перемещение δS_2 и ускорение a_2 груза 2, а также поворот $\delta \varphi_3$ и угловое ускорение ε_3 подвижного блока 3 через перемещение δS_1 и ускорение a_1 груза 1.

Угловая скорость блока 3 $\omega_3 = \dfrac{V_A}{AK} = \dfrac{V_1}{2r}$. Здесь учтено, что точка K блока 3 является его мгновенным центром скоростей. Тогда, элементарный поворот блока $\delta \varphi_3 = \dfrac{\delta S_1}{2r}$, а его угловое ускорение $\varepsilon_3 = \dfrac{a_1}{2r}$.

Скорость центра масс блока 3 и скорость груза 2: $V_2 = V_C = \dfrac{V_1}{2}$. Из этого равенства следует, что: $\delta S_2 = \delta S_C = \dfrac{\delta S_1}{2}$, $a_2 = a_C = \dfrac{a_1}{2}$.

Подставляя найденные соотношения в общее уравнение динамики с учётом данных задачи, окончательно получим уравнение: $\dfrac{1}{2} P \delta S_1 = \dfrac{17}{8g} P a_1 \delta S_1$. Отсюда $a_1 = \dfrac{4}{17} g = 0{,}23g$. Ускорение груза 2, $a_2 = \dfrac{a_1}{2} = 0{,}12g$.

Представим ускорение груза 2 в виде второй производной координаты его движения. Получим дифференциальное уравнение: $\ddot{S}_2 = 0{,}12g$. Дважды проинтегрировав его с нулевыми начальными условиями, найдём закон движения груза: $S_2 = 0{,}06gt^2$.

Задача 70. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки B и D и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.24). Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом неподвижных блоков B и D пренебречь.

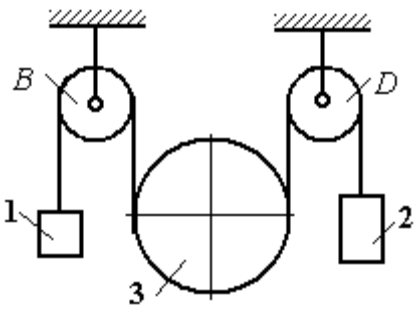


Рис. 6.24. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

В данной механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ (рис. 6.25), а реакциями связей – реакции шарниров блоков B и D. Связи идеальные, так как оси вращения блоков B и D неподвижны.

Применим к решению задачи общее уравнение динамики. Система имеет две степени свободы. В этом случае общее уравнение динамики необходимо составлять для каждого из независимых перемещений.

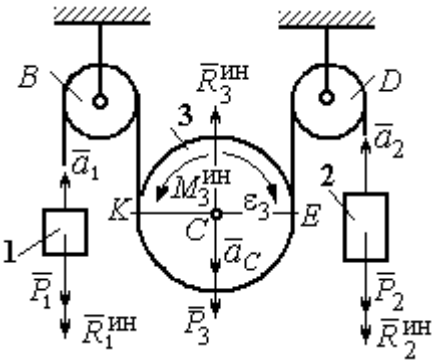


Рис.6.25. Активные силы и силы инерции, приложенные к системе

Предположим, система движется так, что оба груза 1 и 2 равноускоренно перемещаются вверх. Скорости грузов $\vec{V}_1$, $\vec{V}_2$, ускорения – $\vec{a}_1$ и $\vec{a}_2$. Блок 3 опускается вниз с ускорением центра $\vec{a}_C$, вращается и имеет угловое ускорение ε_3, направленное по ходу часовой стрелки (см. рис. 6.25).

Приложим к телам системы силы инерции (см. рис. 6.25). Модули сил инерции: $R_1^{ин} = m_1 a_1$, $R_2^{ин} = m_2 a_2$, $R_3^{ин} = m_3 a_C$. Главный момент сил инерции блока 3 $M_3^{ин} = J_{3C}\varepsilon_3$, где осевой момент инерции $J_{3C} = \dfrac{m_3 r^2}{2}$. Направления векторов сил и моментов сил инерции показаны на рис. 6.25.

Для вычисления углового ускорения блока 3 воспользуемся векторным представлением ускорения точки при плоскопараллельном движении тела. Выберем точку K за полюс. Ускорение точки E определяется равенством $\vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}^{\,n}_{EK} + \vec{a}^{\,\tau}_{EK}$, где $\vec{a}_K$ – ускорение полюса K; $\vec{a}^{\,n}_{EK}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{EK}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки E при вращении блока 3 вокруг полюса K (рис. 6.26). Спроектируем векторное равенство на вертикальную ось $E\tau$. Получим: $a_{E\tau} = a_{K\tau} + a^{\tau}_{EK}$, где $a_{E\tau}$ и $a_{K\tau}$ – проекции ускорений точек E и K на вертикальную ось.

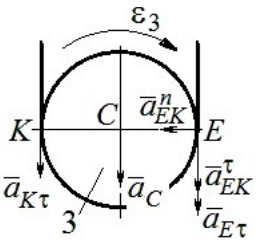


Рис. 6.26. Схема вычисления углового ускорения блока 3

Поскольку модуль ускорения точки K нити равен модулю ускорения груза 1, то $a_{K\tau} = a_1$. Модуль ускорения точки E нити равен модулю ускорения груза 2 и $a_{E\tau} = a_2$. Так как $a^{\tau}_{EK} = \varepsilon_3 AK = \varepsilon_3 2r$, то $\varepsilon_3 = \dfrac{a_{E\tau} - a_{K\tau}}{2r} = \dfrac{a_2 - a_1}{2r}$.

Составляя такое же векторное уравнение для определения ускорения центра масс блока 3 (точки C) и проектируя его на вертикальную ось, найдём:

$$a_C = a_{K\tau} + a^{\tau}_{CK} = a_1 + \varepsilon_3 r = \frac{a_2 + a_1}{2}.$$

Выберем в качестве независимых координат s_1, s_2 – положения грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных осей вращения блоков B и D. Возможные перемещения грузов обозначим δs_1 и δs_2.

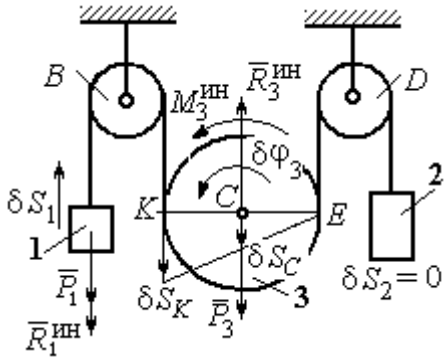


Рис.6.27. Движение системы при перемещении груза 1.

Дадим системе возможное перемещение, при котором груз 1 поднимается вверх на расстояние δs_1, а груз 2 – неподвижен. При таком движении нить, соединяющая груз 2 с блоком 3, неподвижна вплоть до точки E (рис. 6.27).

Вращение блока 3 происходит против направления хода часовой стрелки. Точка E является мгновенным центром скоростей блока 3, и угловая скорость блока $\omega_3 = \dfrac{V_K}{2r} = \dfrac{V_1}{2r}$. Скорость центра масс блока $V_C = \dfrac{1}{2}V_1$. Тогда элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \dfrac{\delta s_1}{2r}$ и элементарное перемещения центра масс $\delta s_C = \dfrac{1}{2}\delta s_1$.

На данном возможном перемещении работу совершают как активные силы – силы тяжести $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_3$ груза 1 и блока 3, так и силы инерции – $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_3^{\text{ин}}$ и пара сил инерции с моментом $M_3^{\text{ин}}$.

Составим общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A\left(\vec{F}_k^{\text{акт}}\right) + \sum \delta A\left(\vec{R}_k^{\text{ин}}\right) = -P_1\delta s_1 + P_3\delta s_C - R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_C + M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = 0.$$

Здесь работа сил инерции

$$R_1^{\text{ин}}\delta s_1 = m_1 a_1 \delta s_1, \quad R_3^{\text{ин}}\delta s_C = m_3 a_C \delta s_C = \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1;$$

$$M_3^{\text{ин}}\delta\varphi_3 = J_{3C}\varepsilon_3\delta\varphi_3 = \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r}.$$

В результате общее уравнение динамики представляется выражением

$$-P_1\delta s_1 + \frac{1}{2}P_3\delta s_1 - \frac{P_1}{g}a_1\delta s_1 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1 + a_2}{2}\right)\cdot\frac{1}{2}\delta s_1 + \frac{P_3 r^2}{2g}\cdot\frac{a_2 - a_1}{2r}\cdot\frac{\delta s_1}{2r} = 0,$$

которое преобразуется к виду:

$$(3P_3 + 8P_1)a_1 + P_3 a_2 = (4P_3 - 8P_1)g.$$

Дадим системе другое независимое возможное перемещение, при котором груз 2 движется вверх ($\delta s_2 \neq 0$), а груз 1 неподвижен ($\delta s_1 = 0$).

При этом перемещении нить, соединяющая груз 1 и блок 3 неподвижна вплоть до точки K (рис. 6.28). Вращение блока 3 происходит по направлению хода часовой стрелки. Точка K является мгновенным центром скоростей бло-

ка 3. Тогда $\omega_3 = \frac{V_E}{2r} = \frac{V_2}{2r}$ и скорость центра масс блока $V_C = \frac{1}{2}V_2$. Элементарный поворот блока 3 $\delta\varphi_3 = \frac{\delta s_2}{2r}$ и перемещение центра масс $\delta s_C = \delta s_E = \frac{1}{2}\delta s_2$.

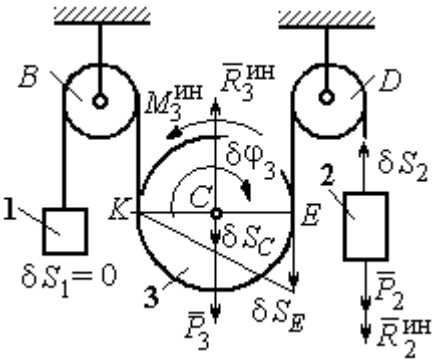


Рис. 6.28. Движение системы при перемещении груза 2

При таком движении работу совершают силы тяжести $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$, силы инерции $\vec{R}_2^{ин}$, $\vec{R}_3^{ин}$ и пара сил с моментом $M_3^{ин}$.

Составим общее уравнение динамики на возможном перемещении δs_2 (см. рис. 6.28):

$$-P_2\delta s_2 - R_2^{ин}\delta s_2 + P_3\delta s_C - R_3^{ин}\delta s_C - M_3^{ин}\delta\varphi_3 = 0,$$

которое преобразуется к виду

$$-P_2\delta s_2 - \frac{P_2}{g}a_2\delta s_2 + \frac{1}{2}P_3\delta s_2 - \frac{P_3}{g}\left(\frac{a_1+a_2}{2}\right)\frac{1}{2}\delta s_2 - \frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{a_2-a_1}{2r}\right)\frac{\delta s_2}{2r} = 0$$

или к виду

$$(8P_2 + 3P_3)a_2 + P_3 a_1 = (4P_3 - 8P_2)g.$$

Подставляя данные задачи в оба уравнения динамики, соответствующие независимым перемещениям δs_1 и δs_2, получим систему уравнений:

$$7a_1 + a_2 = 0, \quad 2g + 9a_2 + a_1 = 0.$$

Решение системы: $a_1 = \frac{1}{31}g$, $a_2 = -\frac{7}{31}g$ представляет ускорения грузов 1 и 2. Ускорение центра масс блока 3 находится по формуле $a_C = \frac{a_1 + a_2}{2} = -\frac{3}{31}g$.

Знаки ускорений определяют направления движений тел: груз 1 движется в выбранном направлении – вверх, груз 2 – вниз, центр блока 3 – вверх.

Упражнения

Упражнение 6.4. В механической системе (рис. 6.29) блок 1 радиуса *r* и каток 2 соединены горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и катками отсутствует. Каток 2 состоит из двух шкивов радиусов *r* и *R* = 2*r*, скреплённых на одной оси. Каток катится, опираясь малым шкивом на горизонтальную поверхность, без проскальзывания. Груз 3 представляет собой поршень, двигающийся по горизонтальной поверхности без трения и прикреплённый к центру масс катка 2. К блоку 1 приложена пара сил с переменным моментом $M_{\text{вр}} = mgr\sin\omega t$.

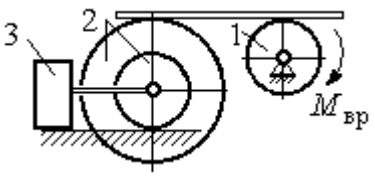


Рис. 6.29. Схема движения механической системы

Найти закон движения поршня 3, если массы грузов $m_1 = m_3 = m$, общая масса катка 2 $m_2 = 2m$, момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, $i_2 = 1{,}5r$. Движение началось из состояния покоя.

Упражнение 6.5. Груз 1, двигаясь горизонтально, приводит в движение ступенчатый барабан 2 посредством нерастяжимой нити, намотанной на его малую ступень (рис. 6.30). К барабану на нитях, намотанных на большую и малую ступеньки, подвешены два груза 3 и 4. На груз 1 действует сила $F = P(t+1)$. Определить закон движения груза 3, если веса грузов одинаковы и равны *P*, вес барабана 2 равен 2*P*, радиусы ступенек барабана *r* и 2*r*, радиус инерции барабана $i_2 = r\sqrt{2}$, и движение началось из состояния покоя.

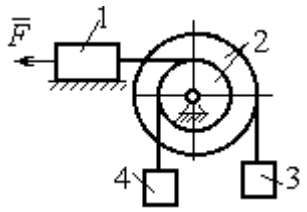


Рис. 6.30. Схема подъёмника

6.4. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами называется совокупность любых *s* независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменятся на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые **вариациями обобщенных координат**, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде: $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$.

Величина Q_k, $k = 1, 2, \ldots, s$, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k$, $k = 1,2,...,s$, где s – число степеней свободы системы; T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_s$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_s$ – обобщенные скорости.

Примеры решения задач на составление уравнений Лагранжа

Задача 71. В механизме домкрата (рис. 6.31) движение зубчатого колеса 1 передаётся шестерне 2, к которой соосно прикреплено зубчатое колесо 3, имеющее зацепление с зубчатой рейкой 4, на которой поднимается груз 5 массы m_5 = 50 кг.

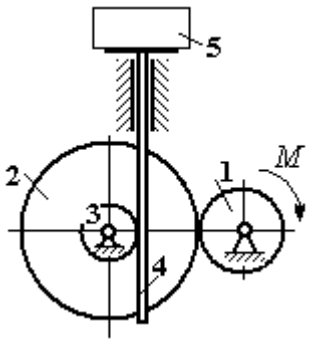


Рис. 6.31. Схема механизма домкрата

Радиусы зубчатых колёс r_1 = 5 см, r_2 = 12 см, r_3 = 6 см. Зубчатые колёса считать сплошными однородными дисками. Массы колёс m_1 = 0,8 кг, m_2 = 1,6 кг, m_3 = 0,6 кг, масса зубчатой рейки m_4 = 1 кг.

Какой величины постоянный вращающий момент нужно приложить к колесу 1 для того, чтобы в момент времени $t = 2$ с груз 5 имел скорость V_5 = 1 м/с, если движение системы начинается из состояния покоя.

Решение

Домкрат является механической системой с одной степенью свободы. Выберем в качестве обобщённой координаты координату *x*, отмечающую положение груза 5 (рис. 6.32).

Уравнение Лагранжа для обобщённой координаты *x* имеет вид: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; $\dot{x}$ – обобщённая скорость; Q_x – обобщённая сила.

Кинетическая энергия колеса 1: $T_1=\frac{J_1\omega_1^2}{2}$, где ω_1 – угловая скорость колеса 1; J_1 – момент инерции колеса, $J_1=\frac{m_1 r_1^2}{2}$.

Кинетические энергии шестерни 2 и зубчатого колеса 3, у которых угловые скорости одинаковы, соответственно: $T_2=\frac{J_2\omega_2^2}{2}$, $T_3=\frac{J_3\omega_2^2}{2}$, где ω_2 – угловая скорость шестерни 2; J_2, J_3 – моменты инерции шестерни 2 и зубчатого колеса 3 относительно оси, проходящей через общий центр масс, $J_2=\frac{m_2 r_2^2}{2}$, $J_3=\frac{m_3 r_3^2}{2}$. Скорость груза 5 равна скорости зубчатой линейки $V_5=V_4$. Кинетическая энергия зубчатой линейки 4 и груза 5: $T_4=\frac{m_4 V_4^2}{2}$, $T_5=\frac{m_5 V_4^2}{2}$.

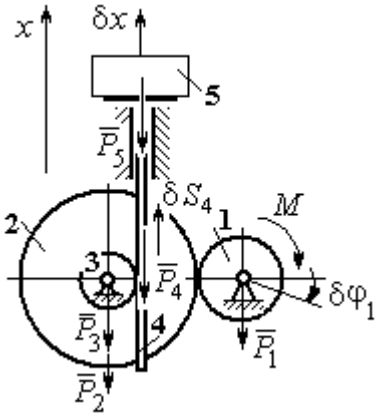


Рис. 6.32. Возможные перемещения звеньев механизма

Выразим угловые скорости колёс через скорость груза (зубчатой линейки).

Имеем: $\omega_2 = \omega_3 = \dfrac{V_4}{r_3}$ (см. рис. 6.32). Кроме того, из равенства $\omega_2 r_2 = \omega_1 r_1$ следует $\omega_1 = \dfrac{\omega_2 r_2}{r_1} = \dfrac{V_4 r_2}{r_1 r_3}$.

Подставляя полученные соотношения в выражения кинетических энергий тел и с учётом данных задачи, получим кинетическую энергию системы:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 =$$

$$= \frac{m_1 r_1^2}{4}\left(\frac{V_4 r_2}{r_1 r_3}\right)^2 + \frac{m_2 r_2^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3 r_3^2}{4}\left(\frac{V_4}{r_3}\right)^2 + \frac{m_4 V_4^2}{2} + \frac{m_5 V_4^2}{2} =$$

$$= \left[\frac{m_1 + m_2}{2}\left(\frac{r_2}{r_3}\right)^2 + \frac{m_3}{2} + m_4 + m_5\right]\frac{V_4^2}{2} = 28{,}05\, V_4^2 = 28{,}05\, \dot{x}^2 .$$

Вычислим обобщённую силу.

Дадим возможное перемещение δx грузу 5. При этом линейка 4 переместится на расстояние δs_4, а зубчатое колесо 1 повернётся на угол $\delta\varphi_1$. Найдём сумму работ всех сил, приложенных к системе, на этом возможном перемещении. Получим: $\delta A = -P_5 \delta x - P_4 \delta s_4 + M \delta\varphi_1$. Работа сил тяжести зубчатых колёс $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$ и $\vec{P}_3$ равна нулю, так как точки приложения этих сил неподвижны.

Из ранее полученных скоростных соотношений следуют равенства перемещений: $\delta s_4 = \delta x$, $\delta\varphi_1 = \dfrac{r_2}{r_1 r_3}\delta x$. В результате сумма работ сил на возможном перемещении системы выражается в виде $\delta A = \left(-m_5 g - m_4 g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3}\right)\delta x$. Отсюда обобщённая сила Q_x, соответствующая координате x: $Q_x = -(m_5 + m_4)g + M\dfrac{r_2}{r_1 r_3} = -500{,}31 + 40M$.

Составим уравнение Лагранжа.

С учётом, что $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 56{,}1\,\ddot{x}$ и $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$, дифференциальное уравнение движения имеет вид: $56{,}1\,\ddot{x} = -500{,}31+40M$ или $\ddot{x} = -8{,}92+0{,}71M$.

Интегрируя это уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон изменения скорости груза 5: $V_5 = \dot{x} = (-8{,}92+0{,}71M)t$.

По условию задачи при $t = 2$ с $V_5 = 1$ м/с. Подставляя эти данные в уравнение, получим: $M = 13{,}27$ Н·м.

Задача 72. Механическая система состоит из ступенчатого блока 2, катка 3, соединённых невесомым брусом 1, и невесомой пружины жесткостью c. Радиусы ступеней блока r и $R = 1{,}5r$, радиус катка 3 равен r. Брус, лежащий на катке 3 и блоке 2, во время движения остаётся параллельным линии качения катка 3 (рис. 6.33). В центре катка 3 приложена сила $\vec{F}$, направленная вверх параллельно наклонной плоскости, а к блоку 2 – пара сил с моментом M. Качение катка по неподвижной поверхности без скольжения. Проскальзывание между брусом 1 и дисками отсутствует. Передача движения пружины блоку 2 производится посредством невесомого жесткого вертикального стержня, прижатого к малой ступеньке блока без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси вращения $i_z = r\sqrt{2}$. Веса тел: $P_3 = P$, $P_2 = 2P$, приложенная сила $F = 2P$, момент $M = Pr$, жесткость пружины $c = P/r$.

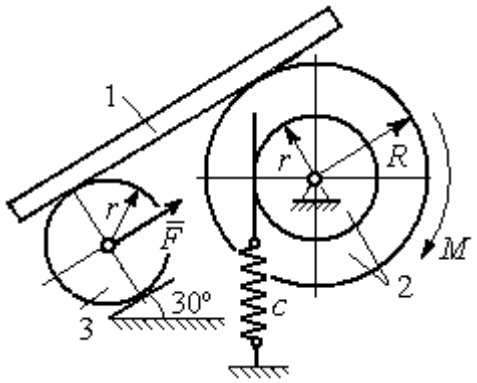


Рис. 6.33. Механическая система с одной степенью свободы

Определить закон угловых колебаний блока 2 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с в сторону вращения, создаваемого заданным моментом.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.34) имеет одну степень свободы. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня недеформируемой пружины (см. рис. 6.34). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы, имеет вид $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T – кинетическая энергия системы; Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате x.

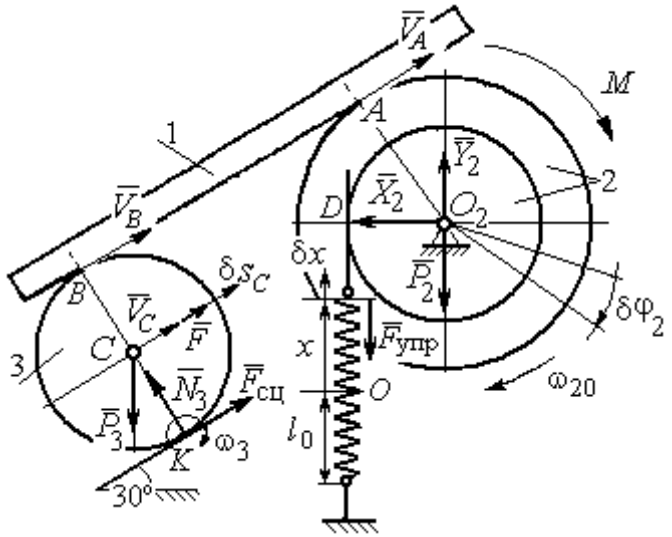


Рис. 6.34 Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Вычислим кинетическую энергию системы. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока; J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси z, $J_{2z} = m_2 i_z^2$. Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C, ω_3 – скорость центра масс катка 3 и его угловая скорость; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; r – радиус катка.

Выразим угловые скорости ω_2, ω_3, а также скорость V_C через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки D блока 2 равна скорости движения верхнего края пружины: $V_D = \dot{x}$ (см. рис. 6.34). Угловая скорость блока 2: $\omega_2 = \dfrac{V_D}{r} = \dfrac{\dot{x}}{r}$. Скорость точки A блока 2: $V_A = \omega_2 R = \dfrac{\dot{x}R}{r}$.

Так как брус совершает поступательное движение, то скорости точек A и B равны: $V_B = V_A$. Угловая скорость катка 3 (точка K касания катка 3 с неподвижной поверхностью является его мгновенным центром скоростей): $\omega_3 = \dfrac{V_B}{2r} = \dfrac{V_A}{2r} = \dfrac{\dot{x}R}{2r^2}$. Скорость центра катка 3: $V_C = \dfrac{V_B}{2} = \dfrac{\dot{x}R}{2r}$.

Подставляя найденные кинематические соотношения с учётом исходных данных задачи, получим кинетическую энергию тел системы:

$$T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{2P}{g} \left(r\sqrt{2}\right)^2 \left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2 = \frac{2P}{g} \dot{x}^2;$$

$$T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2 = \frac{1}{2} \frac{P}{g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2} \frac{Pr^2}{2g} \left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2 = \frac{3P}{4g} \left(\frac{R}{2r}\right)^2 \dot{x}^2.$$

Полная кинетическая энергия системы:

$$T = T_2 + T_3 = \frac{P}{g} \left(2 + \frac{3}{4} \left(\frac{R}{2r}\right)^2\right) \dot{x}^2.$$

Найдём обобщённую силу. Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой x, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине в произвольном положении возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси x (см. рис. 6.34). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta x}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние $\delta s_C = \dfrac{R}{2r} \delta x$. На заданном перемещении системы работу совершают сила тяжести катка 3, пара сил с моментом M, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины.

Элементарная работа вращающего момента M: $\delta A(M) = M\delta\varphi_2 = M\dfrac{\delta x}{r}$.

Работа силы тяжести катка 3: $\delta A(\vec{P}_3) = P_3\delta s_C\cos 120^\circ = -P_3\dfrac{R}{4r}\delta x$.

Работа силы F: $\delta A(\vec{F}) = F\delta s_C = F\dfrac{R}{2r}\delta x$.

Модуль силы упругости пружины, растянутой из недеформированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.34). Её работа при перемещении δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180° = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи:

$$\delta A = M\frac{\delta x}{r} - P_3\frac{R}{4r}\delta x + F\frac{R}{2r}\delta x - cx\delta x = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P\left(\dfrac{17}{8} - \dfrac{x}{r}\right)$.

Вычислим необходимые производные кинетической энергии: $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = \dfrac{2P}{g}\left(2 + \dfrac{3}{4}\left(\dfrac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x}$, $\dfrac{\partial T}{\partial x} = 0$ и, подставляя их в общий вид уравнений Лагранжа, получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$\frac{2P}{g}\left(2 + \frac{3}{4}\left(\frac{R}{2r}\right)^2\right)\ddot{x} = P\left(\frac{17}{8} - \frac{x}{r}\right), \text{ или } \ddot{x} + 10{,}2x = 4{,}34 \text{ (здесь } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2\text{)}.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{10{,}2}$ = 3,19 рад/с. Частное ре-

шение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = 0{,}42$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1 \sin 3{,}19t + C_2 \cos 3{,}19t + 0{,}42$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}42$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки D блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость $\omega_{20} = 0{,}5$ рад/с, то при $r = 0{,}2$ м $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Вычисляем скорость движения края пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 3{,}19 C_1 \cos 3{,}19t - 3{,}19 C_2 \sin 3{,}19t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}03$.

Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}03 \sin 3{,}19t - 0{,}42 \cos 3{,}19t + 0{,}42$ м. Уравнение колебательного движения блока 2: $\varphi_2 = \dfrac{x}{r} = 0{,}15 \sin 3{,}19t - 2{,}1 \cos 3{,}19t + 2{,}1$ рад.

Задача 73. Прямоугольная призма 3 весом $2P$ лежит на катке 1 радиуса r и веса P и опирается на невесомый блок 2 (рис. 6.35). Каток 1 катится по неподвижной горизонтальной поверхности без скольжения. По наклонной поверхности призмы скатывается без скольжения каток 4 весом P и радиуса r. Угол наклона поверхности призмы к горизонту составляет

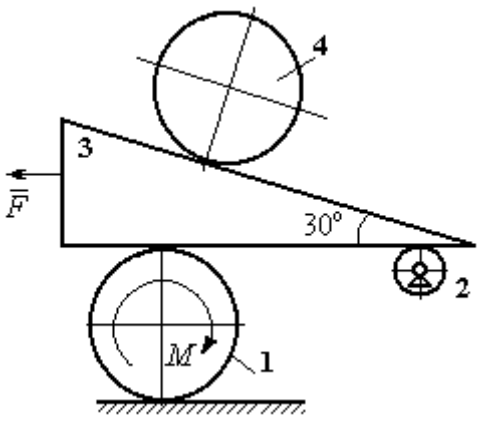


Рис. 6.35. Механическая система с двумя степенями свободы

30º. На каток 1 действует пара сил с постоянным моментом $M = 3Pr$, а на призму 3 – горизонтальная сила $\vec{F}$ с модулем $F = P$. Катки считать однородными дисками. Проскальзывание между катками 1, 4 и призмой отсутствует. В начальный момент система находилась в покое.

Определить закон движения призмы 3 и закон движения катка 4 относительно призмы.

Решение

Рассматриваемая механическая система – катки и призма имеет две степени свободы, так как перемещение катка 4 относительно призмы 3 не зависит от перемещения самой призмы и катка 1. За обобщенные координаты выберем перемещение x_4 центра масс катка 4 относительно края призмы и перемещение x_3 края призмы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.36). Обобщенные скорости: $\dot{x}_4$, $\dot{x}_3$.

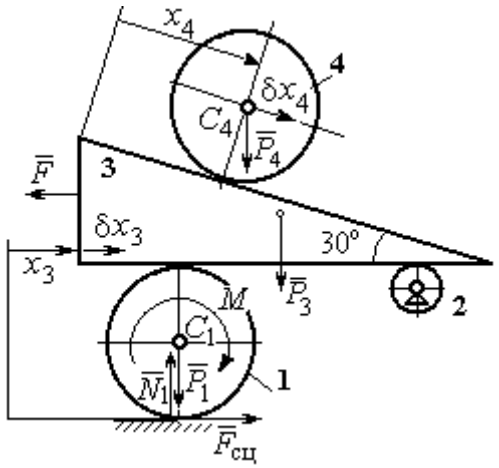


Рис. 6.36. Возможные перемещения механической системы

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы в обобщённых координатах:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_4} = Q_{x_4};$$

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_3} = Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_4}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

Вычислим кинетическую энергию тел в системе.

Каток 1 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2$, где V_{C_1} – скорость центра масс катка, $V_{C_1} = \frac{1}{2}\dot{x}_3$; J_{C_1} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через центр масс

перпендикулярно плоскости движения, $J_{C_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; ω_1 – угловая скорость катка 1, $\omega_1 = \frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Призма 3 совершает поступательное движение со скоростью $V_3 = \dot{x}_3$. Её кинетическая энергия $T_3 = \frac{m_3 V_3^2}{2} = \frac{m_3 \dot{x}_3^2}{2}$.

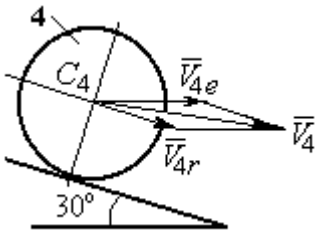


Рис. 6.37. Скорость центра масс катка 4

При расчёте кинетической энергии катка 4 по формуле $T_4 = \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2$ необходимо учитывать, что каток 4 совершает сложное движение. Здесь относительное движение катка – его качение по наклонной поверхности призмы, переносное – поступательное перемещение вместе с призмой.

Вектор абсолютной скорости центра масс катка 4 $\vec{V}_4$ представляется в виде суммы $\vec{V}_4 = \vec{V}_{4e} + \vec{V}_{4r}$ (рис. 6.37), где $\vec{V}_{4e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости призмы: $V_{4e} = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{4r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине $V_{4r} = \dot{x}_4$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 4 (по теореме косинусов):

$$V_4^2 = V_{4e}^2 + V_{4r}^2 - 2V_{4e}V_{4r}\cos 150^\circ = \dot{x}_3^2 + \dot{x}_4^2 + 2\dot{x}_3\dot{x}_4\cos 30^\circ .$$

Поскольку переносное движение катка 4 поступательное, угловая скорость катка ω_4 равна его угловой скорости в относительном движении $\omega_4 = \frac{V_{4r}}{r} = \frac{\dot{x}_4}{r}$.

В результате выражение кинетической энергии системы, в обобщённых скоростях имеет вид:

$$T = \frac{1}{2} m_1 V_{C_1}^2 + \frac{1}{2} J_{C_1} \omega_1^2 + \frac{1}{2} m_3 V_3^2 + \frac{1}{2} m_4 V_4^2 + \frac{1}{2} J_{C_4} \omega_4^2 =$$

$$= \frac{P}{2g}\left(\frac{27}{8}\dot{x}_3^2 + \frac{3}{2}\dot{x}_4^2 + \dot{x}_3\dot{x}_4\sqrt{3}\right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_4 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_4 = 0$. При таком движении системы каток 4 не скатывается по призме, а движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести катков 1, 4 и призмы равна нулю, так как нет вертикального перемещения точек приложения этих сил. Работу на этом перемещении будет производить только сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M, приложенная к катку 1. Суммарная элементарная работа

$$\delta A = -F\delta x_3 + M\delta\varphi_1 = \left(-F + \frac{M}{2r}\right)\delta x_3 .$$

Здесь учтено, что элементарный угол поворота катка 1 связан с перемещением призмы соотношением: $\delta\varphi_1 = \frac{\delta x_3}{2r}$. Отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -F + \frac{M}{2r} = \frac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_4, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_4 > 0, \delta x_3 = 0$. При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 4, который скатывается по наклонной поверхности призмы. При таком движении системы работу совершает только сила тяжести катка 4. Выражая элементарную работу $\delta A = P_4\delta x_4\cos 60^\circ = \frac{1}{2}P\delta x_4$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_4: $Q_{x_4} = \frac{1}{2}P$.

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим необходимые производные кинетической энергии

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4;\ \ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_4}\right) = \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3;\ \ \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$$

Подставляя результаты расчётов в общий вид уравнений Лагранжа, получим систему дифференциальных уравнений:

$$\frac{27P}{8g}\ddot{x}_3 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_4 = \frac{1}{2}P, \quad \frac{3P}{2g}\ddot{x}_4 + \frac{P\sqrt{3}}{2g}\ddot{x}_3 = \frac{1}{2}P$$

или

$$6{,}75\ddot{x}_3 + 1{,}73\ddot{x}_4 = g; \quad 3\ddot{x}_4 + 1{,}73\ddot{x}_3 = g.$$

Решаем данную систему как алгебраическую относительно ускорений $\ddot{x}_3$, $\ddot{x}_4$. Получим: $\ddot{x}_3 = 0{,}07g$, $\ddot{x}_4 = 0{,}29g$.

Интегрируя дважды эти уравнения с нулевыми начальными условиями, получим закон движения призмы ($x_3 = 0{,}035gt^2$) и центра масс катка 4 относительно призмы ($x_4 = 0{,}145gt^2$). Движение призмы и катка 4 относительно призмы происходит в положительном направлении осей.

Задача 74. Механическая система состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3 (рис. 6.38). Невесомый стержень, соединяющий каток 2 с блоком 3, параллелен горизонтальной плоскости качения катка 2. К центру катка 2 прикреплена горизонтальная пружина, другой конец которой соединён с грузом 1. Коэффициент жесткости пружины *c*. Груз 1 весом P_1 движется без трения по горизонтальной поверхности. Каток 2 весом P_2 катится по горизонтальной поверхности без скольжения. Радиус катка 2 равен *r*. Блок 3 считать однородным диском весом P_3 радиуса *R*. К блоку 3 приложена пара сил с моментом *M*. Движение катка 2 блоку 3 передаётся горизонтальным невесомым стержнем. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует. В начальный момент система находилась в покое. При этом груз 1 находился в положении, при котором

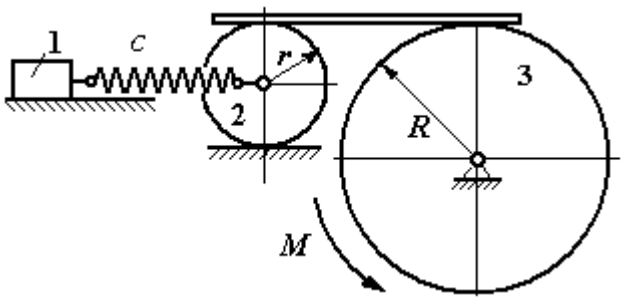


Рис. 6.38. Колебания механической системы с двумя степенями свободы

пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на величину Δl_0.

Найти закон абсолютного движения груза 1, если известно P_1 = 10 Н, P_2 = 20 Н, P_3 = 30 Н, M = 5 Н·м, R = 24 см, c = 207 Н/м, Δl_0 = 5 см.

Решение

Рассматриваемая механическая система имеет две степени свободы. В качестве обобщенных координат выберем удлинение пружины x_1 относительно недеформированного состояния и угол φ_3 поворота блока 3 (рис. 6.39). При этом x_1 является относительной координатой движения груза, а φ_3 – абсолютной координатой вращения блока 3.

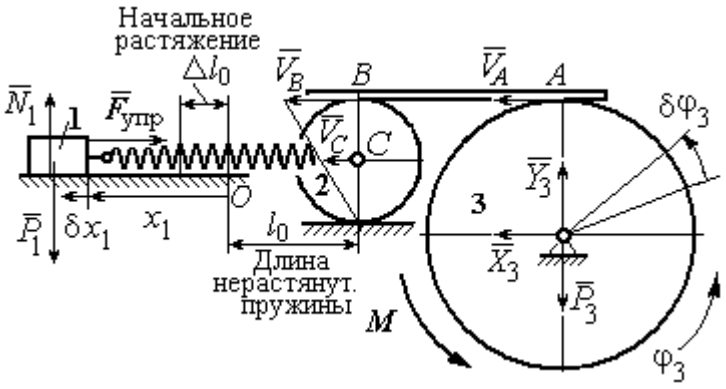


Рис. 6.39. Расчётная схема колебаний механической системы

Рассмотрим сложное движение груза 1. Относительное движение груза – это его движение на пружине в предположении, что точка крепления пружины неподвижна. Относительная скорость $V_{1r} = \dot{x}_1$. Переносное движение – это перемещение груза вместе с фиксированной длиной пружины (иначе, заменяя пружину жестким стержнем). Переносная скорость груза 1 $V_{1e} = V_C$, где V_C – скорость центра масс катка 2.

На рис. 6.39 показано распределение скоростей точек катка 2, откуда следует: $V_C = \frac{1}{2} V_B$. Имеем: $V_B = V_A = \omega_3 R = \dot{\varphi}_3 R$ и $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Для того чтобы найти модуль абсолютной скорости груза 1, спроектируем векторное равенство теоремы сложения скоростей $\vec{V}_1 = \vec{V}_{1r} + \vec{V}_{1e}$ на горизон-

тальную ось. Полагая, что движение системы происходит в положительном направлении отсчета обобщённых координат, получим: $V_1 = \dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$.

Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) - \frac{\partial T}{\partial x_1} = Q_x, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = Q_\varphi,$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_x, Q_φ – обобщенные силы, соответствующие обобщенным координатам x_1 и φ_3.

Вычислим кинетическую энергию системы и выразим её через обобщённые скорости.

Кинетическая энергия поступательного движения груза 1 определяется выражением $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где V_1 следует рассматривать как абсолютную скорость груза. Тогда $T_1 = \frac{1}{2} m_1 \left(\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R\right)^2$. Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. Кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3}{4} m_2 V_C^2$, причём $V_C = \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R$. Тогда $T_2 = \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2$. Кинетическая энергия вращающегося блока 3: $T_3 = \frac{1}{2} J_{3z} \omega_3^2$, где J_{3z} – осевой момент инерции блока 3, $J_{3z} = \frac{m_3 R^2}{2}$. Окончательно $T_3 = \frac{1}{4} m_3 \dot{\varphi}_3^2 R^2$.

Кинетическая энергия системы имеет вид:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{1}{2} m_1 (\dot{x}_1 + \frac{1}{2}\dot{\varphi}_3 R)^2 + \frac{3}{16} m_2 \dot{\varphi}_3^2 R^2 + \frac{m_3 R^2}{4} \dot{\varphi}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m_1 \dot{x}_1 \dot{\varphi}_3 R + \left(\frac{1}{8} m_1 + \frac{3}{16} m_2 + \frac{1}{4} m_3\right) \dot{\varphi}_3^2 R^2.$$

Дадим системе возможное перемещение, при котором изменяется координата груза x_1 ($\delta x_1 > 0$), а другая координата – угол поворота блока 3 φ_3 остаётся постоянной ($\delta\varphi_3 = 0$). В этом случае груз 1 движется горизонтально, блок 3 и каток 2 – неподвижны. При таком движении работу будет производить только упругая сила пружины.

Модуль силы упругости пружины пропорционален её растяжению и в произвольном положении груза равен: $F_{\text{упр}} = c\Delta\ell = cx_1$. Направление силы упругости противоположно растяжению (см. рис. 6.39).

Сумма элементарных работ сил на заданном перемещении системы δx_1: $\delta A = -F_{\text{упр}}\delta x_1 = -cx_1\delta x_1$. Отсюда обобщенная сила Q_x, соответствующая координате x_1: $Q_x = -cx_1 = -207x_1$ Н.

Дадим системе другое возможное перемещение, при котором пружина не растягивается: $\delta x_1 = 0$, а блок 3 повернулся на угол $\delta\varphi_3$: $\delta\varphi_3 > 0$. В этом случае пружина рассматривается как жёсткий стержень, связывающий груз 1 с центром масс катка 2. В результате при повороте блока 3 груз 1 и точка *C* движутся одинаково в горизонтальном направлении. На этом перемещении системы работу совершает только пара сил с моментом *M*, приложенная к блоку 3. Имеем $\delta A = M\delta\varphi_3$, и, следовательно, обобщённая сила $Q_\varphi = M = 5$ Н·м.

Составим уравнения Лагранжа, для чего вычислим производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям и координатам:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1} = m_1\dot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\dot{\varphi}_3;\ \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{1}{2}m_1R\dot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\dot{\varphi}_3R^2;$$

$$\frac{\partial T}{\partial x_1} = 0,\ \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0.$$

Полные производные по времени:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_1}\right) = m_1\ddot{x}_1 + \frac{1}{2}m_1R\ddot{\varphi}_3;\ \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3}\right) = \frac{1}{2}m_1R\ddot{x}_1 + \left(\frac{1}{4}m_1 + \frac{3}{8}m_2 + \frac{1}{2}m_3\right)\ddot{\varphi}_3R^2.$$

Приравнивая полные производные обобщённым силам, получим уравнения Лагранжа окончательно в виде системы алгебраических уравнений относительно ускорений $\ddot{x}_1$ и $\ddot{\varphi}_3$:

$$1{,}02\ddot{x}_1 + 0{,}12\ddot{\varphi}_3 = -207x_1;\ \ 0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5.$$

Разрешая систему относительно ускорения $\ddot{x}_1$, получим уравнение относительных колебаний груза:

$$\ddot{x}_1 + 225x_1 = -4{,}35\,.$$

Решение линейного неоднородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x_1 = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$.

Общее решение однородного уравнения $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний груза 1, $k = \sqrt{225} = 15$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{част}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим: $b = -0{,}02$.

Таким образом, общее решение неоднородного уравнения

$$x_1(t) = C_1\sin 15t + C_2\cos 15t - 0{,}02\,.$$

Начальная координата x_{01} груза 1 определяется из условия, что в начальный момент времени при $t = 0$ груз находился в положении, при котором пружина была растянута относительно своего недеформированного состояния на расстояние $\Delta l_0 = 0{,}05$ м. Следовательно, $x_{01} = 0{,}05$. Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим: $C_2 = 0{,}07$.

Относительная скорость груза 1 в любой момент времени: $\dot{x}_1(t) = C_1 15\cos 15t - C_2 15\sin 15t$. По условию задачи начальная скорость груза 1

$\dot{x}_1(0) = 0$. После подстановки начального условия в выражение для скорости груза 1 получим: $C_1 = 0$.

Окончательно уравнение относительного движения груза 1:

$$x_1(t) = 0{,}07\cos 15t - 0{,}02 \text{ м}.$$

Найдём уравнение вращательного движения блока 3. Для этого в дифференциальное уравнение $0{,}12\ddot{x}_1 + 0{,}15\ddot{\varphi}_3 = 5$ подставим значение второй производной решения относительных колебаний груза 1. Получим: $\ddot{\varphi}_3 = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$. Полагая $\ddot{\varphi}_3 = \dfrac{d\omega_3}{dt}$, получим дифференциальное уравнение первого порядка: $\dfrac{d\omega_3}{dt} = 33{,}33 + 12{,}6\cos 15t$, откуда найдём угловую скорость блока 3: $\omega_3 = 33{,}33t + 0{,}84\sin 15t + C_3$.

Аналогично, положив $\omega_3 = \dfrac{d\varphi_3}{dt}$, найдём закон вращательного движения блока 3: $\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + C_3 t + C_4$.

Начальные условия движения блока: при $t = 0$, $\varphi_3(0) = 0$, $\omega_3(0) = 0$. Подставляя начальные условия в уравнения движения, получим: $C_4 = 0{,}056$, $C_3 = 0$.

Окончательно уравнение вращательного движения блока 3:

$$\varphi_3 = 16{,}665t^2 - 0{,}056\cos 15t + 0{,}056.$$

Абсолютное движение s_1 груза 1 представляется суммой относительного и переносного движений:

$$s_1 = x_1 + S_C = x_1 + \frac{1}{2}R\varphi_3 = 2t^2 - 0{,}06\cos 15t - 0{,}01.$$

Упражнения

Упражнение 6.6. Каток весом $P_1 = 2P$, радиуса r, движущийся без проскальзывания по вертикальной стене, удерживается вертикальной пружиной жесткостью $C = 4P / r$, прикреплённой одним концом к центру катка, другим – к неподвижной поверхности (рис. 6.40). К нити, намотанной на барабан катка, подвешен груз 2 весом $P_2 = P$. На груз действует сила $F = P$, к катку приложена пара сил с моментом $M = Pr$.

Найти закон движения груза 2 и максимальное растяжение пружины, если движение системы началось из состояния покоя при недеформированной пружине.

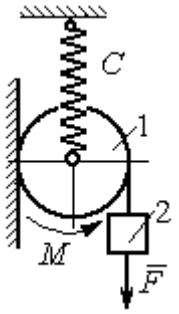


Рис. 6.40. Схема движения катка

Упражнение 6.7. Грузы 1 и 2 весом $P_1 = 20$ Н и $P_2 = 30$ Н привязаны к нерастяжимой нити. Нить переброшена через неподвижные блоки B и D и охватывает снизу подвижный блок 3 весом $P_3 = 40$ Н (рис. 6.41).

Определить ускорения грузов 1 и 2 и центра масс блока 3. Весом нити и неподвижных блоков B и D пренебречь.

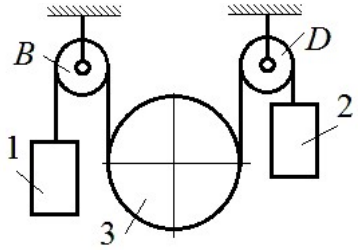


Рис. 6.41. Механическая система с двумя степенями свободы

Упражнение 6.8. Каток 1, радиуса r весом P катится по горизонтальной поверхности. К катку приложена пара сил с моментом $M = 2Pr$. Каток передаёт движение невесомой тележке (см. рис. 6.42). В кузове тележки находится каток 2 такого же радиуса r и веса P, который движется по горизонтальной поверхности кузова под действием силы $F = P$, приложенной в центре катка. Найти закон движения центра катка 2 относительно тележки, если движение системы началось из состояния покоя.

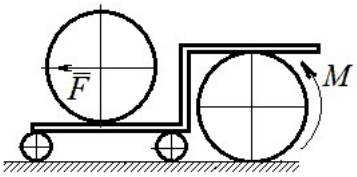


Рис. 6 42. Движение катка в кузове тележки

7. ОТВЕТЫ И КРАТКИЕ ПОЯСНЕНИЯ

7.1. Ответы к упражнениям главы 1

1.1

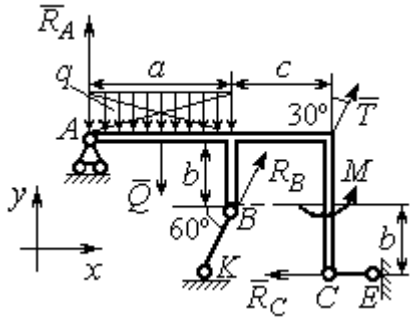


Рис. 7.1. Расчётная схема к упражнению 1.1

$$T = 15 \text{ кН}, \quad Q = 15 \text{ кН}.$$

$$R_B\cos 60^\circ + T\cos 60^\circ - R_C = 0;$$

$$R_A - Q + R_B\cos 30^\circ + T\cos 30^\circ = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{a}{2} + R_B\cos 30^\circ\cdot a + R_B\cos 60^\circ\cdot b + T\cos 30^\circ\cdot(a+c) +$$

$$+ M - R_C\cdot 2b = 0.$$

$$R_B = -3{,}8 \text{ кН}, \quad R_C = 5{,}6 \text{ кН}, \quad R_A = 5{,}3 \text{ кН}.$$

1.2

$Q = 9$ кН. $T = 2$ кН.

$$X_A + T\cos 30^\circ + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60^\circ + R_B - T\cos 60^\circ - F = 0;$$

$$-Q\cdot\frac{c}{2} + R_B(b + c\cos 60^\circ) - Fc\cos 60^\circ + M -$$

$$-T\cos 60^\circ(b + c\cos 60^\circ) - T\cos 30^\circ(a + c\sin 60^\circ) = 0.$$

$R_B = 10{,}02$ кН, $X_A = -9{,}53$ кН, $Y_A = -0{,}52$ кН.

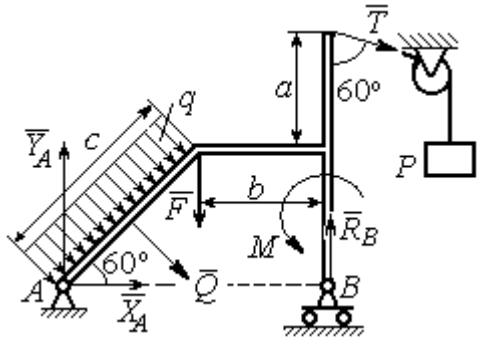


Рис. 7.2. Расчётная схема к упражнению 1.2

1.3

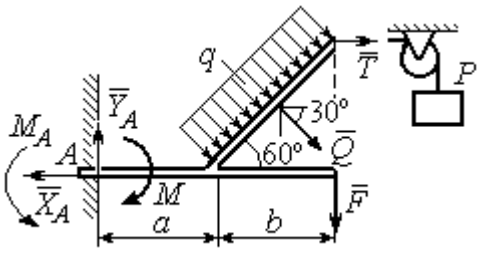


Рис. 7.3. Расчётная схема к упражнению 1.3

$Q = 8$ кН. $T = 3$ кН.

$$-X_A + T + Q\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A - Q\cos 60° - F = 0;$$

$$-T2b\cos 30° - F(a+b) + M_A - M -$$

$$-Q\cos 60°\left(a + \frac{b}{2}\right) - Q\cos 30^\circ\left(b\cos 30^\circ\right) = 0.$$

$M_A = 18{,}61$ кН·м, $X_A = 9{,}93$ кН, $Y_A = 6$ кН.

1.4

$Q = 6{,}93$ кН, $T = 2$ кН.

$$-X_B - T + Q\cos 30^\circ + F\cos 60^\circ = 0;$$

$$R_A - Q\cos 60^\circ + Y_B - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$-\frac{Qa}{2\cos 30^\circ} + Y_B\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + Ta - Fa\cos 60^\circ -$$

$$-F\cos 30^\circ\left(b + \frac{a}{2\cos 30^\circ}\right) + M = 0.$$

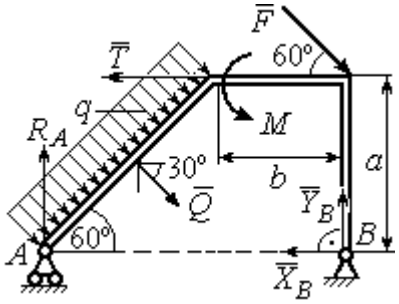


Рис.7.4. Расчётная схема к упражнению 1.4

$R_A = 0{,}72$ кН, $X_B = -5{,}5$ кН, $Y_B = 5{,}34$ кН.

1.5

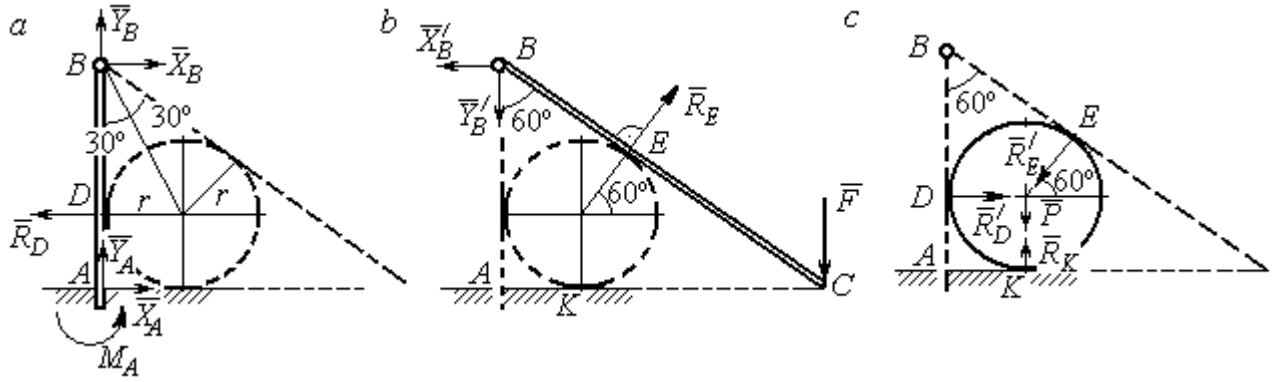


Рис. 7.5. Расчётные схемы к упражнению 1.5:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BC*; *c* – равновесие шара

$X_B = X'_B$, $Y_B = Y'_B$, $R_D = R'_D$, $R_E = R'_E$.

Балка *AB*. $AB = r + BD = r + r\operatorname{ctg}30^\circ = 2{,}73$ м.

$$X_A - R_D + X_B = 0,\ Y_A + Y_B = 0,\ M_A + R_D \cdot r - X_B \cdot AB = 0.$$

Балка *BC*. $BE = BD = 1{,}73$ м. $AC = BC\cos 30^\circ = 2AB\cos 30^\circ = 4{,}73$ м.

$$R_E\cos 60^\circ - X'_B = 0,\ RE\sin 60\circ - Y'B - F = 0,\ R_E \cdot BE - F \cdot AC = 0.$$

Шар.

$$R'_D - R'_E\cos 60^\circ = 0,\ R_K - P - R'_E\cos 30^\circ = 0.$$

$R_E = 21{,}87$ кН, $Y_B = 10{,}94$ кН, $X_B = 10{,}94$ кН, $R_D = 10{,}94$ кН;

$R_K = 20{,}94$ кН, $X_A = 0$, $Y_A = -10{,}94$ кН, $M_A = 18{,}93$ кН·м.

1.6

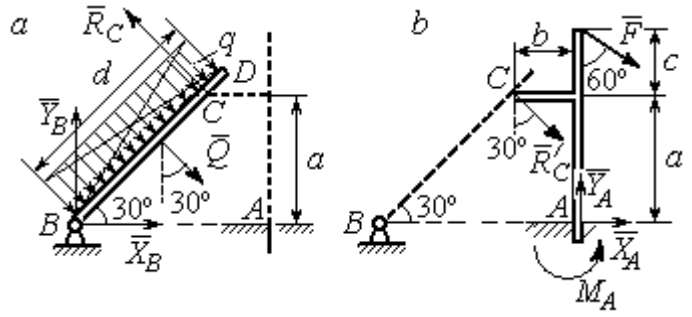


Рис. 7.6. Расчётные схемы к упражнению № 1.6:
a – равновесие балки *BD*; *b* – равновесие балки *AC*

Балка *BD*. $Q = 15$ кН.

$$X_B + Q\cos 60^\circ - R_C\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_B - Q\cos 30^\circ + R_C\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Q\frac{d}{2} + R_C\, 2a = 0.$$

Балка *AC*. $R_C = R'_C$.

$$X_A + R'_C\cos 60^\circ + F\cos 30^\circ = 0,\ Y_A - R'_C\cos 30^\circ - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$M_A - R'_C\cos 60^\circ \cdot a + R'_C\cos 30^\circ \cdot b - F\cos 30^\circ (a + c) = 0.$$

$$X_B = 0{,}61 \text{ кН},\ \ Y_B = 8{,}3 \text{ кН},\ R_C = 9{,}37 \text{ кН};$$

$$X_A = -8{,}15 \text{ кН},\ \ Y_A = 10{,}11 \text{ кН},\ \ M_A = 11{,}65 \text{ кН·м}.$$

1.7

Балка *AB*. $Q_1 = 6$ кН.

$T = P = 3$ кН.

$$X_A + R_B - T\cos 60^\circ + F = 0;$$

$$Y_A - Q_1 - T\cos 30^\circ = 0;$$

$$M_A - R_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_1\frac{a}{2} +$$

$$+ T\cos 30^\circ a + T\cos 60^\circ c\cos 30^\circ -$$

$$- F\left[c + (b + c)\cos 30^\circ\right] = 0.$$

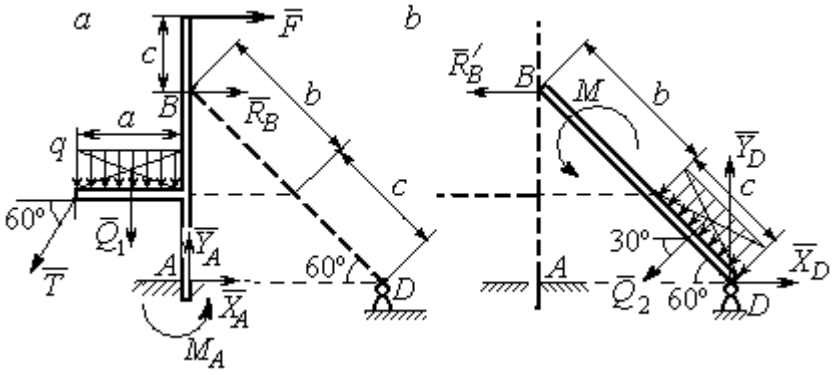


Рис. 7.7. Расчётные схемы к упражнению 1.7:
a – равновесие балки *AB*; *b* – равновесие балки *BD*

Балка *DB*. $Q_2 = 3$ кН. $R'_B = R_B$.

$$X_D - R'_B - Q_2\cos 30^\circ = 0,\ \ Y_D - Q_2\cos 60^\circ = 0,\ M + R'_B(b + c)\cos 30^\circ + Q_2\frac{c}{2} = 0.$$

$$X_A = -1{,}49 \text{ кН},\ Y_A = 8{,}6 \text{ кН},\ M_A = 8{,}86 \text{ кН},\ R_B = -1{,}01 \text{ кН};$$

$$X_D = 1{,}59 \text{ кН},\ \ Y_D = 1{,}5 \text{ кН}.$$

1.8

Шар.

$$R_B\cos60^\circ - R_D\cos60^\circ = 0;$$

$$R_B\cos30^\circ + R_D\cos30^\circ - P = 0.$$

Балка AC. $R'_B = R_B$.

$$X_A - R'_B\cos60^\circ = 0;$$

$$Y_A - R'_B\cos30^\circ + F = 0;$$

$$M_A - R'_B AB + F \cdot AC\cos30^\circ = 0.$$

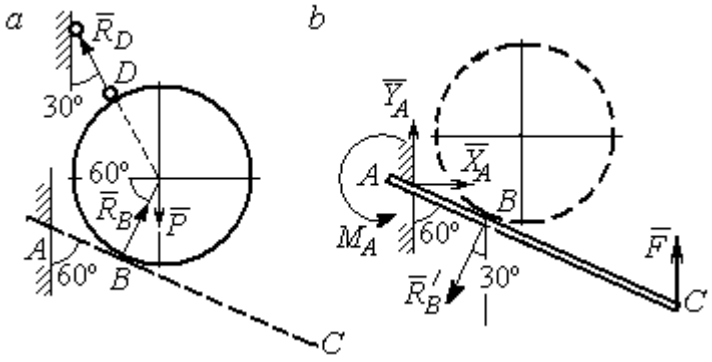


Рис. 7.8. Расчётные схемы к упражнению 1.8:
a – равновесие шара; *b* – равновесие балки *AC*

$X_A = 2{,}89$ кН, $Y_A = 0$ кН, $M_A = -11{,}55$ кН·м, $R_B = 5{,}77$ кН, $R_D = 5{,}77$ кН.

1.9

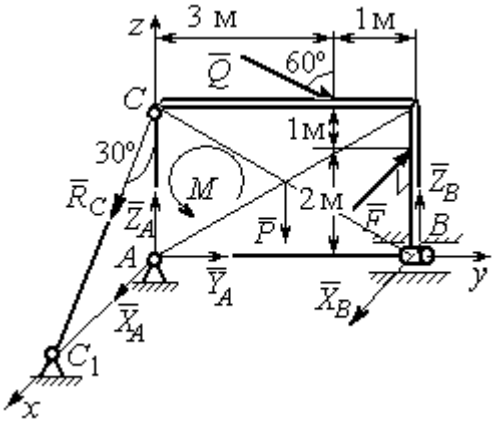


Рис. 7.9. Расчётная схема
к упражнению 1.9

$$X_A + R_C\cos60^\circ + X_B - F = 0;$$

$$Y_A + Q\cos30^\circ = 0;$$

$$Z_A - R_C\cos30^\circ - Q\cos60^\circ + Z_B - P = 0;$$

$$M - Q\cos60^\circ \cdot 3 - Q\cos30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 - P \cdot 2 = 0;$$

$$R_C\cos60^\circ \cdot 3 - F \cdot 2 = 0,\ -X_B \cdot 4 + F \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}34$ кН, $Y_A = 2{,}6$ кН;

$Z_A = 8{,}92$ кН, $R_C = 10{,}67$ кН;

$X_B = 8$ кН, $Z_B = 3{,}82$ кН.

1.10

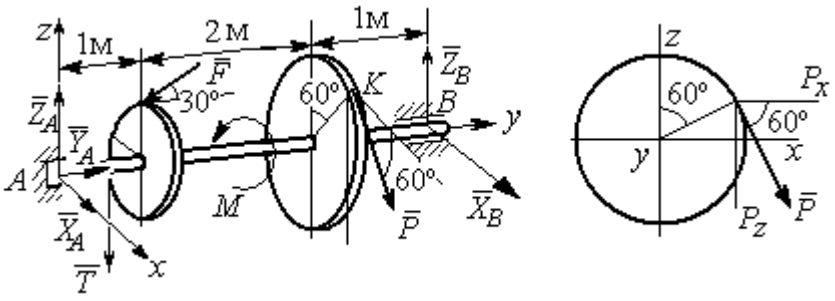


Рис. 7.10. Расчётные схемы к упражнению 1.10

$T = Q = 3$ кН.

$$X_A + P\cos 60^\circ + X_B = 0,\ \ Y_A - F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ - P\cos 30^\circ - T + Z_B = 0.$$

$$-T\cdot 1 - F\cos 60^\circ \cdot 1 + F\cos 30^\circ \cdot r - P\cos 30^\circ \cdot 3 + Z_B \cdot 4 = 0;$$

$$-Tr + PR - M = 0,\ \ -P\cos 60^\circ \cdot 3 + X_B \cdot 4 = 0.$$

$X_A = 5{,}6$ кН, $Y_A = 3{,}46$ кН, $Z_A = 5{,}48$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 2{,}4$ кН, $Z_B = 5{,}06$ кН.

1.11

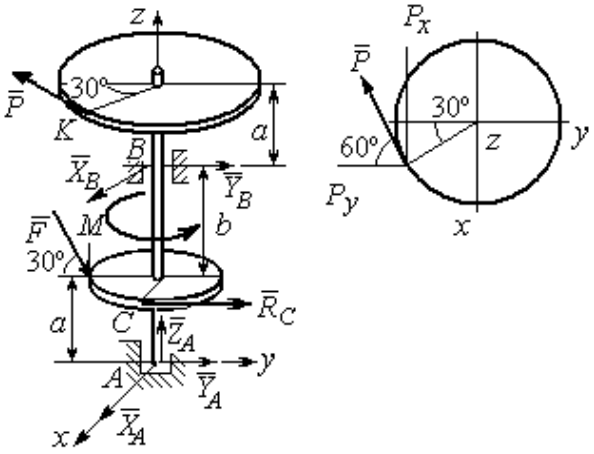


Рис. 7.11. Расчётные схемы к упражнению 1.11

$R_C = Q = 3$ кН.

$$X_A + X_B - P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Y_A + Y_B - P\cos 60^\circ + R_C + F\cos 30^\circ = 0;$$

$$Z_A - F\cos 60^\circ = 0;$$

$$-Y_B(a+b) + P\cos 60^\circ(2a+b) - R_C a - -$$

$$F\cos 30^\circ \cdot a + F\cos 60^\circ \cdot r = 0;$$

$$X_B(a+b) - P\cos 30^\circ(2a+b) = 0;$$

$$-PR + R_C r + M = 0.$$

$X_A = -1{,}85$ кН, $Y_A = -5{,}64$ кН, $Z_A = 2$ кН, $P = 6{,}4$ кН, $X_B = 7{,}39$ кН, $Y_B = 2{,}38$кН.

1.12

$$T = Q = 3 \text{ кН}.$$

$$X_A + T + X_D = 0;\ Y_A - F + P\cos 60^\circ = 0,$$

$$Z_A + Z_D + P\cos 30^\circ = 0;$$

$$Fa\sin 30^\circ + Z_D(b+2a) + P(2b+2a)\cos 30^\circ = 0;$$

$$Ta\sin 30^\circ - Pa\cos 30^\circ + M = 0;$$

$$-Ta - X_D(b+2a) + Pa\cos 60^\circ + Fa\cos 30^\circ = 0.$$

$$X_A = 0{,}8 \text{ кН},\quad Y_A = 2{,}56 \text{ кН},\ \ Z_A = 1{,}3 \text{ кН};$$

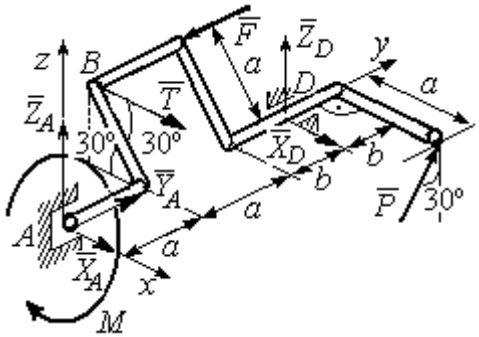


Рис. 7.12. Расчётная схема к упражнению 1.12

$$P = 2{,}89 \text{ кН},\ X_D = 0{,}76 \text{ кН},\ Z_D = -3{,}80 \text{ кН}.$$

1.13

Минимальный вес груза P:

$$T_{\min} + F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0$$

Максимальный вес груза P:

$$T_{\max} - F_{\text{тр}\,A} - N_B = 0;$$

$$-F_{\text{тр}\,B} + N_A - Q = 0;$$

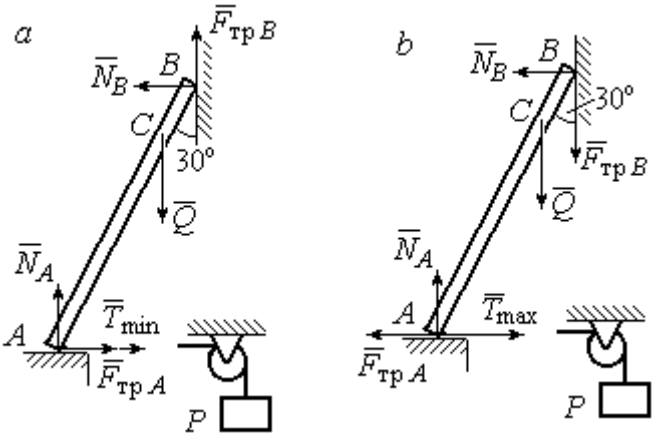


Рис. 7.13. Расчётные схемы к упражнению 1.13:
a – расчёт минимального веса груза;
b – расчёт максимального веса груза

$$-F_{\text{тр}\,B} \cdot AB\sin 30° + N_B \cdot AB\cos 30° - Q \cdot AC\sin 30° = 0;$$

$$F_{\text{тр}\,A} = f N_A,\ F_{\text{тр}\,B} = f N_B.$$

$$T_{\min} = 31.77 \text{ Н} < P < T_{\max} = 130{,}51 \text{ Н}.$$

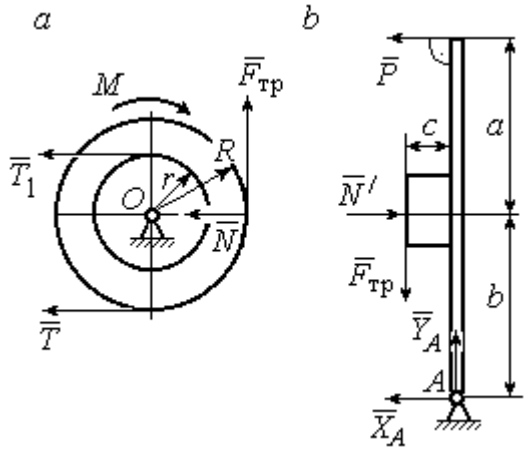


Рис. 7.14. Расчётные схемы
к упражнению 1.14:
a – равновесие шкива; *b* – равновесие рычага

1.14

Шкив. $T = T_1 = Q$.

$$T \cdot R - T_1 r + M - F_{\text{тр}} R = 0.$$

$$F_{\text{тр}} = 266{,}67 \text{ Н};$$

$$N = \frac{F_{\text{тр}}}{f} = 666{,}67 \text{ Н}.$$

Рычаг. $N = N'$. $F_{\text{тр}} = F'_{\text{тр}}$.

$$P(a+b) - N' \cdot b + F'_{\text{тр}} c = 0.$$

$$P = 320 \text{ Н}.$$

$$-X_A - P + N' = 0;$$

$$Y_A - F'_{\text{тр}} = 0.$$

$$X_A = 346{,}67 \text{ Н},\ Y_A = 266{,}67 \text{ Н}.$$

7.2. Ответы к упражнениям главы 2

2.1

$$\omega_{1z} = \dot{\varphi}_1 = 3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2},\ \omega_1(1) = |\omega_{1z}(1)| = 3 \text{ рад/с}.$$

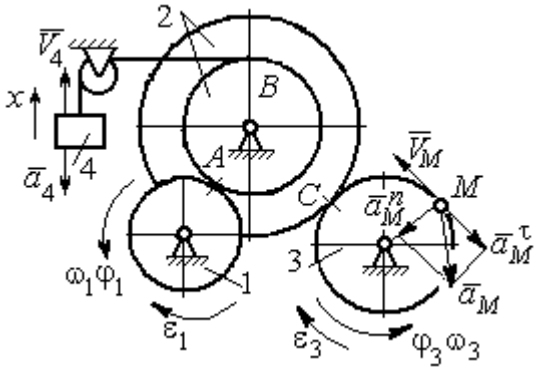


Рис. 7.15. Расчётная схема к упражнению 2.1

$$\omega_{3z} = \omega_{1z}\frac{R_1}{r_2}\frac{R_2}{R_3} = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)\frac{4}{3};$$

$$\omega_3(1) = |\omega_{3z}(1)| = 4 \text{ рад/с}.$$

$$V_M(1) = \omega_3(1)R_3 = 40 \text{ см/с}.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = -\frac{2\pi^2}{3}\sin\frac{\pi t}{2},\quad \varepsilon_{3z}(1) = -\frac{2\pi^2}{3};$$

$$\varepsilon_3(1) = |\varepsilon_{3z}(1)| = \frac{2\pi^2}{3} = 6{,}58 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_M^n + \bar{a}_M^\tau,\ a_M^n(1) = \omega_3^2(1)R_3 = 160 \text{ см/с}^2,\ a_M^\tau(1) = \varepsilon_3(1)R_3 = 65{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M(1) = 173 \text{ см/с}^2.$$

$$V_{4x} = V_A = \omega_{1z}R_1 = \left(3 + \pi\cos\frac{\pi t}{2}\right)8;\ V_4(1) = |V_{4x}(1)| = 24 \text{ см/с}.$$

$$\dot{V}_{4x} = -4\pi^2\sin\frac{\pi t}{2},\ \dot{V}_{4x}(1) = -4\pi^2;\ a_4(1) = |\dot{V}_{4x}(1)| = 39{,}48 \text{ см/с}^2.$$

2.2

$$V_{4x} = \dot{x}_4 = 1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3};$$

$$V_{4x}(3) = 2{,}05 \text{ м/с},\ V_4 = |V_{4x}(3)|$$

$$\omega_{3z} = \frac{V_{4x}}{r_3} = \frac{1}{r_3}\left(1 - \frac{\pi}{3}\cos\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3}\right);$$

$$\omega_{3z}(3) = 6{,}83 \text{ рад/с};\ \omega_3 = |\omega_{3z}(3)|.$$

$$\varepsilon_{3z} = \dot{\omega}_{3z} = \frac{1}{r_3}\left(\frac{\pi^2}{9}\sin\frac{\pi t}{3} - \frac{\pi^2}{9}\cos\frac{\pi t}{3}\right).$$

$$\varepsilon_{3z}(3) = 3{,}65 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_3 = |\varepsilon_{3z}(3)|.$$

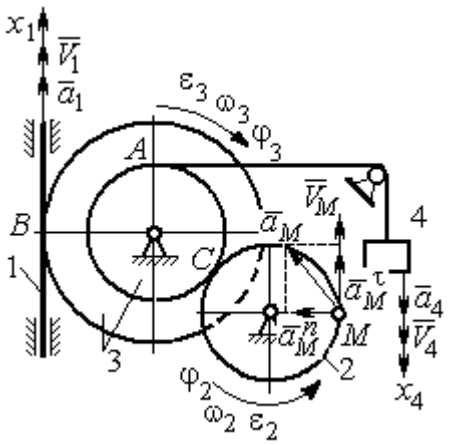


Рис. 7.16. Расчётная схема к упражнению 2.2

$$\frac{\omega_3}{\omega_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \omega_2=\omega_3\frac{r_3}{R_2}=10{,}25\ \text{рад/с};\ V_M=\omega_2 R_2=2{,}05\ \text{м/с}.$$

$$\frac{\varepsilon_3}{\varepsilon_2}=\frac{R_2}{r_3};\ \ \varepsilon_2=\varepsilon_3\frac{r_3}{R_2}=5{,}47\ \text{рад/с}^2.$$

$$a_M^n=\omega_2^2 R_2=20{,}4\ \text{м/с}^2;\ \ a_M^\tau=\varepsilon_2 R_2=1{,}09\ \text{м/с}^2.$$

$$a_M=\sqrt{\left(a_M^n\right)^2+\left(a_M^\tau\right)^2}=20{,}43\ \text{м/с}^2.$$

$$V_1=\omega_3 R_3=2{,}73\ \text{м/с};\ a_1=\dot V_1=\dot\omega_3 R_3=\varepsilon_3 R_3=2{,}19\ \text{м/с}^2.$$

2.3

$$BP_2=BC\cos30^\circ=4{,}33\ \text{см};\ CP_2=2{,}5\ \text{см}.$$

$$\omega_{BC}=\frac{V_B}{BP_2}=1{,}15\ \text{рад/с};\ \ V_C=\omega_{BC}CP_2=2{,}87\ \text{см/с};$$

$$\omega_1=\frac{V_C}{CP_1}=0{,}72\ \text{рад/с};\ EP_1=2R_1\cos30^\circ=3{,}46\ \text{см};$$

$$V_E=\omega_1 EP_1=2{,}49\ \text{см/с};\ EP_3=2AE\cos30^\circ=10{,}39\ \text{см};$$

$$\omega_{AE}=\frac{V_E}{EP_3}=0{,}24\ \text{рад/с};\ EA=AP_3;$$

$$V_A=\omega_{AE}AP_3=1{,}44\ \text{см/с},\ \ \omega_{AO}=\frac{V_A}{AO}=0{,}24\ \text{рад/с}.$$

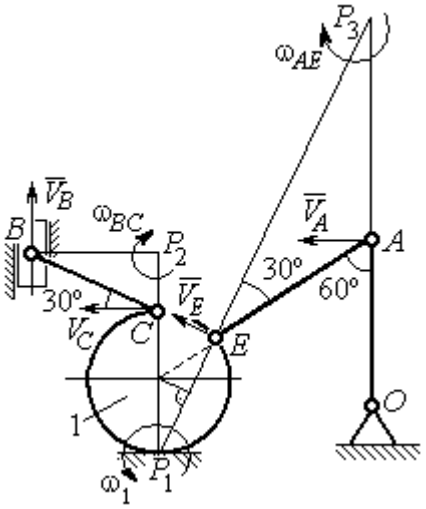


Рис. 7.17. Расчётная схема к упражнению 2.3

2.4

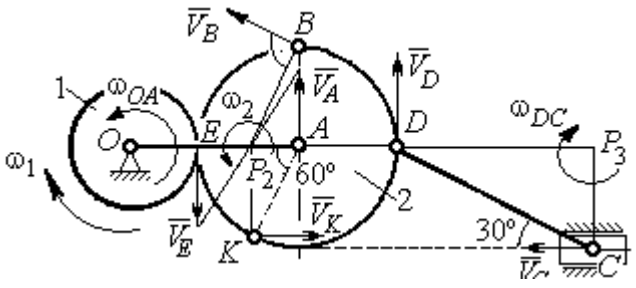


Рис. 7.18. Расчётная схема к упражнению 2.4

E – точка касания дисков.

$$V_E=\omega_1 r_1=18\ \text{см/с}.$$

$$V_A=\omega_{OA}\left(r_1+r_2\right)=18\ \text{см/с}.$$

$$EP_2=P_2A=3\ \text{см},\ \omega_2=\frac{V_E}{EP_2}=6\ \text{рад/с}.$$

$$V_K=\omega_2 P_2K=31{,}18\ \text{см/с}.$$

$$V_B=\omega_2 P_2B=40{,}25\ \text{см/с};\ V_D=\omega_2 P_2D=54\ \text{см/с}.$$

$DC = 2r_2$, $\omega_{DC} = \dfrac{V_D}{DP_3} = 5{,}197$ рад/с; $V_C \cos 30^\circ = V_D \cos 60^\circ$, $V_C = 31{,}18$ см/с.

2.5

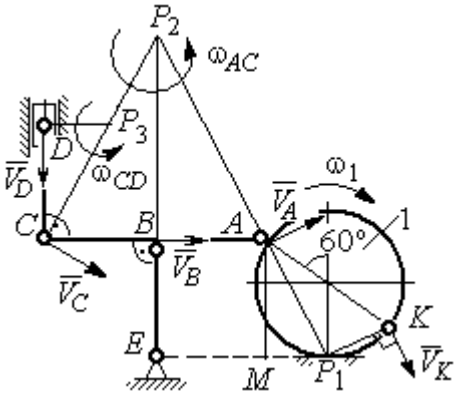


Рис. 7. 19. Расчётная схема к упражнению 2.5.

$BE = 1{,}5R_1$; $R_1 = 2{,}67$ см.

$KP_1 = R_1$; $\omega_1 = \dfrac{V_K}{KP_1} = 0{,}75$ рад/с.

$AP_1 = \dfrac{AM}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см; $V_A = \omega_1 P_1 A = 3{,}46$ см/с.

$AP_2 = 2AB = 8$ см; $\omega_{AC} = \dfrac{V_A}{AP_2} = 0{,}43$ рад/с.

$V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ$; $V_B = 2{,}99$ см/с.

$\omega_{BE} = \dfrac{V_B}{BE} = 0{,}75$ рад/с; $V_C = V_A = 3{,}46$ см/с; $CP_3 = \dfrac{DC}{\cos 30^\circ} = 4{,}62$ см;

$\omega_{CD} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}75$ рад/с; $V_D \cos 0^\circ = V_C \cos 60^\circ$; $V_D = 1{,}73$ см/с.

2.6

$V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 12$ см/с; $\omega_{AD} = 0$, $V_D = V_A$.

$\omega_{O_1C} = \dfrac{V_D}{DO_1} = 3$ рад/с;

$V_C = \omega_{O_1C} \cdot O_1C = 48$ см/с.

$CB = CP = 16$ см; $\omega_{CB} = \omega_{CL} = \dfrac{V_C}{CP} = 3$ рад/с.

$PL = \dfrac{CP}{\cos 30^\circ} = 18{,}48$ см; $PB = 2BC \cos 30^\circ$.

$V_L = \omega_{CL} \cdot PL = 55{,}44$ см/с;

$V_B = \omega_{CB} \cdot PB = 83{,}13$ см/с.

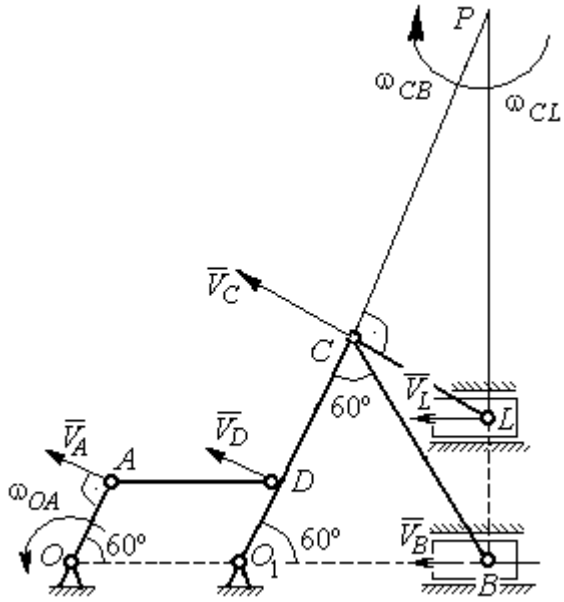


Рис. 7.20. Расчётная схема к упражнению 2.6.

2.7

$V_D = \omega_1 R_1 = 30$ см/с; $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 15$ см/с.

$$\omega_2 = \frac{V_A}{AP_2} = 3 \text{ рад/с.}$$

$$V_B = \omega_2 \cdot P_2 B = 21{,}21 \text{ см/с.}$$

$V_C \cos 0^\circ = V_B \cos 45^\circ$; $V_C = 15$ см/с.

$CP_3 = CB$; $\omega_{BC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 1{,}87$ рад/с.

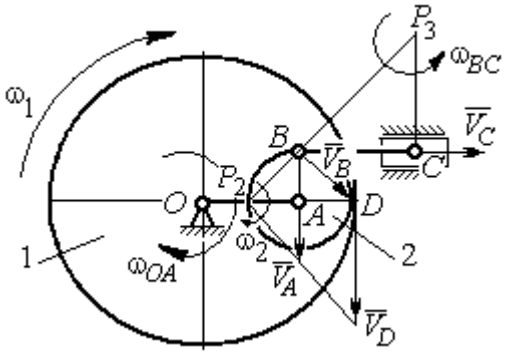


Рис. 7.21. Расчётная схема к упражнению 2.7

2.8

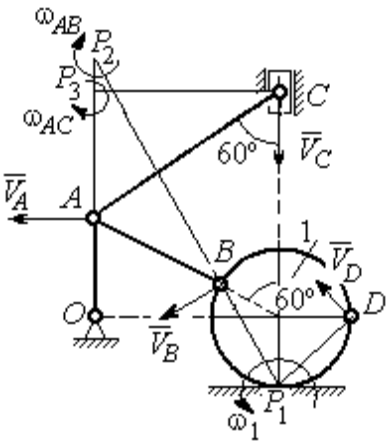


Рис. 7.22. Расчётная схема к упражнению 2.8

$AC = AB + R_1 = 12$ см; $CP_3 = AC \cos 30^\circ = 10{,}39$ см.

$\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_3} = 0{,}48$ рад/с; $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_3 = 2{,}89$ см/с.

$$AB = AP_2; \quad \omega_{AB} = \frac{V_A}{AP_2} = 0{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$BP_2 = 2AB \cos 30^\circ = 17{,}32 \text{ см.}$$

$$V_B = \omega_{AB} BP_2 = 5{,}02 \text{ см/с.}$$

$OA = (AB + R_1)\sin 30° = 6$ см; $\omega_{OA} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}48$ рад/с.

$$BP_1 = 2R_1 \cos 30^\circ = 3{,}46 \text{ см;} \quad \omega_1 = \frac{V_B}{BP_1} = 1{,}45 \text{ рад/с.}$$

$$DP_1 = R_1\sqrt{2} = 2{,}82 \text{ см;} \; V_D = \omega_1 DP_1 = 4{,}09 \text{ см/с.}$$

2.9

$$V_A = \omega_{OA} OA = 12 \text{ см/с;} \quad AP = 2AB = 2BC \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 27{,}71 \text{ см.}$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{AP} = 0{,}43 \text{ рад/с;} \; V_B \cos 0^\circ = V_A \cos 30^\circ; \; V_B = 10{,}38 \text{ см/с.}$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{BC} = 1{,}29 \text{ рад/с.}$$

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}; \quad \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC}, \; a_C = 0.$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_O + \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO},\ a_O = 0.$$

$$\bar{a}^n_{BC} + \bar{a}^\tau_{BC} = \bar{a}^n_{AO} + \bar{a}^\tau_{AO} + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a^τ_{BC}

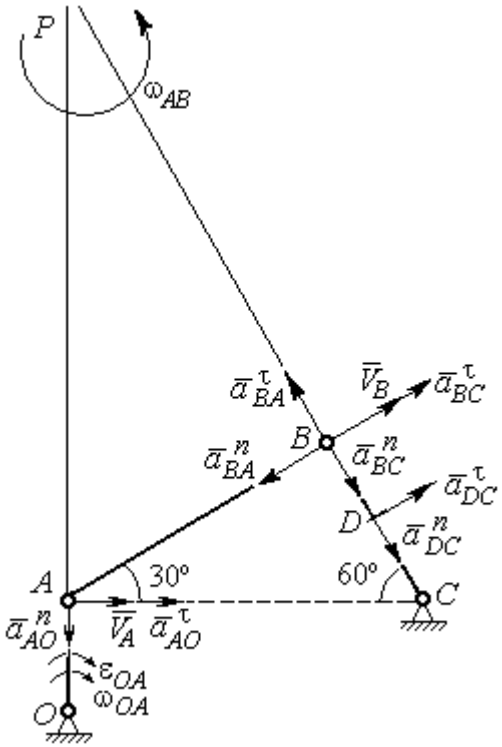


Рис. 7.23. Расчётная схема к упражнению 2.9

$$a^n_{AO} = \omega^2_{AO} \cdot AO = 36 \text{ см/с}^2;$$

$$a^\tau_{AO} = \varepsilon_{AO} \cdot AO = 8 \text{ см/с}^2;$$

$$AB = BC \cdot \text{tg}60^\circ = 13{,}86 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{AB} \cdot AB = 2{,}56 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{AB} = \varepsilon_{AB} AB.$$

$$a^n_{BC} = \omega^2_{BC} \cdot BC = 13{,}31 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{BC} = \varepsilon_{BC} BC.$$

Проекция на AB:

$$a^\tau_{BC} = -a^n_{AO}\cos 60^\circ +$$

$$+ a^\tau_{AO}\cos 30^\circ - a^n_{BA} = 13{,}63 \text{ см/с}^2.$$

$$\varepsilon_{BC} = \frac{\left|a^\tau_{BC}\right|}{BC} = 1{,}7 \text{ рад/с}^2.$$

$$\bar{a}_D = \bar{a}^n_{DC} + \bar{a}^\tau_{DC}.$$

$$a^n_{DC} = \omega^2_{BC} \cdot DC = 6{,}65 \text{ см/с}^2;\ \ a^\tau_{DC} = \varepsilon_{BC} \cdot DC = 6{,}8 \text{ см/с}^2.$$

$$a_D = \sqrt{\left(a^n_{DC}\right)^2 + \left(a^\tau_{DC}\right)^2} = 9{,}51 \text{ см/с}^2.$$

2.10

$$V_A = \omega_1 r_1 = 12 \text{ см/с};\ P_2 A = \frac{1}{2} BC = 5 \text{ см}.$$

$$\omega_{AB} = \frac{V_A}{P_2 A} = 2{,}4 \text{ рад/с}.$$

$$V_B \cos 30^\circ = V_A \cos 60^\circ;\ V_B = 6{,}93 \text{ см/с}.$$

$$P_3 B = BC\cos 30^\circ = 8{,}66 \text{ см};$$

$$\omega_{BC} = \frac{V_B}{P_3 B} = 0{,}8 \text{ рад/с}.$$

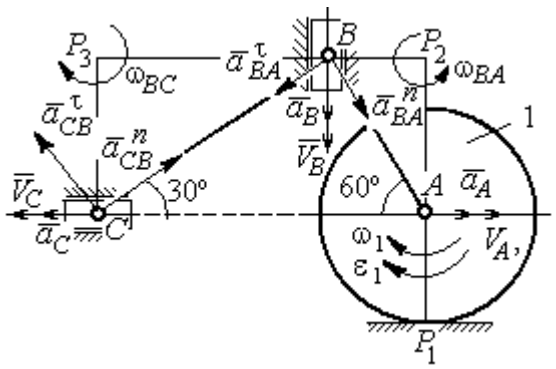


Рис. 7.24. Расчётная схема к упражнению 2.10

$$\bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}^n_{BA} + \bar{a}^\tau_{BA}.$$ Найти a_B.

Проекция на BA: $a_B\cos30° = a_A\cos60° + a^n_{BA}$.

$$a_A = a^\tau_A = \varepsilon_1 r_1 = 8 \text{ см/с}^2;\ AB = BC\operatorname{tg}30° = 5{,}77 \text{ см}.$$

$$a^n_{BA} = \omega^2_{BA}\cdot BA = 33{,}23 \text{ см/с}^2;\ \ a_B = 43{,}03 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar a_C = \bar a_B + \bar a^n_{CB} + \bar a^\tau_{CB}.$$

Проекция на BC: $a_C\cos60° = a_B\cos60° - a^n_{CB}$,

$$a^n_{CB} = \omega^2_{CB}\cdot CB = 6{,}4 \text{ см/с}^2;\ \ a_C = a_B - 2a^n_{CB} = 30{,}23 \text{ см/с}^2.$$

7.3. Ответы к упражнениям главы 3

3.1

$$CM_1 = S_r(1) = \frac{40}{3}\sin\frac{\pi}{3} = 11{,}55 \text{ см}.$$

Так как $CM_1\cos30° = 10$ см $= R$, то точка M_1 лежит на вертикальном диаметре.

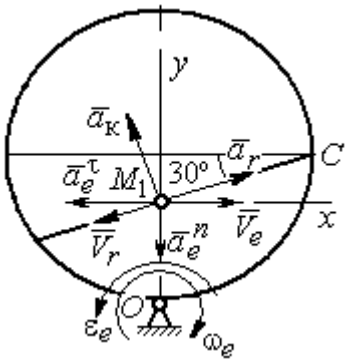


Рис. 7.25. Расчётная схема к упражнению 3.1

$$V_r = \dot S_r = \frac{40\pi}{9}\cos\frac{\pi t}{3};\ V_r(1) = 6{,}98 \text{ см/с}.$$

$$\omega_e(1) = 0{,}5 \text{ рад/с};\ OM_1 = R - \frac{1}{2}CM_1 = 4{,}23 \text{ см}.$$

$$V_e = \omega_e OM_1;\ \ V_e(1) = 2{,}12 \text{ см/с}.$$

$$\bar V_M = \bar V_e + \bar V_r.$$

$$V_{Mx} = V_e - V_r\cos30° = -3{,}93 \text{ м/с};\ V_{My} = -V_r\cos60° = -3{,}49 \text{ м/с};$$

$$V_M = \sqrt{(V_{Mx})^2 + (V_{My})^2} = 5{,}26 \text{ см/с}.$$

$$\bar a_M = \bar a_e + \bar a_r + \bar a_к.$$

$$\bar a_e = \bar a^n_e + \bar a^\tau_e,\ \ a^n_e = \omega^2_e OM_1;\ \ a^n_e(1) = 1{,}06 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot\omega_e = -\frac{\pi}{3}\sin\frac{\pi t}{3},\ \ \dot\omega_e(1) = -0{,}91 \text{ рад/с}^2;\ \ \varepsilon_e = |\dot\omega_e(1)| = 0{,}91 \text{ рад/с}^2,$$

$$a^\tau_e(1) = \varepsilon_e\cdot OM_1 = 3{,}85 \text{ см/с}^2.$$

$$\dot{V}_r = -\frac{40\pi^2}{27}\sin\frac{\pi t}{3},\ \dot{V}_r(1) = -12{,}66;\ a_r = \left|\dot{V}_r(1)\right| = 12{,}66 \text{ см/с}^2$$

$$a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 6{,}98 \text{ см/с}^2.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r + \bar{a}_к.$$

$$a_{Mx} = -a_e^\tau + a_r\cos 30° - a_к\cos 60° = 3{,}62 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = -a_e^n + a_r\cos 60° + a_к\cos 30° = 11{,}31 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 11{,}87 \text{ см/с}^2.$$

3.2

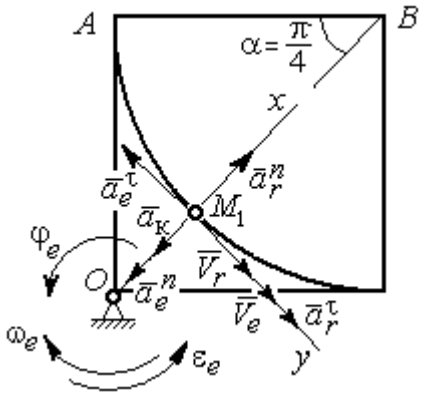


Рис. 7.26. Расчётная схема к упражнению 3.2

Положение M_1:

$$\alpha = \frac{S_r(1)}{R} = \frac{\pi}{4};\ \ OM_1 = 8{,}28 \text{ см}.$$

$$\dot{S}_r = 10\pi t;\ \ V_r = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 31{,}42 \text{ см/с}.$$

$$\dot{\varphi}_e = 2t - 5,$$

$$\dot{\varphi}_e(1) = -3 \text{ рад/с},\ \ \omega_e = \left|\dot{\varphi}_e(1)\right| = 3 \text{ рад/с}.$$

$$V_e = \omega_e \cdot OM_1 = 24{,}6 \text{ см/с}.$$

$$\bar{V}_M = \bar{V}_e + \bar{V}_r \cdot\ V_{Mx} = V_e + V_r = 56{,}02 \text{ см/с};$$

$$V_{My} = 0;\ V_M = 56{,}02 \text{ см/с}.$$

$$\bar{a}_M = \bar{a}_e + \bar{a}_r + \bar{a}_к = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau + \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau + \bar{a}_к.$$

$$\bar{a}_e = \bar{a}_e^n + \bar{a}_e^\tau\ \cdot\ a_e^n = \omega_e^2 \cdot OM_1 = 74{,}52 \text{ см/с}^2;$$

$$\dot{\omega}_e = 2 \text{ рад/с}^2;\ \varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|;\ \ a_e^\tau(1) = \varepsilon_e OM_1 = 16{,}56 \text{ см/с}^2;$$

$$\bar{a}_r = \bar{a}_r^n + \bar{a}_r^\tau \cdot \dot{V}_r = 10\pi;\ a_r^\tau = \left|\dot{V}_r\right| = 10\pi = 31{,}42 \text{ см/с}^2;$$

$$a_r^n(1) = \frac{V_r^2}{R} = 49{,}36 \text{ см/с}^2;\ \ a_к = 2\left|\omega_e\right| \cdot \left|V_r\right|;\ \ a_к(1) = 62{,}84 \text{ см/с}^2.$$

$$a_{Mx} = -a_e^n + a_r^n - a_к = -88 \text{ см/с}^2;\ a_{My} = -a_e^\tau + a_r^\tau = 14{,}86 \text{ см/с}^2.$$

$$a_M = \sqrt{(a_{Mx})^2 + (a_{My})^2} = 89{,}24 \text{ см/с}^2.$$

7.4. Ответы к упражнениям главы 4

4.1

$$m\ddot{x} = F - P\cos 60° - F_{\text{тр}}, \quad m\ddot{y} = N - P\cos 30° = 0.$$

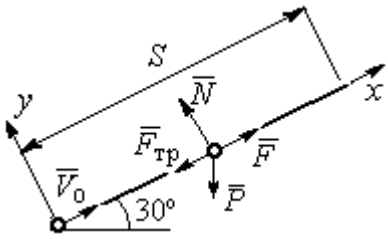


Рис. 7.27. Расчётная схема к упражнению 4.1

$$F_{\text{тр}} = fN = fmg\cos 30°;$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{2}kt - 3{,}4, \quad \dot{x} = \frac{1}{4}kt^2 - 3{,}4t + V_0;$$

$$x = \frac{1}{12}kt^3 - 1{,}7t^2 + V_0 t.$$

Конечные условия: $t = 2$ с; $x = S = 2$ м; $V = 2V_0$.

$$V_0 = k - 6{,}8; \quad 1 = \frac{1}{3}k - 3{,}4 + V_0.$$

$$k = 8{,}4; \; V_0 = 1{,}6 \text{ м/с}.$$

4.2

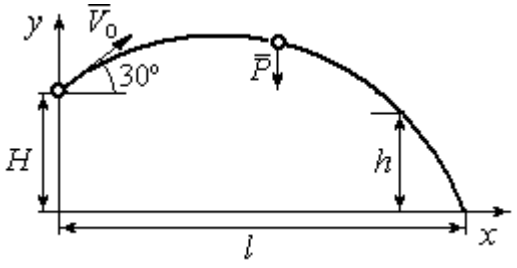


Рис. 7.28. Расчётная схема к упражнению 4.2

Уравнения движения точки:

$$m\ddot{x} = 0; \; \dot{x} = V_0\cos 30°; \; x = V_0 t\cos 30°.$$

$$m\ddot{y} = -P; \dot{y} = -gt + V_0\cos 60°;$$

$$y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0 t\cos 60° + H.$$

Краевое условие пролёта высоты h:

$$t = 1 \text{ с}; \; y = h = 7 \text{ м}.$$

Подставляя краевые условия в уравнение движения, находим: $V_0 = 3{,}81$ м/с.

Краевое условие падения точки:

$$t = t_{\text{пад}}; \; x = l; \; y = 0.$$

Подстановка в уравнения движения условия приводит к системе:

$$l = V_0 t_{\text{пад}}\cos 30°; \; 0 = -\frac{1}{2}gt_{\text{пад}}^2 + V_0 t_{\text{пад}}\cos 60° + H.$$

Находим: $t_{\text{пад}} = 1{,}64$ с; $l = 5{,}41$ м.

4.3

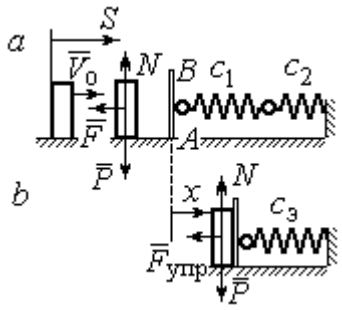


Рис. 7.29. Расчётная схема к упражнению 4.3: *a* – движение груза до начала колебаний; *b* – колебания груза

Уравнение движения груза (рис. 7.29, *a*):

$$m\ddot{S} = -F = -k\dot{S}.$$

Начальные условия: $t = 0;\ S = 0;\ \dot{S} = V_0$.

Решение: $S = \dfrac{mV_0}{k}\left(1 - e^{-\frac{k}{m}t}\right) = 6\left(1 - e^{-t}\right)$ м.

Скорость груза: $\dot{S} = 6e^{-t}$.

Скорость груза в момент соединения с площадкой AB: $V_1 = \dot{S}(1) = 0{,}21$ м/с.

Уравнение колебаний груза на эквивалентной пружине (рис. 7.29, *b*):

$$m\ddot{x} = -F_{упр} = -c_э x;\ c_э = \frac{c_1 c_2}{c_1 + c_2} = 30 \text{ Н/м}.$$

Начальные условия движения: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = V_1$.

Общий вид решения: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\dfrac{c_э}{m}} = 7{,}75$ рад/с,

где константы: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_1}{\omega} = 0{,}28$ м. Закон движения груза $x = 0{,}28\sin 7{,}75t$.

Максимальное сжатие 0,28 м.

4.4

Жесткость эквивалентной пружины

$$c_э = \frac{c \cdot 2c}{c + 2c} = \frac{2}{3}c.$$

Уравнение колебаний:

$$m\ddot{x} = P - F_{упр} = P - c_э(\lambda_{ст} + x) = -c_э x.$$

Общее решение:

$$x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t;\ \omega = \sqrt{\frac{c_э}{m}} = 10{,}33 \text{ рад/с}.$$

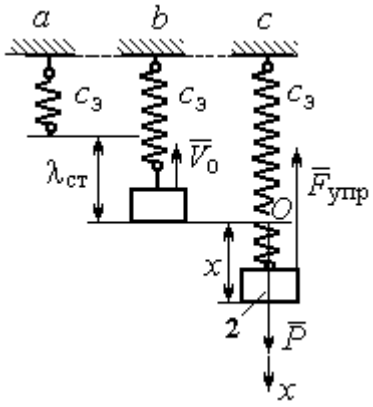


Рис. 7.30. Расчётная схема к упражнению 4.4: *a* – нерастянутая пружина; *b* – положение статического равновесия; *c* – произвольное положение груза

Начальные условия: $t = 0;\ x = 0;\ \dot{x} = -V_0$.

Находим константы интегрирования: $C_1 = 0;\ C_2 = \dfrac{V_0}{\omega} = 0{,}39$ м.

Закон движения груза: $x = 0{,}39\sin 10{,}33t$.

Амплитуда $A = 0{,}39$ м, частота $\omega = 10{,}33$ рад/с.

4.5

Скорость человека, находящегося в самолёте, в нижней точке траектории (точка C):

$$\frac{mV_C^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = mg\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right].$$

Откуда $V_C^2 = V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right]$.

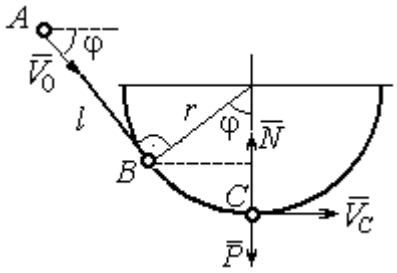


Рис. 7.31. Расчётная схема к упражнению 4.5

Уравнение движения человека, двигающегося вместе с самолётом, в проекции на нормаль в точке C: $\dfrac{mV_C^2}{r} = N - P$, где N – реакция корпуса самолёта. Сила давления человека на корпус самолёта по величине равна реакции, но направлена в противоположную сторону.

Из условия $N \le 3P$ следует неравенство: $V_C^2 \le 2gr$, или

$V_0^2 + 2g\left[l\sin\varphi + r(1-\cos\varphi)\right] \le 2gr$. Откуда $r \ge \dfrac{V_0^2 + 2gl\sin\varphi}{2g\cos\varphi}$.

4.6

Из уравнения теоремы об изменении кинетической энергии шарика в точке B с учётом, что $V_A = 0$, найдём:

$$\frac{mV_B^2}{2} = \frac{ca^2}{2} + mg\left[R + R\cos 60° - a\cos 30°\right].$$

Составим уравнение теоремы об изменении кинетической энергии точки на участке BD:

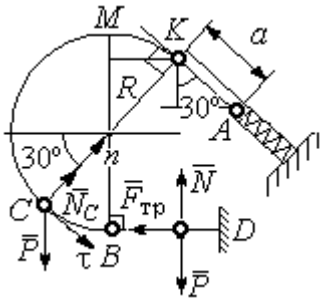


Рис. 7.32. Расчётная схема к упражнению 4.6

$-\frac{mV_B^2}{2} = -fNs$, где s – путь точки до остановки. С учётом данных задачи, получим: s = 5,39 м.

Уравнение движения шарика в проекции на нормальную ось в точке C

$$\frac{mV_C^2}{R} = N_C - P\cos 60°.$$

Для вычисления реакции опоры шарика на трубу имеем равенство $N_C = \frac{mV_C^2}{R} + P\cos 60° = \frac{1}{R}\left[mV_B^2 - 2mgR(1-\cos 60°)\right] + mg\cos 60°$, где кинетическая энергия шарика в точке B: $mV_B^2 = ca^2 + 2mgR\left[(1+\cos 60°) - \frac{a}{R}\cos 30°\right]$. Получим: $N_C = 18{,}71$ Н. Давление шарика на трубку равно реакции опоры и направлено в противоположную сторону.

7.5. Ответы к упражнениям главы 5

5.1

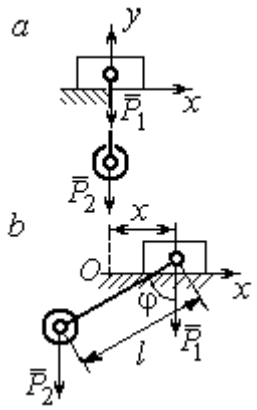


Рис. 7.33. Расчётная схема к упражнению 5.1:
a – начальное положение системы;
b – произвольное положение

x_0 – координата центра тяжести системы в начальном положении, x_0 = 0 (см. рис.7.33); x – текущая координата центра тележки; x_1 – координата центра тяжести системы в её произвольном положении: $x_1 = \frac{m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x)}{m_1 + m_2}$.

Уравнение закона сохранения движения центра масс системы: $x_1 = x_0$, или

$$m_1 x - m_2(l\sin\varphi - x) = 0.$$

Отсюда зависимость координаты движения тележки от положения груза 2: $x = \frac{m_2 l}{m_1 + m_2}\sin\varphi$.

5.2

Теорема об изменении кинетического момента системы относительно оси z: $\dfrac{dL_z}{dt} = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$.

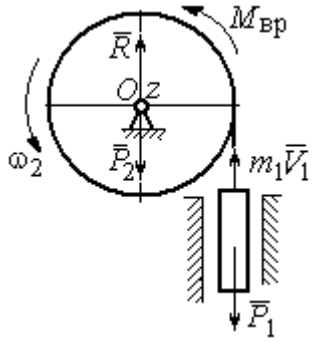


Рис. 7.34. Расчётная схема к упражнению 5.2

Кинетический момент системы:

$$L_z = L_z^{\text{бар}} + L_z^{\text{гр}} = \frac{m_2 r^2}{2}\omega + m_1 V_1 r = \left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right)\omega r^2.$$

Суммарный момент внешних сил относительно оси z: $\sum M_z(\vec{F}_k^e) = M_{\text{вр}} - P_1 r = kt - m_1 g r$.

Дифференциальное уравнение вращения барабана:

$$\left(m_1 + \frac{m_2}{2}\right) r^2 \frac{d\omega}{dt} = kt - m_1 g r.$$

При нулевых начальных условиях $\omega = \dfrac{kt^2 - 2m_1 grt}{(2m_1 + m_2)r^2}$.

5.3

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии для неизменяемых систем на конечном перемещении: $T - T_0 = \sum A(F_k)$, $T_0 = 0$.

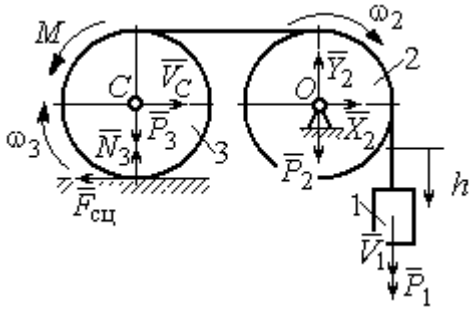


Рис. 7.35. Расчётная схема к упражнению 5.3

Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{m_1 V_1^2}{2}$. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \dfrac{1}{2} J_O \omega_2^2$, где осевой момент инерции блока: $J_O = \dfrac{m_2 r^2}{2}$, угловая скорость блока $\omega_2 = \dfrac{V_1}{r}$. Кинетическая энергия катка 3: $T_3 = \dfrac{1}{2} m_3 V_C^2 + \dfrac{1}{2} J_C \omega_3^2$, где момент инерции катка относительно оси, проходя-

щей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_3 r^2}{2}$, угловая скорость катка и скорость его центра масс $\omega_3 = \frac{V_1}{2r}$, $V_C = \frac{V_1}{2}$.

Энергия системы: $T = T_1 + T_2 + T_3 = (8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16}$.

Суммарная работа вешних сил на перемещении h: $\sum A(F_k) = P_1 h - M\frac{h}{2r}$.

Уравнение теоремы об изменении кинетической энергии:

$$(8m_1 + 4m_2 + 3m_3)\frac{V_1^2}{16} = \left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h.$$

Скорость груза на высоте h: $V_1 = 4\sqrt{\frac{\left(m_1 g - \frac{M}{2r}\right)h}{8m_1 + 4m_2 + 3m_3}}$.

5.4

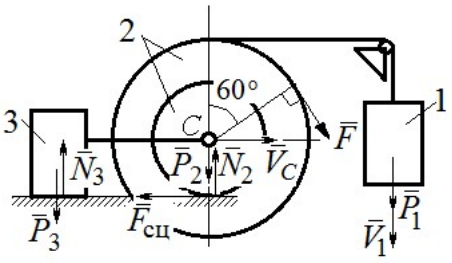


Рис. 7.36. Расчётная схема к упражнению 5.4

Для решения задачи используется теорема об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме: $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в её текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Допустим, груз 1 движется вниз со скоростью V_1. Скорость центра масс катка V_C.

Кинетическая энергия катка 2: $T_2 = \frac{1}{2}m_2 V_C^2 + \frac{1}{2}J_{zC}\omega_2^2$. Здесь $m_2 = \frac{2P}{g}$, $J_{zC} = m_2 i_z^2$, $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. В результате кинетическая энергия катка $T_2 = \frac{3P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 3 $V_3 = V_C$. Кинетическая энергия груза 3 $T_3 = \frac{P}{g}V_C^2$.

Скорость груза 1 $V_1 = \omega_2 3r = 3V_C$. Кинетическая энергия груза 1: $T_1 = \dfrac{9P}{2g}V_C^2$.

Суммарная кинетическая энергия (энергия системы): $T = T_1 + T_2 + T_3 = \dfrac{17P}{2g}V_C^2$. Производная $\dfrac{dT}{dt} = \dfrac{17P}{g}V_C\dfrac{dV_C}{dt} = \dfrac{17}{g}V_C a_C$.

Мощности сил $\vec{P}_2$, $\vec{N}_2$, $\vec{F}_{\text{сц}}$, $\vec{P}_3$, $\vec{N}_3$ равны нулю.

Мощность силы $\vec{F}$, приложенной к колесу, определяется по формуле: $N(\vec{F}) = \vec{F}\cdot\vec{V}_C + \vec{M}_C(\vec{F})\cdot\vec{\omega}_2 = FV_C\cos 60° + FR\omega_2$. Мощность силы $\vec{P}_1$ $N(\vec{P}_1) = P_1V_1$. Суммарная мощность внешних сил: $\sum N(F^e) = 7PV_C$.

Составляем уравнение теоремы об изменении кинетической энергии системы: $\dfrac{17P}{g}V_C a_C = 7PV_C$, откуда $a_C = \dfrac{7}{17}g$ м/с^2.

5.5

Рассмотрим движение катков отдельно, заменив невесомый стержень реакцией. Предположим, катки движутся направо (см. рис. 7.37). Уравнения движения катков:

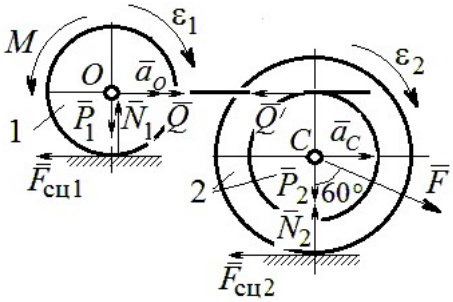


Рис. 7.37. Расчётная схема к упражнению 5.5

$$m_1 a_O = Q - F_{\text{сц1}},\ J_{1O}\varepsilon_1 = F_{\text{сц1}}r - M;$$

$$m_2 a_C = -Q' - F_{\text{сц2}} + F\cos 30°;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = F_{\text{сц2}}3r - Q'r.$$

Здесь $\vec{Q}$ – реакция невесомого стержня, $|\vec{Q}| = |\vec{Q}'|$; $\vec{F}_{\text{сц1}}$, $\vec{F}_{\text{сц2}}$ – силы сцепления катков с поверхностями качения; моменты инерции катков $J_{1O} = \dfrac{m_1 r^2}{2}$, $J_{2C} = m_2 i_2^2$. Подставляя кинематические соотношения $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{3r}$; $a_O = \dfrac{4}{3}a_C$; $\varepsilon_1 = \dfrac{4a_C}{3r}$, с учётом данных задачи, получим систему уравнений:

$$\frac{4P}{3g}a_C = Q - F_{\text{сц}1};\ \ \frac{2P}{3g}a_C = F_{\text{сц}1} - 4P;$$

$$\frac{2P}{g}a_C = -Q - F_{\text{сц}2} + P\sqrt{3};\ \ \frac{4P}{3g}a_C = 3F_{\text{сц}2} - Q.$$

Находим ускорение центра катка 2: $a_C = \dfrac{3\left(3\sqrt{3}-16\right)g}{46} \approx -\ 0{,}7g$. Каток движется в противоположную сторону. Реакция стержня $Q = 2{,}6P$.

5.6

Выделяем звенья механизма, заменяя действия нитей их реакциями. Допустим, направления движений тел в системе соответствуют подъёму груза 1.

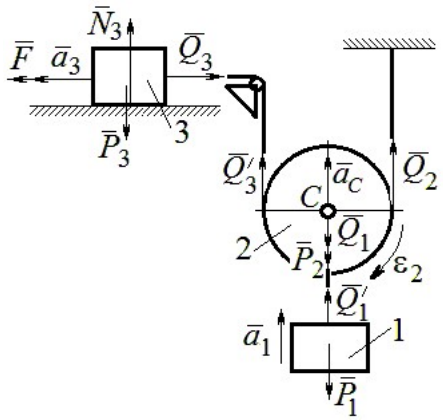


Рис. 7.38. Расчётная схема к упражнению 5.6

Уравнения движения тел:

$$m_3a_3 = F - Q_3,\ m_2a_C = Q_3' + Q_2 - P_2 - Q_1;$$

$$J_{2C}\varepsilon_2 = Q_3'r - Q_2r,\ m_1a_1 = Q_1' - P_1.$$

С учётом, что $\left|\vec{Q}_3\right| = \left|\vec{Q}_3'\right|$, $\left|\vec{Q}_1\right| = \left|\vec{Q}_1'\right|$ и $a_C = a_1$, $a_3 = 2a_1$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$, $J_{2C} = \dfrac{m_2r^2}{2}$, подставляя данные задачи, получим систему уравнений:

$$2ma_1 = 2{,}5mg - Q_3;\ \ ma_1 = Q_3 + Q_2 - mg - Q_1;$$

$$\frac{ma_1}{2} = Q_3 - Q_2;\ m_1a_1 = Q_1 - P_1.$$

Решая систему, находим: $a_1 = \dfrac{2}{17}g \approx 0{,}12g$; $Q_3 = 2{,}26mg$; $Q_2 = 2{,}15mg$.

5.7

Заменяем действия нитей реакциями. Предположим, груз 1 спускается по наклонной плоскости. Уравнения движения тел:

$$m_1a_1 = P_1\cos 30° - Q_1;\ \ m_3a_3 = Q_3;$$

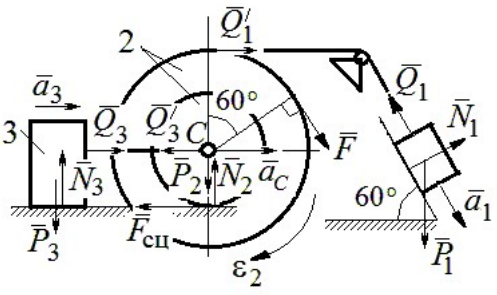


Рис. 7.39. Расчётная схема к упражнению 5.7

$$m_2 a_C = Q_1' - Q_3' - F_{\text{сц}} + F\cos 60^\circ;\ J_{2C}\varepsilon_2 = Q_1' R + FR + F_{\text{сц}} r,\ J_{2C} = m_2 i_2^2.$$

Соотношения ускорений: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{R+r}$, $a_C = \dfrac{a_1 r}{R+r}$, $a_3 = a_C$. Подставляя данные задачи, с учётом, что модули сил $Q_1' = Q_1$ и $Q_3' = Q_3$, получим систему уравнений:

$$ma_1 = mg\frac{\sqrt{3}}{2} - Q_1;\ \frac{2}{3}ma_1 = Q_3;$$

$$ma_1 = Q_1 - Q_3 - F_{\text{сц}} + \frac{1}{2}mg;\ 3ma_1 = 2Q_1 + 2mg + F_{\text{сц}}.$$

Находим $a_1 = \dfrac{3}{46}\left(5+3\sqrt{3}\right)g \approx 0{,}44g;\ Q_1 = 0{,}21mg;\ Q_3 = 0{,}44mg$.

7.6. Ответы к упражнениям главы 6

6.1

Внешние силы, действующие на систему: силы тяжести – $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и реакции опор $\vec{N}_3$, $\vec{R}_3$ Приложим к телам системы, силы инерции $\vec{R}_1^{\text{ин}}$, $\vec{R}_2^{\text{ин}}$ (рис. 7.40, *a*). В соответствии с принципом Даламбера, полученная система сил находится в равновесии. Составляем условие равновесия системы сил в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:

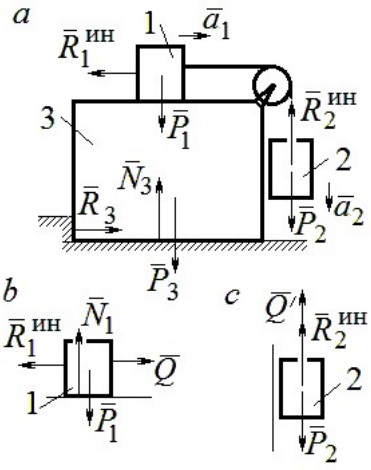


Рис. 7.40. Расчётная схема к упражнению 6.1

$$R_3 - R_1^{\text{ин}} = 0,\ N_3 - P_3 - P_1 - P_2 + R_2^{\text{ин}} = 0.$$

Для вычисления сил инерции рассмотрим отдельно грузы 1 и 2, заменяя действие соединяющей их нити реакцией (рис. 7.40, *b*, *c*). Присоединим к грузам силы инерции и, применив принцип Даламбера, составим уравнения равновесия систем сил - для груза 1 в проекции на горизонтальную ось, для груза 2 – на вертикальную:

$$Q - R_1^{\text{ин}} = 0;\ P_2 - Q' - R_2^{\text{ин}} = 0,$$

где $R_1^{\text{ин}} = m_1 a_1$, $R_2^{\text{ин}} = m_2 a_2$.

Решая полученную систему с учётом равенства модулей сил $Q = Q'$ и ускорений грузов $a_1 = a_2$, находим ускорение грузов: $a_1 = a_2 = 0{,}5g$. Тогда давление призмы на горизонтальную поверхность: $N_3 = 2{,}5mg$.

6.2

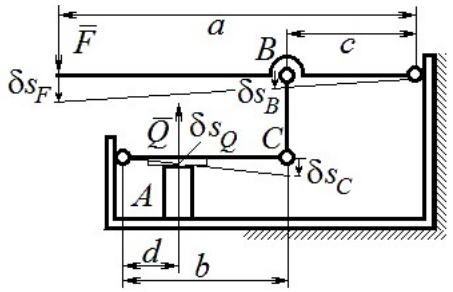


Рис. 7.41. Расчётная схема к упражнению 6.2

Активными силами в системе являются силы $\vec{F}$ и $\vec{Q}$. Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия: $\delta A\left(\vec{F}\right) + \delta A\left(\vec{Q}\right) = 0$ или $F\delta s_F - Q\delta s_Q = 0$, где δs_F и δs_Q – возможные перемещения точек приложения сил $\vec{F}$ и $\vec{Q}$.

Имеем соотношения: $\dfrac{\delta s_F}{\delta s_B} = \dfrac{a}{c}$, $\dfrac{\delta s_C}{\delta s_Q} = \dfrac{b}{d}$, где δs_B и δs_C – возможные перемещения точек B и C, причём $\delta s_B = \delta s_C$. Тогда $\delta s_Q = \dfrac{cd}{ab}\delta s_F$ и сила, сжимающая деталь A под прессом, равна $Q = \dfrac{ab}{cd}F$.

6.3

Активными силами, совершающими работу при движении системы, являются силы тяжести $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$ и пары сил с моментами M_1 и M_2. Связи идеальные.

Для равновесия системы необходимо и достаточно выполнения условия:

$$\delta A\left(\vec{P}_3\right) + \delta A\left(\vec{P}_4\right) + \delta A(M_1) + \delta A(M_2) = 0 \text{ или}$$

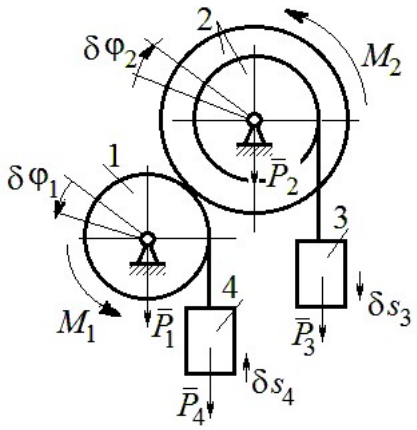


Рис. 7.42. Расчётная схема к упражнению 6.3

$$P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4 + M_1\delta\varphi_1 - M_2\delta\varphi_2 = 0,$$

где $\delta s_3, \delta s_4$ – элементарные перемещения грузов 3, 4; $\delta\varphi_1, \delta\varphi_2$ – элементарные повороты валов 1 и 2. Выразим все перемещения через угол поворота вала 2: $\delta s_3 = \delta\varphi_2 r$, $\delta\varphi_1 = 3\delta\varphi_2$, $\delta s_4 = 3r\delta\varphi_2$ и подставим в уравнение равновесия. Получим: $M_2 = 4Pr$.

6.4

Система с идеальными связями. Активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$ и пара сил с моментом $M_{\text{вр}}$ (рис. 7.43).

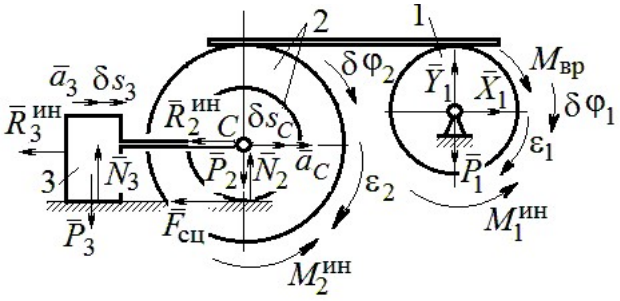


Рис. 7.43. Расчётная схема к упражнению 6.4

Направления поворотов дисков и их угловые ускорения показаны на рис. 7.43 дуговыми стрелками $\delta\varphi_1, \varepsilon_1$ и $\delta\varphi_2, \varepsilon_2$. Направления движения центра масс катка 2, груза 3 и их ускорения обозначены: $\delta s_C, a_C$ и $\delta s_3, a_3$.

Кинематические соотношения между перемещениями и ускорениями:

$$\delta s_C = \delta s_3,\ a_C = a_3,\ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_3}{r},\ \varepsilon_2 = \frac{a_3}{r},\ \delta\varphi_1 = \frac{3\delta s_3}{r},\ \varepsilon_1 = \frac{3a_3}{r}.$$

Присоединим к телам системы силы инерции.

Модули главных векторов сил инерции: $R_3^{\text{ин}} = m_3 a_3 = ma_3$;

$$R_2^{\text{ин}} = m_2 a_C = 2ma_3;\ M_2^{\text{ин}} = m_2 i_2^2 \varepsilon_2 = 4{,}5mra_3;\ M_1^{\text{ин}} = \frac{m_1 R_1^2}{2}\varepsilon_1 = 1{,}5mra_3.$$

Элементарные работы активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = M_{\text{вр}}\delta\varphi_1 = (mg\sin\omega t)3\delta s_3.$$

Элементарные работы сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_2^{\text{ин}}\delta s_C - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2 - M_1^{\text{ин}}\delta\varphi_1 =$$

$$= -ma_3\delta s_3 - 2ma_3\delta s_3 - 4{,}5ma_3\delta s_3 - 1{,}5ma_3 3\delta s_3 = -12ma_3\delta s_3.$$

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = m(3g\sin\omega t - 12a_3)\delta s_3 = 0.$$

Ускорение груза 3: $a_3 = 0{,}25g\sin\omega t$, или $\ddot{s}_3 = 0{,}25g\sin\omega t$. Интегрируя дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза: $s_3 = \dfrac{0{,}25g}{\omega}\left(t - \dfrac{1}{\omega}\sin\omega t\right)$.

6.5

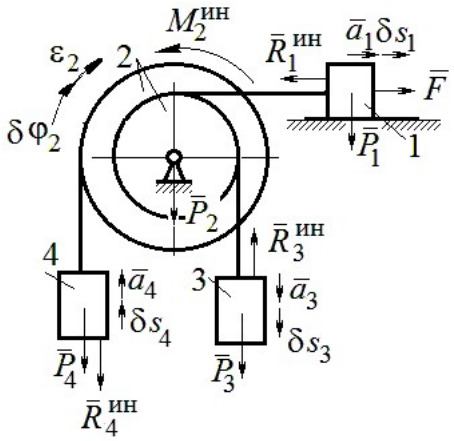


Рис. 7.44. Расчётная схема к упражнению 6.5

Система с идеальными связями. Активные силы и главные вектора сил инерции показаны на рис. 7.44.

Элементарные работы активных сил: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = F\delta s_1 + P_3\delta s_3 - P_4\delta s_4$ и сил инерции $\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = -R_1^{\text{ин}}\delta s_1 - R_3^{\text{ин}}\delta s_3 - R_4^{\text{ин}}\delta s_4 - M_2^{\text{ин}}\delta\varphi_2$, где модули сил инерции: $R_1^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_1$, $R_3^{\text{ин}} = \dfrac{P_3}{g}a_3$, $R_4^{\text{ин}} = \dfrac{P_1}{g}a_4$, $M_2^{\text{ин}} = \dfrac{P_2}{g}i_2^2\varepsilon_2$.

Кинематические соотношения: $\delta s_3 = \delta s_1$, $a_3 = a_1$, $\delta s_4 = 2\delta s_1$, $a_4 = 2a_1$, $\delta\varphi_2 = \dfrac{\delta s_1}{r}$, $\varepsilon_2 = \dfrac{a_1}{r}$. Общее уравнение динамики:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{ин}}) = P(t+1)\delta s_1 + P\delta s_1 - 2P\delta s_1 -$$

$$-\left(\frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{P}{g}a_1\delta s_1 + \frac{2P}{g}2a_1 2\delta s_1 + \frac{2P}{g}2r^2\frac{a_1}{r}\frac{\delta s_1}{r}\right) = P\left(t - \frac{14a_1}{g}\right)\delta s_1 = 0.$$

Находим уравнение движения груза 3: $a_3 = a_1 = \dfrac{1}{14}gt$, или $\ddot{x}_3 = \dfrac{1}{14}gt$.

Проинтегрировав дифференциальное уравнение с нулевыми начальными условиями, получим закон движения груза 3: $x_3 = \dfrac{1}{84}gt^3 \approx 0{,}012gt^3$.

6.6

Рассматриваемая механическая система (рис. 7.45) имеет одну степень свободы. Уравнение Лагранжа: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right)-\frac{\partial T}{\partial x}=Q_x$, где T – кинетическая энергия системы: Q_x – обобщенная сила.

В качестве обобщённой координаты x выберем положение точки C относительно недеформированной пружины, отмеченной на рис. 7.45 величиной l_0. Обобщённая скорость $\dot{x}$.

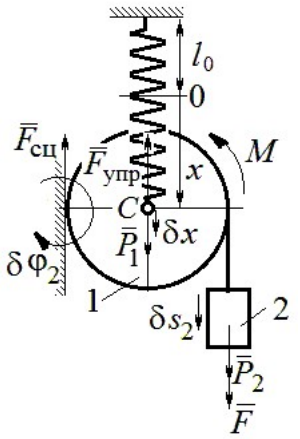


Рис. 7.45. Расчётная схема к упражнению 6.6

Кинетическая энергия катка: $T_1=\frac{1}{2}m_1V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_1^2$, где ω_1, V_C – угловая скорость катка и скорость его центра масс, $V_C=\dot{x}$, $\omega_1=\frac{V_C}{r}=\frac{\dot{x}}{r}$; момент инерции $J_{zC}=\frac{1}{2}m_1r^2$. Кинетическая энергия груза 2: $T_2=\frac{1}{2}m_2V_2^2$, где V_2 – скорость груза 2, $V_2=2V_C=2\dot{x}$. Кинетическая энергия системы, выраженная через обобщённую скорость: $T=T_1+T_2=\frac{7P}{2g}\dot{x}^2$.

В произвольном положении системы, определяемом координатой x, дадим центру масс катка возможное перемещение δx (см. рис. 7.45). Элементарная работа активных сил $\sum\delta A(F_{\text{к}})=P_1\delta x-F_{\text{упр}}\delta x+(P_2+F)\delta s_2-M\delta\varphi_1$. Полагая перемещения $\delta s_2=2\delta x$, $\delta\varphi_1=\frac{\delta x}{r}$, модуль силы упругости $F_{\text{упр}}=cx$ и с учётом данных задачи, получим $\sum\delta A(F_{\text{к}})=(3P-cx)\delta x$. Обобщённая сила $Q_x=3P-cx$.

Уравнение Лагранжа $\frac{7P}{g}\ddot{x}=3P-cx$, или $\ddot{x}+\frac{4g}{7r}x=\frac{3g}{7}$.

Решение уравнения (с нулевыми начальными условиями): $x = \frac{3}{4} r\left(1 - \cos\omega t\right)$. Закон движения груза: $s_2 = 2x = \frac{3}{2} r\left(1 - \cos\omega t\right)$.

6.7

Рассматриваемая система имеет две степени свободы. Обобщённые координаты – расстояния x_1, x_2 соответственно до грузов 1 и 2, отсчитываемые от неподвижных центров блоков *B* и *D* (рис. 7.46, *a*). Обобщённые скорости $\dot{x}_1$, $\dot{x}_2$. Кинетическая энергия грузов и блока 3:

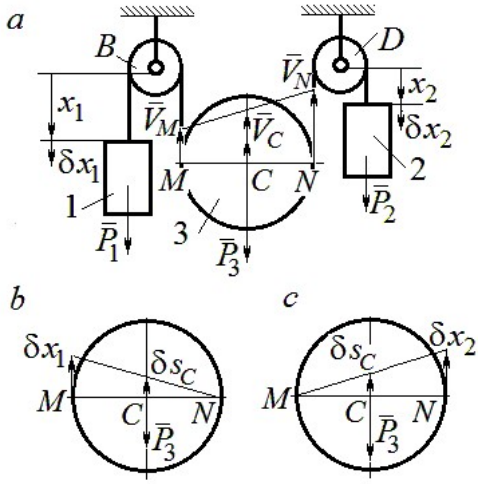


Рис. 7.46. Расчётная схема к упражнению 6.7: *a* – кинематика механизма; *b*, *c* – возможные перемещения блока 3 при вычислении обобщённых сил

$$T_1 = \frac{P_1 \dot{x}_1^2}{2g},\ T_2 = \frac{P_2 \dot{x}_2^2}{2g};$$

$$T_3 = \frac{P_3}{2g}\left(\frac{\dot{x}_1 + \dot{x}_2}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\frac{P_3 r^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}\right)^2.$$

Здесь учтено (см. рис. 7.46, *a*): что

$$V_C = \frac{V_N + V_M}{2} = \frac{\dot{x}_2 + \dot{x}_1}{2};$$

$$\omega_2 = \frac{V_N - V_M}{2r} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{2r}.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1, оставляя координату x_2 постоянной: $\delta x_1 \neq 0$, $\delta x_2 = 0$. На этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *b*):

$$\sum \delta A(F_к) = P_1 \delta x_1 - P_3 \delta s_C = \left(P_1 - \frac{1}{2} P_3\right)\delta x_1.$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = P_1 - \frac{1}{2} P_3$.

Дадим системе другое независимое возможное перемещение – по координате x_2, так, что $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$. При этом перемещении сумма элементарных работ внешних сил (см. рис. 7.46, *a*, *c*):

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = P_2 \delta x_2 - P_3 \delta s_C = \left(P_2 - \frac{1}{2} P_3 \right) \delta x_2 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_2} = P_2 - \frac{1}{2} P_3$.

Уравнения Лагранжа

$$\left(P_1 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_1}{g} + \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_1 - \frac{1}{2} P_3 , \quad \frac{1}{8} P_3 \frac{\ddot{x}_1}{g} + \left(P_2 + \frac{3}{8} P_3 \right) \frac{\ddot{x}_2}{g} = P_2 - \frac{1}{2} P_3 \text{ или}$$

$$7\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2 = 0 , \; \ddot{x}_1 + 9\ddot{x}_2 = 2g .$$

Ускорения грузов: $\ddot{x}_1 = -\frac{1}{31} g$, $\ddot{x}_2 = \frac{7}{31} g$. Ускорение центра масс блока $\ddot{x}_C = \frac{\ddot{x}_2 + \ddot{x}_1}{2} = \frac{6}{31} g$. Груз 1 и центр блока 3 движутся вверх, груз 2 – вниз. (Сравнить с задачей 70.)

6.8

Система с двумя степенями свободы. Обобщённые координаты: x_1 – положение центра масс катка 1 (точки C_1) относительно неподвижной вертикальной стены; x_2 – положение центра масс катка 2 (точки C_2) относительно подвижного края платформы.

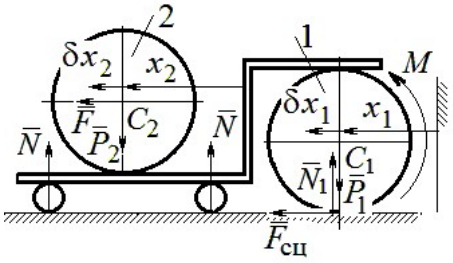


Рис. 7.47. Расчётная схема к упражнению 6.8

Кинетическая энергия системы

$$T = \frac{3}{4} m_1 \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} \left[m_2 \left(\dot{x}_2 + 2\dot{x}_1 \right)^2 + \frac{m_2 r^2}{2} \left(\frac{\dot{x}_2}{r} \right)^2 \right] = \frac{P}{g} \left(\frac{11}{4} \dot{x}_1^2 + \dot{x}_2^2 + 2\dot{x}_1 \dot{x}_2 \right).$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_1 $\left(\delta x_1 \neq 0 \right)$, оставляя другую координату x_2 неизменной $\left(\delta x_2 = 0 \right)$. Работу совершают момент M и сила $\overline{F}$. Суммарная работа

$$\sum \delta A(F_{\text{к}}) = M \delta \varphi_1 + F \delta s_{C_2} = M \frac{\delta x_1}{r} + F 2 \delta x_1 = 4P \delta x_1 .$$

Обобщённая сила $Q_{x_1} = 4P$.

При другом независимом возможном перемещении $\delta x_1 = 0$, $\delta x_2 \neq 0$ суммарная работа внешних сил $\sum \delta A(F_к) = F\delta x_2$ и обобщённая сила, соответствующая координате x_2, равна $Q_{x_2} = P$.

Уравнения Лагранжа

$$\frac{P}{g}\left(\frac{11}{2}\ddot{x}_1 + 2\ddot{x}_2\right) = 4P,\ \frac{P}{g}\left(2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1\right) = P, \text{ или}$$

$$11\ddot{x}_1 + 4\ddot{x}_2 = 8g,\ 2\ddot{x}_2 + 2\ddot{x}_1 = g$$

Ускорение центра катка 1 $\ddot{x}_1 = \frac{6}{7}g$. Тележка катится в направлении оси x_1. Ускорение центра катка 2 относительно тележки $\ddot{x}_2 = -\frac{5}{14}g$. Закон относительного движения центра катка 2 при нулевых начальных условиях: $x_2 = -\frac{5}{28}gt^2$. Каток катится к правому борту тележки.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах: Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: В 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев*, *С. А*. Лекции по теоретической механике. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Валерий Григорьевич Брагин
Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Компьютерная версия

Подписано в печать 26.10.2018 г.
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 15,625. Уч. изд. л. 10,5. Тираж экз. Заказ №
Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный
горный университет»

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Екатеринбург
2017

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

ОДОБРЕНО
Методической комиссией
горно-механического факультета
«15» декабря 2017 г.
Председатель комиссии
проф. В. П. Барановский

Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Издание УГГУ Екатеринбург, 2017

В 67

Рецензент: *Н. М. Суслов*, д-р техн. наук, заведующий кафедрой ГМК
Уральского государственного горного университета

Учебно-методическое пособие рассмотрено на заседании кафедры технической механики от 19.12.2016 г. (протокол № 2) и рекомендовано для издания в УГГУ.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Уральского государственного горного университета.

Волков Е. Б., Казаков Ю. М.

В67 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА: Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов. / Е. Б. Волков, Ю. М. Казаков, Уральский государственный горный университет. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. 156 с.

Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов содержит краткие методические указания, контрольные задания и примеры выполнения заданий по темам: «Статика твердого тела. Равновесие произвольной плоской и пространственной систем сил», «Кинематика вращательного и плоскопараллельного движений твердого тела. Определение скоростей и ускорений точек твёрдого тела», «Сложное движение точки», «Динамика точки. Дифференциальные уравнения движения точки. Гармонические и вынужденные колебания точки. Применение теоремы об изменении кинетической энергии при исследовании движения точки», «Применение общих теорем динамики к исследованию движения механической системы», «Принципы механики. Применение общего уравнения динамики к исследованию движения механической системы», «Уравнения Лагранжа II рода».

Учебно-методическое пособие для студентов всех специальностей очной формы обучения.

© Волков Е. Б., Казаков Ю. М., 2017
©Уральский государственный горный университет, 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА 4
1.1. Основные виды связей и их реакции 4
1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары 5
1.3. Условия равновесия систем сил 7
1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел 8
1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил 17
2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА 26
2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки 26
2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси 28
2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела 29
2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях 32
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 38
2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении 46
3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ 57
3.1. Основные понятия сложного движения точки 57
3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении 60
4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки ... 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы. 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155

1. СТАТИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Статика представляет раздел теоретической механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел под действием системы сил.

1.1. Основные виды связей и их реакции

Опора тела на гладкую плоскость (поверхность) без трения. Реакция приложена в точке касания и направлена перпендикулярно к общей касательной соприкасающихся поверхностей. При опоре углом, или на угол (рис. 1.1, *a*), реакция направлена по нормали к одной из поверхностей. **Гибкая связь**. Если на тело наложена связь в виде гибкой нерастяжимой нити (каната, троса), то реакция связи $\vec{T}$, равная натяжению нити, приложена к телу и направлена вдоль нити (рис. 1.1, *b*).

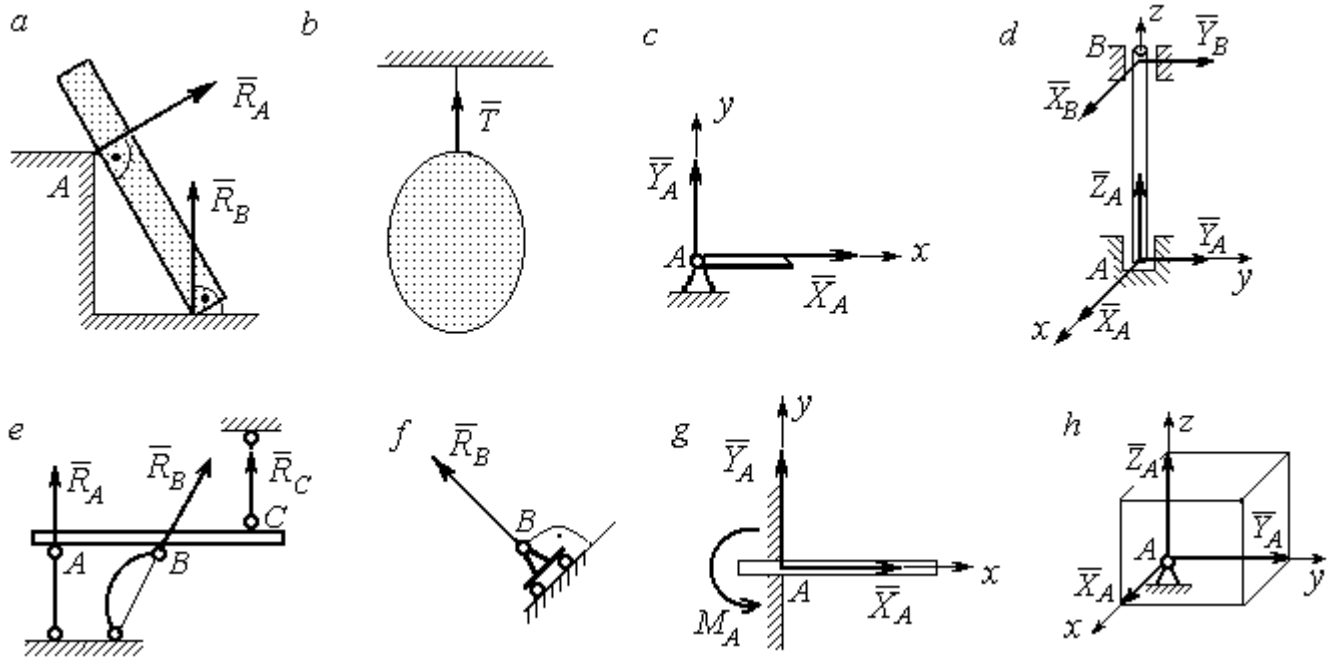


Рис. 1.1. Виды связей и их реакции:
a – реакция опоры тела на гладкую поверхность без трения; *b* – реакция связи гибкой нерастяжимой нити; *c* – реакция цилиндрического шарнира; *d* – реакция подшипника и подпятника; *e* – реакция невесомого стержня; *f* – реакция подвижной опоры; *g* – реакция жесткой заделки; *h* – реакция пространственного шарнира

Цилиндрический шарнир (подшипник) создает соединение, при котором одно тело может вращаться по отношению к другому. Реакция цилиндрического шарнира лежит в плоскости, перпендикулярной оси шарнира. При решении задач реакцию цилиндрического шарнира $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей (рис. 1.1, *c*). Реакция подшипника $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *d*) также изображается своими составляющими $\vec{X}_B$ и $\vec{Y}_B$, взятыми по направлениям координатных осей в плоскости, перпендикулярной оси вращения подшипника. Величина реакции определяется по формуле: $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. **Реакция прямолинейного невесомого стержня с шарнирными соединениями на краях** направлена вдоль самого стержня, а криволинейного – вдоль линии, соединяющей точки крепления стержня (рис. 1.1, *e*). **Реакция подвижной опоры** $\vec{R}_B$ (рис. 1.1, *f*) направлена по нормали к поверхности, на которую опираются катки опоры. **Жесткая заделка** (рис. 1.1, *g*) препятствует не только линейным перемещениям тела, но и повороту. Реакция заделки состоит из силы реакции $\vec{R}_A$ и пары сил с моментом M_A. При решении задач силу реакции жесткой заделки $\vec{R}_A$ изображают ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, взятыми по направлениям координатных осей. Модуль реакции определяется по формуле $R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}$. Виды связей и их реакции показаны на рис. 1.1.

1.2. Моменты силы относительно центра и относительно оси. Пара сил. Момент пары

Алгебраическим моментом силы *F* относительно центра *O* $M_O(\vec{F})$, или просто **моментом силы** $\vec{F}$ относительно центра *O*, называют взятое с соответствующим знаком произведение модуля силы $\vec{F}$ на кратчайшее расстояние *h* от центра *O* до линии действия силы: $M_O(\vec{F}) = \pm Fh$ (рис. 1.2, *a*).

Величину h называют **плечом силы**. Момент силы относительно центра считается положительным, если сила стремится повернуть тело вокруг центра против хода часовой стрелки, и отрицательным – в обратном случае.

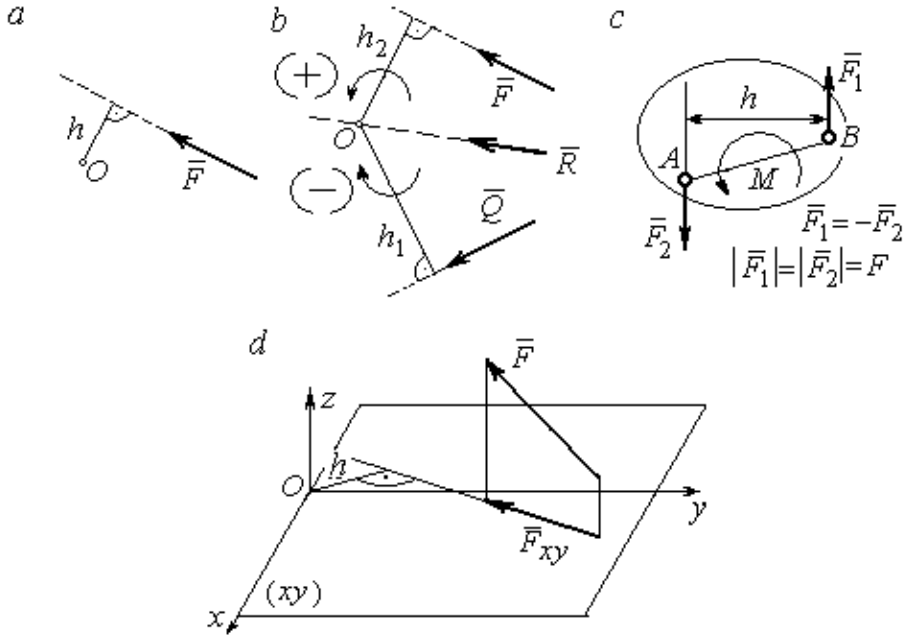


Рис. 1.2. Схемы для вычисления моментов сил:
a, *b* – момент силы относительно центра; *c* – момент пары сил;
d – момент силы относительно оси

На рис. 1.2, *b* показано, что момент силы $\vec{F}$ относительно центра O положительный, а момент силы $\vec{Q}$ относительно того же центра – отрицательный. Момент силы $\vec{R}$ относительно центра O равен нулю, так как линия действия этой силы проходит через центр O и плечо силы равно нулю.

Парой сил, или просто парой (рис.1.2, *c*), называют систему двух равных по модулю сил, параллельных, направленных в противоположные стороны и не лежащих на одной прямой. Алгебраическим моментом пары сил, или **моментом пары,** называют взятое со знаком плюс или минус произведение модуля одной из сил пары на плечо пары – кратчайшее расстояние между линиями действия ее сил. Правило знаков такое же, как и для момента силы. На рисунках пару часто изображают дуговой стрелкой, показывающей направление поворота твердого тела под действием пары (см. M на рис. 1.2, *c*).

Моментом силы относительно оси называют момент проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси, относительно точки пересечения оси с этой плоскостью. На рис. 1.2, *d* показано вычисление момента силы F относительно оси *z*: $M_z(\vec{F}) = F_{xy}h$, где F_{xy} – проекция силы $\vec{F}$ на плоскость *xy*, перпендикулярную оси *z*, *h* – плечо проекции F_{xy} относительно центра *O* – точки пересечения оси *z* и плоскости *xOy*.

1.3. Условия равновесия систем сил

Плоской системой сил называется система сил, расположенных в одной плоскости.

Основная форма условий равновесия плоской системы сил. Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твердому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на каждую из двух осей прямоугольной системы координат, расположенной в плоскости действия сил, были равны нулю и сумма моментов сил относительно любого центра, находящегося в плоскости действия сил, также была равна нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum M_A(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky} – проекции всех сил на координатные оси; $M_A(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно произвольно выбранного центра A.

Пространственной системой сил называется система сил, расположенных произвольно в пространстве.

Для **равновесия пространственной системы сил** необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси прямоугольной системы координат были равны нулю и суммы моментов всех сил относительно тех же осей также были равны нулю:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0,$$

где F_{kx}, F_{ky}, F_{kz} – проекции всех сил на координатные оси x, y, z; $M_x(\vec{F}_k)$, $M_y(\vec{F}_k)$, $M_z(\vec{F}_k)$ – моменты всех сил относительно выбранных осей.

Равновесие систем тел

Связи, соединяющие части конструкции, называют **внутренними,** в отличие от **внешних** связей, скрепляющих конструкцию с внешними телами, не входящими в данную конструкцию. Одним из способов решения задач на равновесие сил, действующих на сочленённую конструкцию с внутренними связями, является **разбиение конструкции на отдельные тела** и составление уравнений равновесия для каждого из тел, входящих в конструкцию. При этом в уравнения равновесия должны входить только силы, непосредственно приложенные к тому телу, равновесие которого рассматривается.

1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел

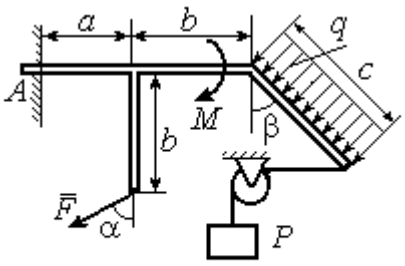
Каждый вариант задания включает две задачи по темам: «Равновесие произвольной плоской системы сил» и «Равновесие системы тел».

В задачах требуется определить реакции связей конструкции исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил. Весом стержневых подпорок, поддерживающих балочные конструкции, и блоков, через которые перекинуты невесомые нити, пренебречь.

Варианты заданий даны на рис. 1.3 – 1.6. Исходные данные приведены в табл. 1.1. Из таблицы исходных данных выбираются значения тех параметров, которые указаны на схемах.

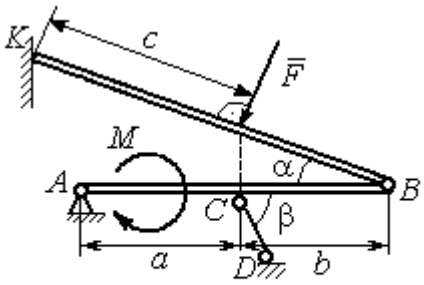
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

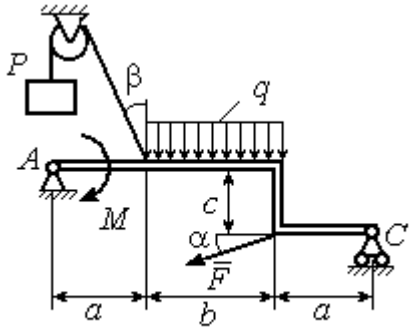
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

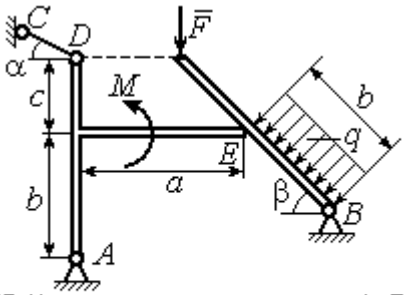
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

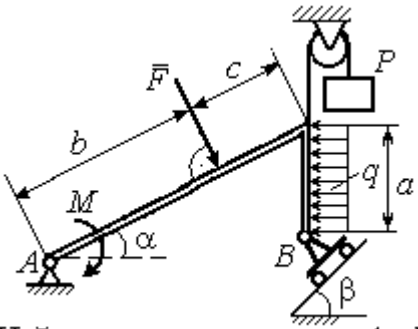
Задача 2



Найти реакции шарниров A, B, реакцию опоры в точке E и реакцию стержня CD

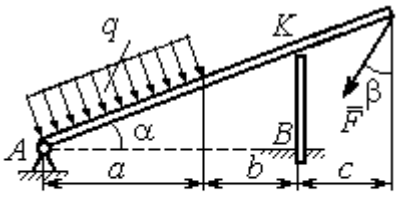
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Найти реакцию шарниров A и B

Задача 2

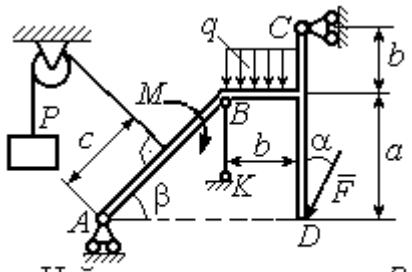


Найти реакцию шарнира A, реакцию опоры в точке K и реакцию жесткой заделки в точке B

Рис. 1.3. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

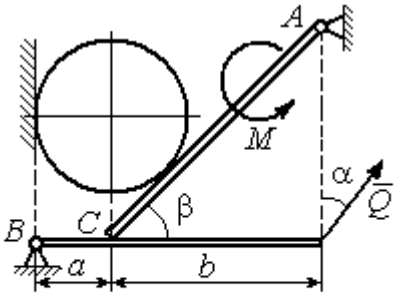
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



Найти усилие в стержне BK и реакцию шарниров A, C

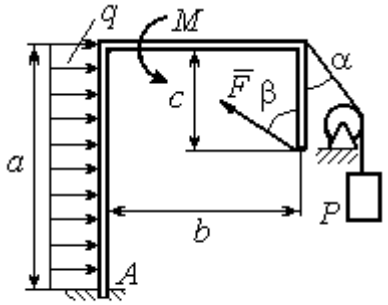
Задача 2



Вес шара P. Найти реакцию шарниров A, B, давление шара на балку и стенку, реакцию опоры балки в точке C и уравновешивающую силу Q

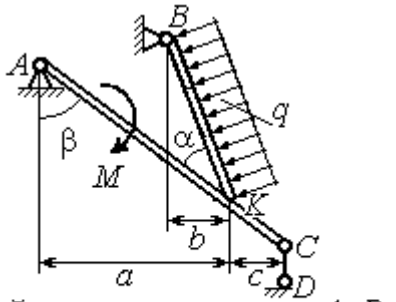
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

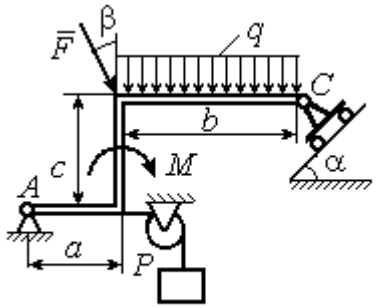
Задача 2



Найти реакцию шарнирв A, B, реакцию стержня CD и реакцию опоры в точке K

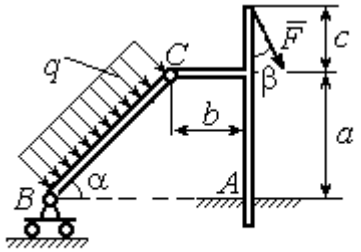
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Найти реакции шарниров A и C

Задача 2

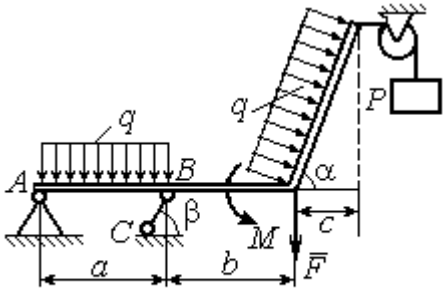


Найти реакцию жесткой заделки в точке A и реакции шарниров B и C

Рис. 1.4. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 –26

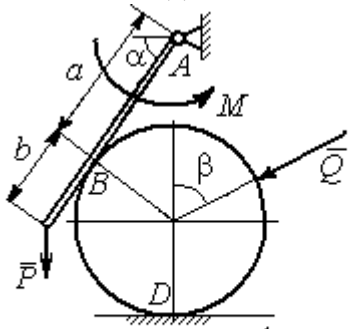
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

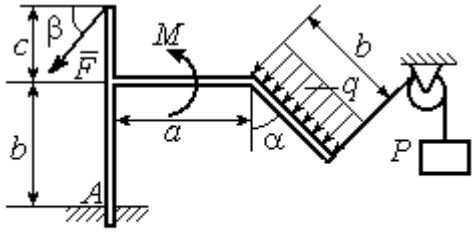
Задача 2



Найти реакцию шарнира A, давление балки на шар, реакцию опоры шара в точке D и уравновешивающую силу Q

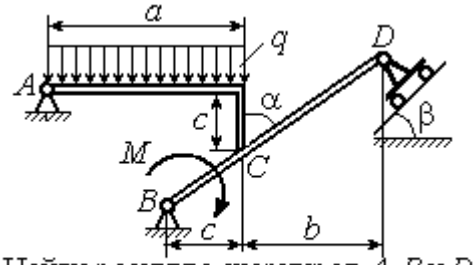
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

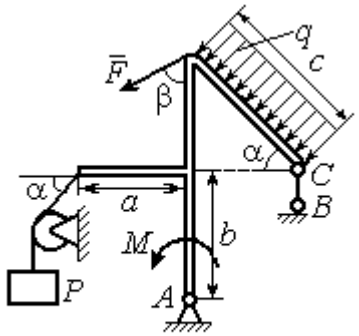
Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B и D и реакцию опоры в точке C

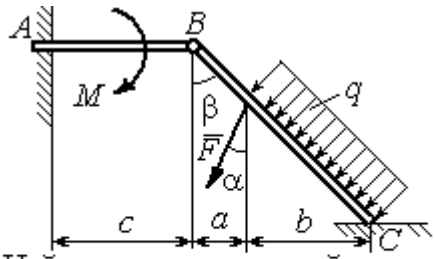
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Найти реакцию стержня BC и реакцию шарнира A

Задача 2



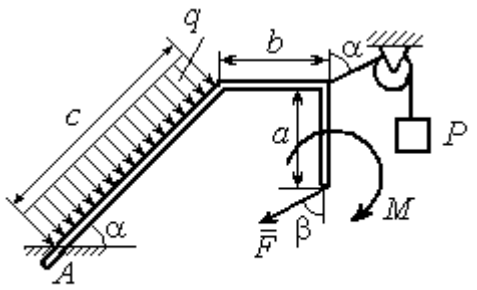
Найти реакцию жесткой заделки в точке A, реакцию шарнира B и реакцию опоры в точке C

Рис. 1.5. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания С1

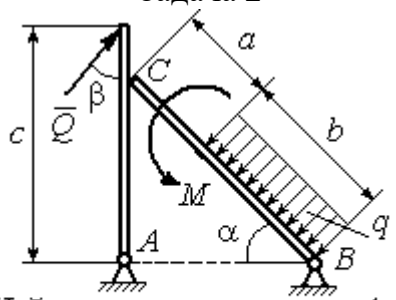
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Найти реакцию жесткой заделки в точке A

Задача 2



Найти реакцию шарниров A, B, реакцию опоры в точке C и уравновешивающую силу Q

Рис. 1.6. Задание С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел. Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 1.1

Исходные данные задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P, кН	6	5	6	12	6	6	10	3	8	5	10	4	8	10	8
F, кН	12	6	10	5	12	8	6	5	6	2	12	8	12	6	10
q, кН/м	5	4	2	3	6	3	5	2	2	4	6	2	3	4	5
M, кН·м	12	8	6	8	12	5	12	8	4	6	8	12	10	6	10
α, град	45	60	30	60	30	30	45	60	30	30	45	30	60	45	60
β, град	60	30	45	30	60	90	60	60	30	45	30	45	30	60	30
a, м	3	4	3	4	3	4	3	4	1	2	2	3	2	3	4
b, м	3	3	4	3	2	4	3	3	2	3	3	3	4	3	2
c, м	4	2	2	2	3	2	2	1	5	4	4	2	1	2	2

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	8	10	6	4	6	12	10	5	6	8	6	8	4	6
F, кН	6	12	12	8	3	14	10	8	15	10	12	8	10	10	2
q, кН/м	5	3	4	3	2	3	2	5	4	2	3	4	5	2	4
M, кН·м	10	6	8	6	5	12	4	6	8	10	12	10	6	4	8
α, град	60	60	30	45	60	30	60	45	30	60	45	30	30	30	45
β, град	45	30	30	60	60	45	30	60	30	45	90	30	60	45	30
a, м	3	4	3	1	2	2	4	1	4	3	4	3	2	1	2
b, м	2	4	3	3	4	1	4	3	2	2	2	2	2	2	2
c, м	3	2	2	4	5	4	2	2	1	1	1	2	1	3	5

Пример выполнения задания С1. Равновесие произвольной плоской системы сил. Равновесие системы тел.

Задача 1**.** Рама *ACE* (рис. 1.7) в точке *A* закреплена на цилиндрической шарнирной опоре, а в точке *B* поддерживается вертикальным невесомым стержнем *BK*. На раму действуют: пара с моментом $M = 8$ Нм, сила $F = 10$ Н, приложенная в точке *D* под углом 60° к раме, и равномерно распределенная нагрузка интенсивностью $q = 2$ Н/м, приложенная на отрезке *AB*. В точке *E* под прямым углом к участку балки *CE* прикреплен трос, несущий груз $P = 20$ Н. Пренебрегая весом балки, определить реакцию шарнира *A* и реакцию стержневой опоры *BK*, если $a = 2$ м.

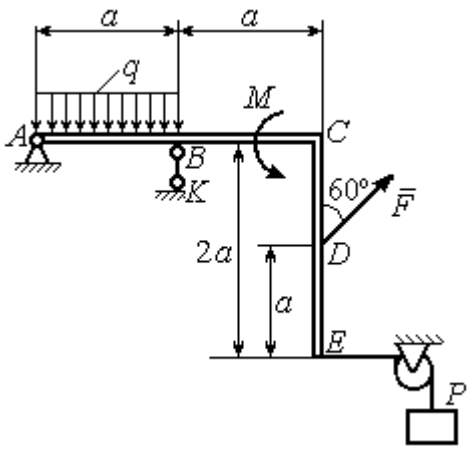


Рис. 1.7. Конструкция рамы

Решение

Выбираем систему координат *xAy*, например, как показано на рис. 1.8. Заменяем действие связей их реакциями. Изображаем реакцию шарнира *A* двумя ее составляющими $\vec{X}_A$ и $\vec{Y}_A$, направленными вдоль горизонтальной и вертикальной осей (см. рис. 1.8). Реакция $\vec{R}_B$ невесомой стержневой опоры *BK* приложена в точке *B* и направлена вдоль стержня *BK*. Заменяем распределенную нагрузку её равнодействующей $\vec{Q}$. Сила $\vec{Q}$ приложена в середине отрезка *AB* и по модулю равна $Q = qa = 4$ Н. Действие груза *P* на раму изображается реакцией $\vec{T}$, равной по величине весу груза.

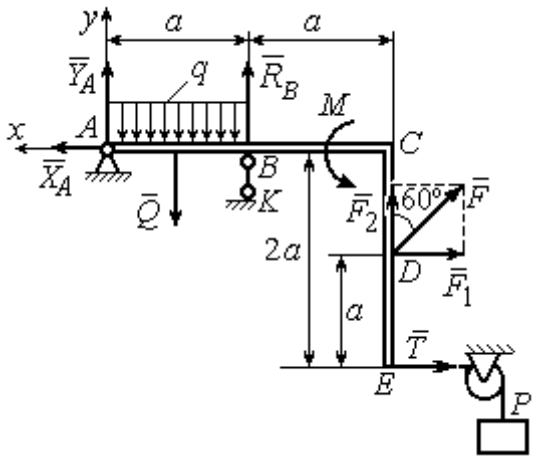


Рис. 1.8. Силы и реакции связей, действующие на раму при её равновесии

При равновесии рамы действующие на неё силы составляют уравновешенную произвольную плоскую систему. Условия равновесия системы сил имеют вид: $\sum F_{kx} = 0$, $\sum F_{ky} = 0$, $\sum M_A(\vec{F}_k) = 0$. Вычисляя проекции сил на оси *x*, *y*, и моменты сил относительно центра *A*, уравнения равновесия получим в виде:

$$\sum F_{kx} = X_A - F\cos 30^\circ - T = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A - Q + R_B + F\cos 60^\circ = 0.$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -Q\frac{a}{2} + R_B a + M + F\cos 60^\circ \cdot 2a + F\cos 30^\circ \cdot a + T2a = 0.$$

Здесь для вычисления момента силы $\vec{F}$ относительно центра *A* использована теорема Вариньона: $M_A(\vec{F}) = M_A(\vec{F}_1) + M_A(\vec{F}_2) = F_1 \cdot a + F_2 \cdot 2a$, где $F_1 = F\cos 30^\circ$, $F_2 = F\cos 60^\circ$ (см. рис. 1.8).

Подставляя в уравнения равновесия исходные данные задачи, получим систему уравнений относительно неизвестных X_A, Y_A, R_B:

$$X_A - 28{,}66 = 0, \quad Y_A + R_B + 1 = 0, \quad R_B \cdot 2 + 121{,}32 = 0.$$

Решая систему, найдем X_A = 28,66 Н, Y_A = 59,66 Н, R_B = – 60,66 Н.

Отрицательное значение величины R_B означает, что фактическое направление реакции R_B стержневой опоры *BK* противоположно направлению, показанному на рис. 1.8. Численное значение реакции шарнира

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = \sqrt{28{,}66^2 + 59{,}66^2} = 66{,}18 \text{ Н}.$$

Задача 2. Балка *ABLC* с вертикальной частью *AB* и горизонтальной перекладиной *LC* закреплена в точке *A* с помощью жесткой заделки (рис. 1.9). Наклонная балка *EC* с углом наклона к горизонту 60° в точке *C* шарнирно прикреплена к горизонтальной перекладине *CL*, а в точке *E* закреплена на шарнирно-подвижной опоре, установленной на горизонтальной поверхности. На конструкцию действуют равномерно распределенная на отрезках *BL* и *DE* нагрузка с одинаковой интенсивностью $q = 2$ кН/м, сила $\vec{F}$, приложенная в точке *D* перпендикулярно балке *EC* и равная по величине $F = 10$ кН, и пара сил

с моментом M = 5 кН·м. Определить реакцию жесткой заделки A и реакции шарниров C и E, если a = 2 м.

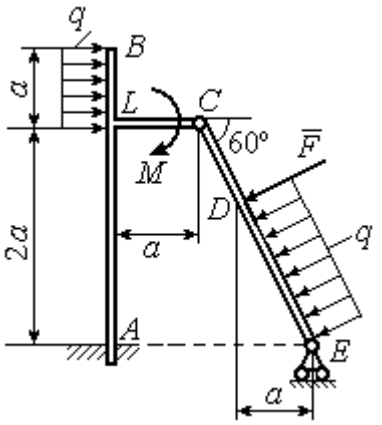


Рис. 1.9. Равновесие конструкции двух балок, соединённых шарниром

Решение

Разделяем систему на две части по шарниру C и рассмотрим равновесие балок $ABLC$ и EC отдельно. Изобразим обе балки и расставим внешние силы и реакции связей (рис. 1.10). Рассмотрим балку $ABLC$ (рис. 1.10, *a*). Заменим распределенную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_1$, приложенной в середине отрезка BL, направленной в сторону действия нагрузки и равной $Q_1 = q \cdot a =$ 4 кН. Кроме силы $\vec{Q}_1$ и пары сил с моментом M на балку действуют реакция жёсткой заделки в точке A, имеющая своими составляющими силы $\vec{X}_A$, $\vec{Y}_A$ и пару сил с моментом M_A, а также реакция шарнира C, разложенная на составляющие $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ (см. рис. 1.10, *a*). Действующие на раму силы составляют уравновешенную плоскую систему сил. Выберем систему координат xAy, как показано на рис. 1.10, *a*, и составим уравнения равновесия:

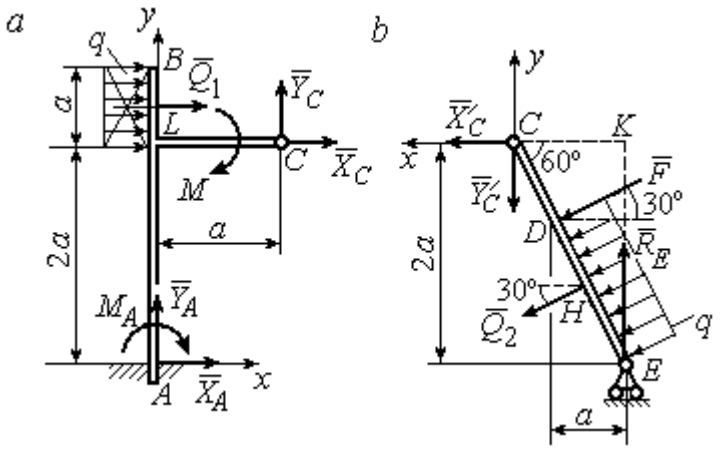


Рис. 1.10. Равновесие частей конструкции:
a - силы и реакции связей, действующие на балку $ABLC$;
b - силы и реакции связей, действующие на балку CE

$$\sum F_{kx} = X_A + Q_1 + X_C = 0, \quad \sum F_{ky} = Y_A + Y_C = 0,$$

$$\sum M_A(\vec{F}_k) = -M_A - Q_1 \cdot \left(2a + \frac{a}{2}\right) - M + Y_C a - X_C 2a = 0.$$

Рассмотрим равновесие балки *EC*. Заменим равномерную нагрузку эквивалентной силой $\vec{Q}_2$, приложенной в середине отрезка *ED*, направленной в сторону действия нагрузки и равной по модулю $Q_2 = q \cdot 2a = 8$ кН. На балку кроме сил $\vec{Q}_2$, $\vec{F}$ действуют реакции связей: $\vec{R}_E$ – реакция шарнирно-подвижной опоры в точке *E* и $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ – составляющие реакции шарнира *C*. Силы $\vec{X}'_C$, $\vec{Y}'_C$ направлены противоположно силам $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$ и равны им по модулю $X_C = X'_C$, $Y_C = Y'_C$ (см. рис. 1.10, *a*, *b*). Действующие на балку *EC* силы образуют плоскую уравновешенную систему сил. Выберем систему координат *xCy,* как показано на рис. 1.10, *b,* и составим уравнения равновесия. При этом центром, относительно которого будем считать моменты сил, выберем точку *C*. Получим:

$$\sum F_{kx} = Q_2 \sin 60^\circ + F\cos 30^\circ + \vec{X}'_C = 0,\ \sum F_{ky} = R_E - Q_2 \cos 60^\circ - F\sin 30^\circ - Y'_C = 0,$$

$$\sum M_C\left(\vec{F}_k\right) = -F \cdot CD - Q_2 \cdot CH + R_E \cdot CK = 0.$$

Здесь плечи сил: $CD = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - 2a$, $CH = \dfrac{2a}{\cos 30^\circ} - a$, $CK = 2a\,\mathrm{tg}30^\circ$. Заменяя в уравнениях величины X'_C на X_C, а Y'_C на Y_C и подставляя исходные данные, получим систему уравнений:

$$X_A + X_C + 4 = 0,\ Y_A + Y_C = 0,\ -M_A - 4X_C + 2Y_C - 25 = 0,$$

$$X_C + 15{,}59 = 0,\ -Y_C + R_E - 9 = 0,\ 2{,}31R_E - 27{,}14 = 0,$$

откуда найдём величины реакции жесткой заделки и реакции шарниров:

$$X_A = 11{,}59 \text{ кН},\ Y_A = -2{,}76 \text{ кН},\ M_A = 42{,}87 \text{ кН·м},$$

$$X_C = -15{,}59 \text{ кН},\ Y_C = 2{,}76 \text{ кН},\ R_E = 11{,}76 \text{ кН}.$$

Модули реакций жесткой заделки *A* и шарнира *C*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2} = 11{,}91 \text{ кН},\ R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2} = 15{,}83 \text{ кН}.$$

1.5. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил

В заданиях рассматривается равновесие однородной плиты или вала (прямого или с «ломаной» осью) с насаженным на него шкивом.

Вал закреплен подпятником и подшипником и удерживается в равновесии. На вал действуют сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и сила $\vec{P}$. На шкив вала намотана нить, к свободному концу которой, перекинутому через невесомый блок, подвешен груз весом Q. Для вала определить реакции подшипника и подпятника и величину уравновешивающей силы Q (или момента M).

Плита весом P закреплена пространственным шарниром, подшипником и удерживается в заданном положении невесомым стержнем. На плиту действуют силы $\vec{F}$, $\vec{Q}$ и пара сил с моментом M. Для плиты найти реакции сферического и цилиндрического шарниров и реакцию стержня.

Варианты задания даны на рис. 1.11 – 1.13. Исходные данные для выполнения задания приведены в табл. 1.2.

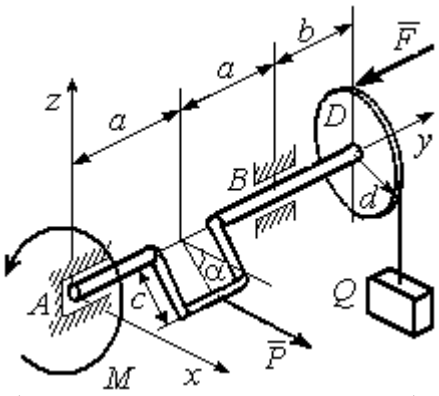
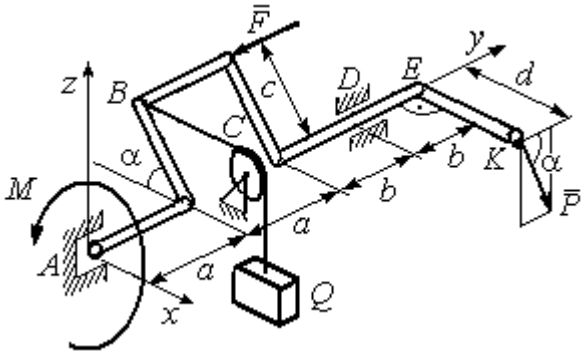
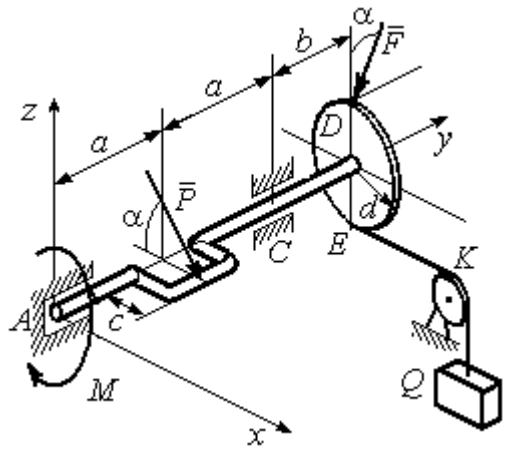
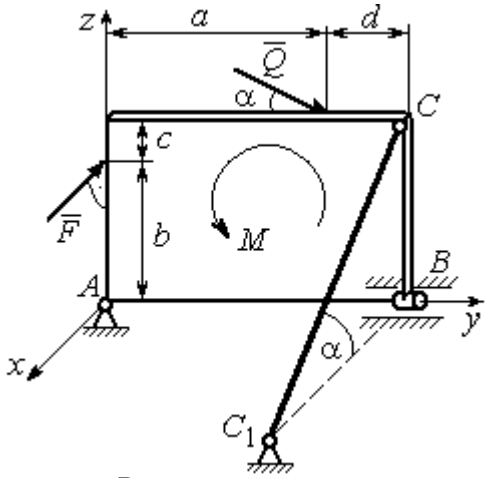
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ параллельна оси Ax; нить, удерживающая груз, сходит со шкива вертикально. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и B и величину уравновешивающего груза Q	Сила $\vec{F}$ параллельна оси Ay; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной zAy; отрезок нити BC параллелен оси Ax; рукоять вала EK параллельна оси Ax. Найти реакции подпятника и подшипника в точках A и D и величину уравновешивающего момента M

Рис. 1.11. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 1 – 2, 11 – 12, 21 – 22

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Сила $\vec{F}$, лежит в плоскости *zAy*; сила $\vec{P}$ лежит в плоскости, параллельной *zAx*, отрезок нити *EK* параллелен оси *Ax*. Найти реакции подпятника и подшипника в точках *A* и *C*, а также величину уравновешивающего груза *Q*	Плита весом *P* расположена в плоскости *zAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной *zAx*; сила $\vec{Q}$ действует в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ перпендикулярна плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1

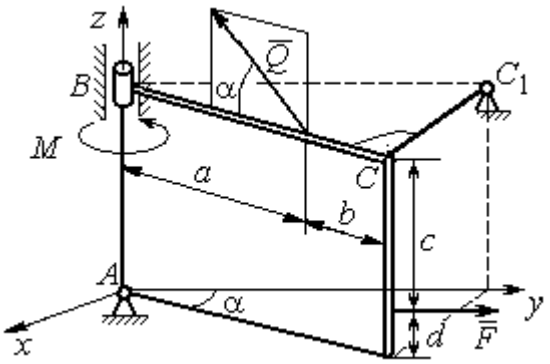
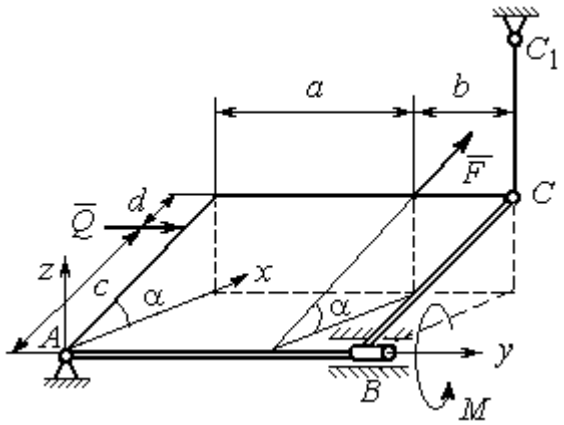
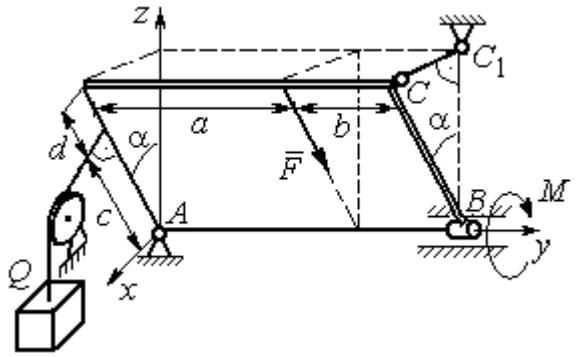
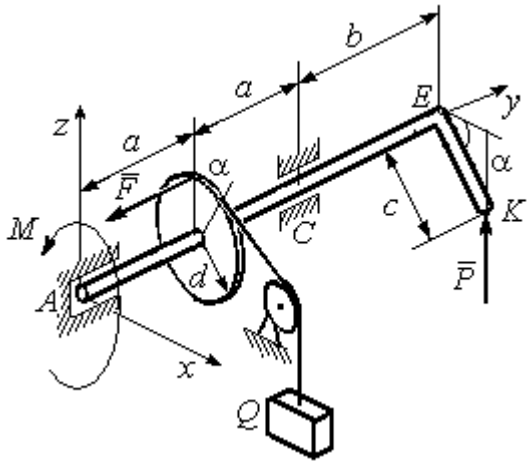
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; сила $\vec{Q}$ лежит в плоскости плиты; сила $\vec{F}$ параллельна оси *Ay*; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Плита весом *P* отклонена на угол α от горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна боковой стенке плиты и параллельна оси *Ay*; сила $\vec{F}$ расположена в плоскости плиты и параллельна её боковым стенкам; стержень CC_1 параллелен оси *Az*. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1

Рис. 1.12. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 3 – 6, 13 – 16, 23 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Плита весом *P* отклонена на угол α от вертикальной плоскости *zAy*; нить, удерживающая груз *Q*, находится плоскости *zAx*, прикреплена к боковой стенке плиты и перпендикулярна ей; сила $\vec{F}$ параллельна боковым стенкам плиты; стержень CC_1 перпендикулярен плоскости *zAy*. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Рукоять *EK* перпендикулярна оси вала и наклонена под углом α к горизонтальной плоскости *xAy*; сила $\vec{P}$ параллельна оси *Az*; сила $\vec{F}$ параллельна оси A*y*; нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива по касательной. Найти реакции подпятника *A*, подшипника *C*, и величину уравновешивающего груза *Q*

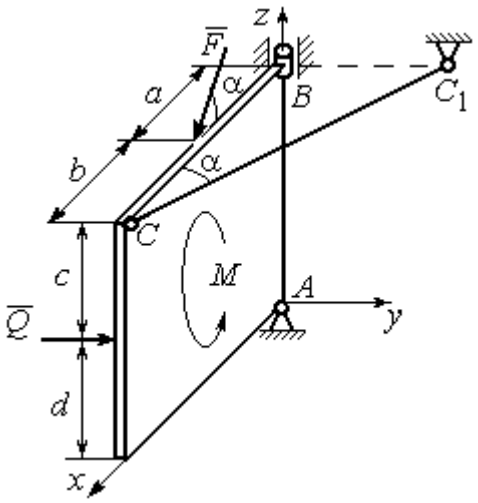
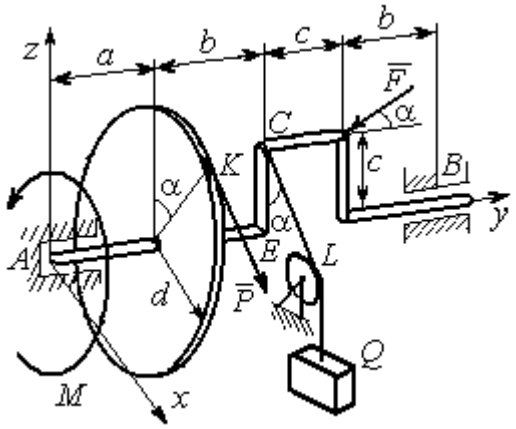
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Плита весом *P* находится в вертикальной плоскости *zAx*; стержень CC_1 расположен в плоскости, параллельной *xAy*; пара сил с моментом *M* действует в плоскости плиты; сила $\vec{Q}$ перпендикулярна плоскости плиты; сила $\vec{F}$ лежит в плоскости плиты. Найти реакции сферического и цилиндрического шарниров в точках *A* и *B* и реакцию стержня CC_1	Сила $\vec{F}$ находится в плоскости *zAy*; стойка *CE* находится в плоскости *zAy*; отрезок *CL* нити, удерживающей груз, находится в плоскости параллельной *xAz*; сила $\vec{P}$ находится в плоскости шкива и направлена по касательной к ободу в точке *K*. Найти реакции подпятника *A*, подшипника *B* и величину уравновешивающего момента *M*

Рис. 1.13. Задание С2. Равновесие пространственной системы сил.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 1.2

Исходные данные для задания С2.
Равновесие пространственной системы сил

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
P, кН	5	4	6	10	16	15	12	10	15	14
F, кН	8	6	12	6	10	10	8	12	12	10
Q, кН	–	12	–	12	8	12	10	–	10	12
M, кН·м	12	–	10	8	12	6	8	6	8	–
α, град	60	30	30	30	60	60	60	30	30	60
a, м	1,2	0,8	1,4	0,6	1,2	0,9	1,4	0,4	0,8	0,8
b, м	1,0	0,6	1,1	0,4	0,8	0,4	0,6	1,2	0,2	0,6
c, м	0,8	0,5	0,8	0,3	1,4	0,8	1,2	0,8	0,4	0,4
d, м	0,4	0,4	0,6	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6

Номер варианта задания	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
P, кН	8	10	10	15	14	10	16	9	10	12
F, кН	6	12	16	8	12	14	10	15	8	10
Q, кН	–	14	–	10	10	12	14	–	12	14
M, кН·м	10	–	12	12	12	8	10	10	10	–
α, град	30	60	60	60	30	30	30	60	60	30
a, м	0,8	1,3	0,9	0,5	1,3	1,2	1,6	0,6	0,9	1,2
b, м	0,6	1,1	0,6	0,4	0,9	0,6	0,8	1,2	0,3	0,8
c, м	0,4	0,8	0,5	0,2	1,5	0,9	1,2	0,4	0,6	0,6
d, м	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,8

Номер варианта задания	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P, кН	10	12	5	8	10	14	18	12	14	10
F, кН	12	8	15	10	12	8	10	15	9	8
Q, кН	–	10	–	12	14	10	16	–	12	6
M, кН·м	12	–	16	14	8	10	8	12	10	–
α, град	90	30	60	30	45	30	30	60	60	30
a, м	0,6	0,8	1,1	1,2	1,5	0,8	1,0	0,8	1,2	0,9
b, м	0,8	0,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,8	1,4	0,6	0,4
c, м	0,4	1,2	0,8	0,6	1,5	0,9	1,1	0,5	0,8	0,6
d, м	0,4	1,5	0,5	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5

Примеры решения задания С2. Равновесие пространственной системы сил

Задача 1. Горизонтальный вал (рис. 1.14) закреплен в подпятнике *C* и подшипнике *K*. Вал имеет шкив I радиуса *R* и шкив II радиуса *r*, перпендикулярные оси вала. Рукоять *AE* параллельна оси *Cx*. Нить, удерживающая груз *Q*, сходит со шкива I по касательной вертикально вниз. На вал действуют силы $\vec{F}$, $\vec{P}$ и пара сил с моментом *M*, закручивающая вал вокруг оси *Cy*. Сила $\vec{F}$ находится в плоскости, параллельной *zCy*, и составляет угол 60° с направлением оси *Cy*. Сила $\vec{P}$ приложена в точке *B* шкива II, определяемой центральным углом 30º, и направлена по касательной. Определить величину уравновешивающего момента *M* и реакции подшипника и подпятника, если $P = 4$ кН, $F = 2$ кН, $Q = 3$ кН, $R = 0{,}6$ м, $r = 0{,}3$ м, $a = 0{,}8$ м, $b = 0{,}4$ м.

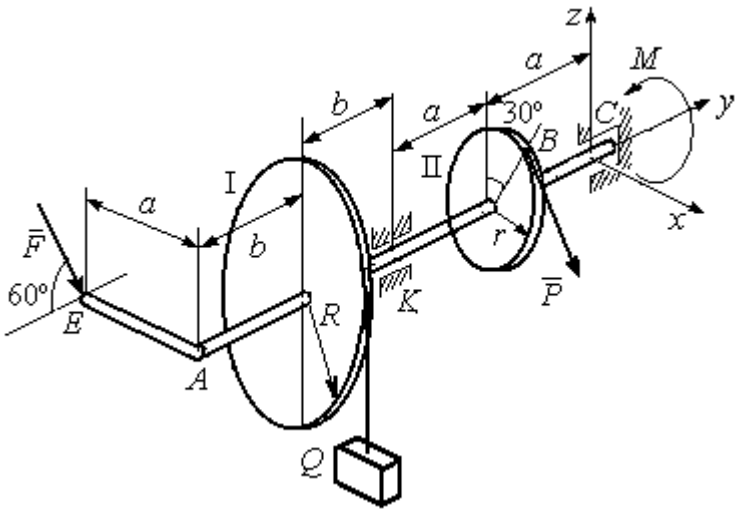


Рис. 1.14. Схема вала и его нагрузка

Решение

Рассмотрим равновесие вала. На вал действуют внешние силы $\vec{F}$, $\vec{P}$, пара сил с моментом *M* и реакции связей. Связями являются нить, натянутая грузом *Q*, подпятник *C* и подшипник *K*. Освобождаем вал от связей, заменяя их действие реакциями. Реакцию подпятника *C* раскладываем на три со-

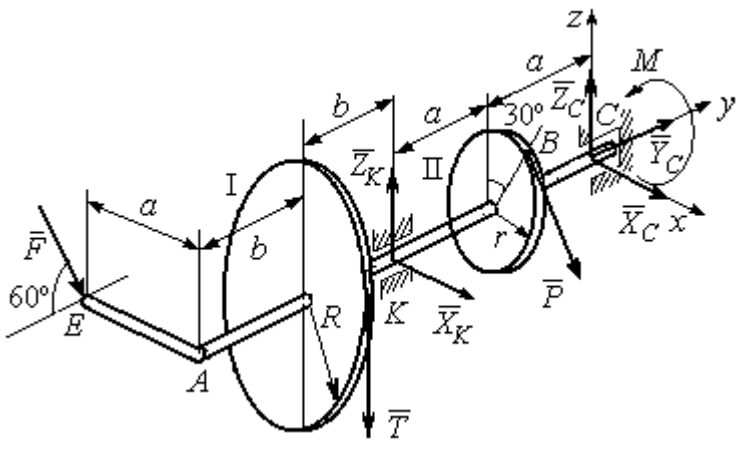


Рис. 1.15. Внешние силы и реакции связей вала

ставляющие: $\vec{X}_C$, $\vec{Y}_C$, $\vec{Z}_C$, направленные вдоль координатных осей. Реакция подшипника *K* лежит в плоскости, перпендикулярной оси вала, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_K, \vec{Z}_K$, направленные вдоль координатных осей *x*, *z*. Реакция нити $\vec{T}$ направлена вдоль нити от точки *K* и по модулю равна весу груза. Действие на вал внешних сил и реакций связи показано на рис. 1.15.

Внешние силы, действующие на вал, и реакции связей составляют произвольную пространственную систему сил, эквивалентную нулю ($\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_K, \vec{Z}_K, \vec{T}, \vec{X}_C, \vec{Y}_C, \vec{Z}_C, M$) ∞ 0, для которой уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

Для удобства при составлении уравнений равновесия изобразим вал вместе с действующими на него силами в проекциях на координатные плоскости (рис. 1.16)

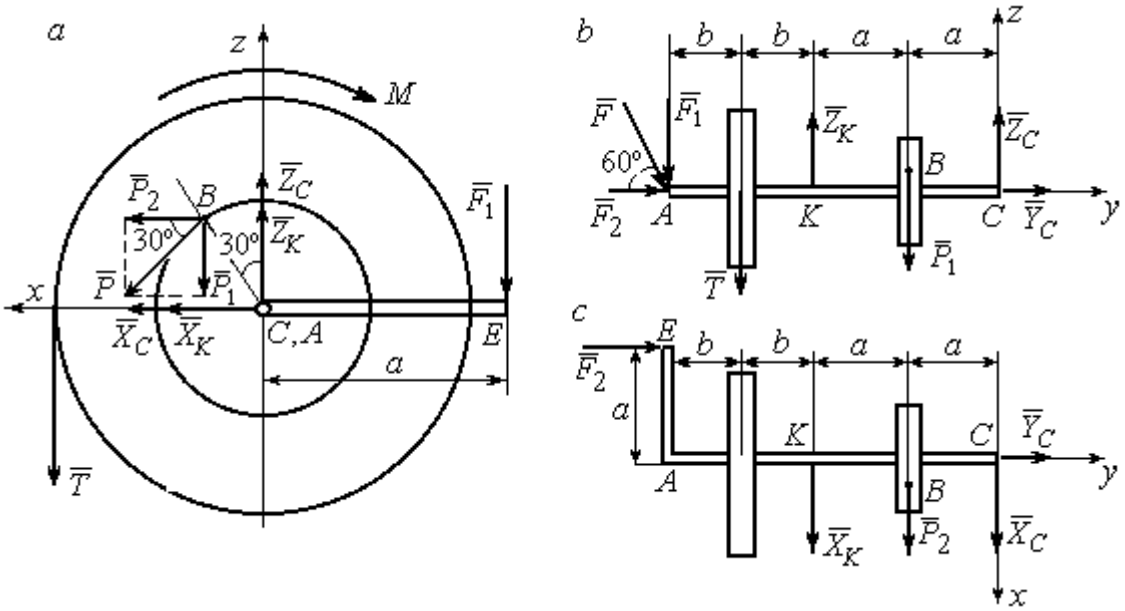


Рис. 1.16. Вал и действующие на него силы в проекциях на координатные плоскости:
a – вид вала в проекции на плоскость *zCx* с положительного конца оси *y*;
b – вид вала в проекции на плоскость *zCy* с положительного конца оси *x*;
c – вид вала в проекции на плоскость *xCy* с положительного конца оси *z*.

На рис. 1.16, *а* показаны проекции всех сил на плоскость *zCx*. Вычисляя моменты проекций этих сил относительно точки *C*, получим значения моментов исходных сил относительно оси *y*.

Для вычисления моментов сил относительно оси *x* достаточно найти моменты проекций сил на плоскость *zCy* относительно точки *C* (см. рис. 1.16, *b*), а вычисляя моменты проекций сил на плоскость *xCy* относительно точки *C*, получим значения моментов сил относительно оси z.

Составляем уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = P_2 + X_K + X_C = 0,\ \sum F_{ky} = F_2 + Y_C = 0,$$

$$\sum F_{kz} = -P_1 + Z_K - T + Z_C - F_1 = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = P_1 a - Z_K 2a - T(2a + b) + F_1(2a + 2b) = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = -F_1 a + TR + Pr - M = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = P_2 a + X_K 2a - F_2 a = 0.$$

Подставляя исходные данные задачи, с учётом того, что

$$P_1 = P\cos 60^\circ = 0{,}5P,\ P_2 = P\cos 30^\circ = 0{,}87P,$$

$$F_1 = F\cos 30^\circ = 0{,}87F,\ F_2 = F\cos 60^\circ = 0{,}5F$$ (см. рис. 1.16 *а*, *b*),

получим систему уравнений:

$$0{,}87 \cdot 4 + X_K + X_C = 0,\ \ 2 \cdot 0{,}5 + Y_C = 0,\ -4 \cdot 0{,}5 + Z_K - 3 + Z_C - 2 \cdot 0{,}87 = 0,$$

$$0{,}5 \cdot 4 \cdot 0{,}8 - 1{,}6Z_K - 3 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 0{,}4) + 2 \cdot 0{,}87(2 \cdot 0{,}8 + 2 \cdot 0{,}4) = 0,$$

$$-0{,}87 \cdot 0{,}8 + 3 \cdot 0{,}6 + 4 \cdot 0{,}3 - M = 0,\ 0{,}87 \cdot 4 \cdot 0{,}8 + 1{,}6 \cdot X_K - 2 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}8 = 0.$$

Решая систему, найдём: $X_C = -2{,}24$ кН, $Y_C = -1$ кН, $Z_C = 6{,}39$ кН, $X_K = -1{,}24$ кН, $Z_K = 0{,}35$ кН, $M = 2{,}3$ кН·м.

Окончательно, реакция подпятника $R_C = \sqrt{X_C^2 + Y_C^2 + Z_C^2} = 6{,}84$ кН,

реакция подшипника $R_K = \sqrt{X_K^2 + Z_K^2} = 1{,}29$ кН.

Задача 2. Плита весом P расположена в вертикальной плоскости zAy. В точке А плита закреплена пространственным шарниром, а в точке B на оси y опирается на цилиндрический шарнир (подшипник). Плита удерживается в равновесии при помощи невесомого стержня CC_1, прикреплённого шарниром к плите в её верхнем углу, в точке C перпендикулярно плоскости плиты (рис. 1.17).

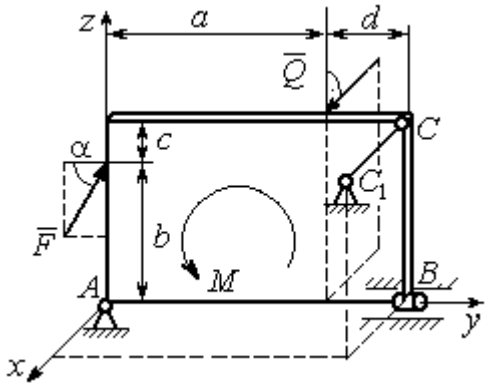


Рис. 1.17. Равновесие плиты

На плиту действует сила $\vec{Q}$, приложенная на краю плиты перпендикулярно её плоскости, и сила $\vec{F}$, лежащая в плоскости плиты и направленная под углом α к горизонту (см. рис. 1.17). Кроме того, в плоскости плиты на неё действует пара сил с моментом M. Найти реакции шарниров A и B и усилие в стержневой подпорке CC_1 при равновесии плиты, если параметры нагрузки: P = 1 кН, Q = 500 Н, F = 400 Н, M = 300 Н·м, $\alpha = 35^\circ$, a = 2 м, b = 1,5 м, c = 0,2 м, d = 0,4 м.

Решение

Заменим связи плиты их реакциями. Реакция шарнира A раскладывается на три составляющие: $\vec{X}_A$ $\vec{Y}_A$, $\vec{Z}_A$ по направлениям координатных осей. Направления координатных осей показаны на рис. 1.17. Реакция подшипника B лежит в плоскости, перпендикулярной оси подшипника, и ее составляющими будут вектора $\vec{X}_B, \vec{Z}_B$, направленные вдоль координатных осей x, z. Реакция стержня $\vec{T}$ направлена вдоль стержня. Действие сил и реакций показано на рис.1.18.

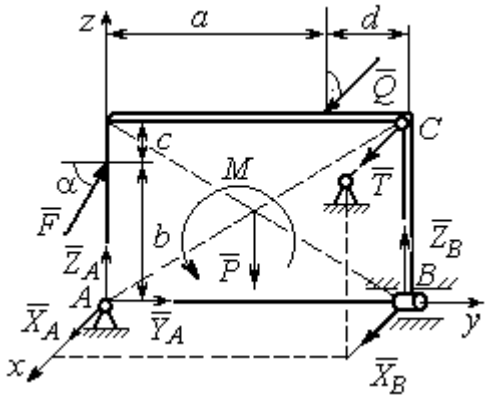


Рис. 1.18. Действие сил и реакций при равновесии плиты

Пространственная система сил, действующих на плиту, является уравновешенной: $(\vec{P}, \vec{F}, \vec{X}_B, \vec{Z}_B, \vec{T}, \vec{X}_A, \vec{Y}_A, \vec{Z}_A, M) \infty 0$. Уравнения равновесия:

$$\sum F_{kx} = 0,\ \sum F_{ky} = 0,\ \sum F_{kz} = 0,$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ \sum M_z(\vec{F}_k) = 0.$$

В вычислениях моментов сил относительно осей будем считать момент положительным, если при взгляде со стороны положительного направления оси, сила вращает тело (плиту) против хода часовой стрелки. Получим:

$$\sum F_{kx} = 0,\ X_A + Q + X_B + T = 0,$$

$$\sum F_{ky} = 0,\ Y_A + F\cos\alpha = 0,$$

$$\sum F_{kz} = 0,\ Z_A + F\sin\alpha - P + Z_B = 0$$

$$\sum M_x(\vec{F}_k) = 0,\ -F\cos\alpha \cdot b - P \cdot 0{,}5(a+d) + Z_B(a+d) + M = 0,$$

$$\sum M_y(\vec{F}_k) = 0,\ Q \cdot (b+c) + T \cdot (b+c) = 0,$$

$$\sum M_z(\vec{F}_k) = 0,\ -Q \cdot a - T \cdot (a+d) - X_B \cdot (a+d) = 0.$$

Подставив исходные данные задачи, получим систему уравнений:

$$X_A + 500 + X_B + T = 0,\ Y_A + 400 \cdot 0{,}82 = 0,\ Z_A + 400 \cdot 0{,}57 - 1000 + Z_B = 0,$$

$$-400 \cdot 0{,}82 \cdot 1{,}5 - 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}4 + Z_B \cdot 2{,}4 + 300 = 0,$$

$$500 \cdot 1{,}7 + T \cdot 1{,}7 = 0,\quad -500 \cdot 2 - T \cdot 2{,}4 - X_B \cdot 2{,}4 = 0,$$

откуда находим значения составляющих реакций:

$$T = -500\ \text{Н},\ X_B = 83{,}33\ \text{Н},\ Z_B = 580\ \text{Н},$$

$$X_A = -83{,}33\ \text{Н},\ Y_A = -328\ \text{Н},\ Z_A = 192\ \text{Н}.$$

Полные реакции пространственного шарнира *A*:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} = 389{,}09\ \text{Н},$$

цилиндрического шарнира *B*: $R_B = \sqrt{X_B^2 + Z_B^2} = 585{,}95\ \text{Н}$.

2. КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА

Кинематикой называется раздел механики, в котором изучаются свойства движения материальных тел без учета их масс и действующих на них сил.

2.1. Кинематика точки. Основные параметры движения точки

Кривая, которую описывает движущаяся точка, называется **траекторией** точки. Движение точки может быть задано **векторным**, **координатным** или **естественным** способами.

Векторный способ основан на определении положения точки ее радиусом-вектором в виде векторного уравнения $\vec{r} = \vec{r}(t)$. При **координатном способе** задания движения точки положение точки определяется ее координатами, заданными для каждого момента времени: $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$. **Естественный способ** задания движения используется, если заранее известна траектория движения точки. Тогда положение точки однозначно определяется длиной дуги $\breve{OM} = S(t)$, отсчитываемой от некоторой фиксированной точки *O*, принятой за начало отсчета.

Мгновенная скорость, или скорость точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от радиуса-вектора точки: $\vec{V} = \dot{\vec{r}}$. Вектор скорости точки $\vec{V}$ всегда направлен по касательной к траектории в сторону движения точки.

При координатном способе задания движения величины проекций вектора скорости $\vec{V}$ на координатные оси определяются как производные по времени от соответствующих координат: $V_x = \dot{x}$, $V_y = \dot{y}$, $V_z = \dot{z}$. Модуль вектора скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$. При естественном способе задания движения вектор скорости точки определяется равенством: $\vec{V} = \dot{S}\vec{\tau}$, где $S = S(t)$ – закон измене-

ния длины дуги, $\vec{\tau}$ –единичный вектор касательной к траектории движения, направленный в сторону возрастающих расстояний.

Величина $V = |\dot{S}|$ называется алгебраической скоростью точки. При $\dot{S} > 0$ вектор скорости $\vec{V}$ направлен по единичному вектору $\vec{\tau}$ – в сторону возрастающих расстояний. При $\dot{S} < 0$ он имеет направление, противоположное единичному вектору $\vec{\tau}$, т. е. в сторону убывающих расстояний.

Мгновенное ускорение, или ускорение точки в данный момент времени, является векторной величиной и определяется как производная по времени от вектора скорости точки или как вторая производная от радиус-вектора точки: $\vec{a} = \dot{\vec{V}} = \ddot{\vec{r}}$. При координатном способе проекции вектора ускорения $\vec{a}$ на координатные оси – величины a_x, a_y, a_z – определяются равенствами: $a_x = \dot{V}_x = \ddot{x}$, $a_y = \dot{V}_y = \ddot{y}$, $a_z = \dot{V}_z = \ddot{z}$. Модуль вектора ускорения равен: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$.

При естественном способе задания движения вектор ускорения точки $\vec{a}$ раскладывается на две взаимно перпендикулярные составляющие $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$, параллельные осям n и τ естественной системы координат, и представляется в виде равенства $\vec{a} = a_\tau \vec{\tau} + a_n \vec{n}$, или $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$, где $\vec{\tau}$ – единичный направляющий вектор оси, касательной к траектории (касательная ось); $\vec{n}$ – единичный направляющий вектор главной нормали траектории. Величина a_n называется **нормальным ускорением** точки и вычисляется по формуле: $a_n = \dfrac{V^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны траектории. (У окружности радиус кривизны равен её радиусу, у прямой линии – бесконечности.) Вектор $\vec{a}_n$ нормальной составляющей ускорения всегда направлен к центру кривизны траектории. При движении по окружности радиус кривизны траектории равен радиусу окружности, а центр кривизны траектории совпадает с центром окружности. Величина a_τ называется **касательным ускорением** и равна модулю второй производной от заданно-

го закона изменения длины дуги: $a_\tau = |\ddot{S}|$, где $S = S(t)$ – закон изменения длины дуги. Направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_\tau$ зависит от знака второй производной $\ddot{S}$. При $\ddot{S} > 0$ вектор $\vec{a}_\tau$ в направлен в сторону возрастающих расстояний, по направлению единичного вектора $\vec{\tau}$, при $\ddot{S} < 0$ – в сторону убывающих расстояний (противоположно единичному вектору $\vec{\tau}$). Вектор полного ускорения $\vec{a}$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$. Модуль вектора ускорения: $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$.

2.2. Вращение тела вокруг неподвижной оси

Движение тела, при котором все точки некоторой его прямой остаются неподвижными, называется **вращательным**, а указанная прямая называется осью вращения. Вращение тела задается углом поворота $\varphi = \varphi(t)$ подвижной плоскости, связанной с телом, относительно некоторого ее начального положения. Направление вращения с возрастанием угла поворота считается положительным.

Величина **угловой скорости** вращения тела равна модулю производной от угла поворота тела по времени: $\omega = |\dot{\varphi}|$. Направление угловой скорости вращения тела зависит от знака производной $\dot{\varphi}$. При $\dot{\varphi} > 0$ вращение происходит в положительном направлении, в сторону возрастания угла поворота, при $\dot{\varphi} < 0$ – в отрицательном. Направление угловой скорости обычно показывают дуговой стрелкой вокруг оси вращения. Вектор угловой скорости $\vec{\omega}$ направлен вдоль оси вращения в сторону, откуда вращение тела видно против хода часовой стрелки.

Величина **углового ускорения** при вращении тела равна модулю второй производной от угла поворота тела по времени: $\varepsilon = |\ddot{\varphi}|$. Если $\ddot{\varphi}$ одного знака с

φ, то угловое ускорение ускоряет вращение тела, если разных знаков, то угловое ускорение замедляет вращение.

При вращательном движении тела все его точки движутся по окружностям, радиусы которых равны расстояниям от выбранной точки до неподвижной оси. **Скорость точки вращающегося твердого тела (**в отличие от угловой скорости тела) называют **линейной,** или **окружной скоростью** точки. Величина скорости рассчитывается по формуле: $V = \omega h$, где ω – величина угловой скорости тела; h – расстояние от точки до оси вращения. Вектор скорости точки лежит в плоскости описываемой точкой окружности и направлен по касательной к ней в сторону вращения тела. Отношение скоростей двух точек вращающегося тела равно отношению расстояний от этих точек до оси: $\frac{V_{M1}}{V_{M2}} = \frac{h_1}{h_2}$.

Ускорение точки вращающегося твердого тела рассчитывается как ускорение точки при естественном способе задания движения в виде суммы векторов касательного и нормального ускорений: $\vec{a}_M = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$. Величины касательного, нормального и полного ускорений точки вращающегося тела, соответственно: $a_\tau = \varepsilon h$, $a_n = \omega^2 h$, $a_M = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}$, где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела; h – расстояние от точки до оси вращения.

2.3. Плоскопараллельное движение твёрдого тела

Плоскопараллельным, или плоским движением твердого тела, называется такое движение, при котором все точки тела движутся параллельно некоторой неподвижной плоскости. Плоское движение представляется в виде суммы мгновенного поступательного движения, при котором все точки плоской фигуры движутся со скоростью выбранной точки-полюса, и мгновенного вращательного движения вокруг этого полюса.

Скорость любой точки M плоской фигуры равна векторной сумме вектора скорости точки-полюса и вектора скорости точки M при вращении тела вокруг этого полюса: $\vec{V}_M = \vec{V}_A + \vec{V}_{MA}$, где $\vec{V}_M$ – скорость точки M; $\vec{V}_A$ – скорость полюса A; $\vec{V}_{MA}$ – вектор скорости точки M при вращении тела вокруг полюса A, модуль скорости $V_{MA} = \omega \cdot MA$, где ω – угловая скорость мгновенного вращательного движения тела вокруг полюса; MA – расстояние между полюсом A и точкой M.

Мгновенным центром скоростей называется такая точка P плоской фигуры, скорость которой в данный момент времени равна нулю. Выбрав в качестве полюса мгновенный центр скоростей, скорость любой точки плоской фигуры находят так, как если бы мгновенное движение фигуры было вращательным вокруг мгновенного центра скоростей.

Способы построения мгновенного центра скоростей

1. Если известны направления скоростей $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ каких-нибудь двух точек A и B плоской фигуры, то мгновенный центр скоростей находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных из этих точек к векторам скоростей (рис. 2.1, *a*).

2. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B плоской фигуры известны и параллельны друг другу, а линия AB перпендикулярна $\vec{V}_A$ (и, конечно, $\vec{V}_B$), то мгновенный центр скоростей определяется как точка пересечения линий, проведенных через основания и вершины векторов скоростей (построение показано на рис. 2.1, *b*, *c*).

3. Если скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ двух точек A и B параллельны друг другу, но линия AB, соединяющая эти точки, не перпендикулярна векторам скоростей (рис. 2.1, *d*), то мгновенная угловая скорость тела равна нулю и движение тела

в данный момент времени является мгновенным поступательным. В этом случае скорости всех точек равны по величине и направлению.

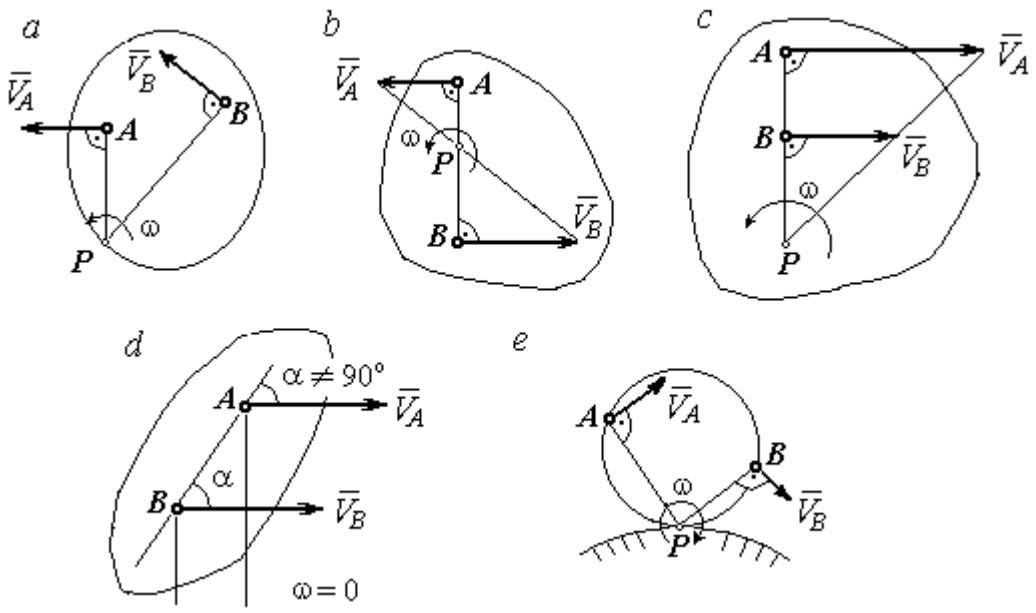


Рис. 2.1. Способы построения мгновенного центра скоростей

4. Если плоскопараллельное движение осуществляется путем качения без скольжения одного тела по неподвижной поверхности другого, то мгновенный центр скоростей расположен в точке касания катящегося тела с неподвижной поверхностью (рис. 2.1, *e*).

Ускорение любой точки *M* плоской фигуры при плоскопараллельном движении твердого тела представляется как сумма векторов – ускорения полюса и ускорения точки *M* при вращении фигуры вокруг полюса. Учитывая, что ускорение точки вращающегося тела представляется как сумма нормального и касательного ускорений, получим:

$$\vec{a}_M = \vec{a}_A + \vec{a}^{\tau}_{MA} + \vec{a}^{n}_{MA},$$

где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{\tau}_{MA}$, $\vec{a}^{n}_{MA}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M при вращении фигуры вокруг полюса A.

Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{MA}$ всегда направлен от точки M к полюсу A. Вектор касательного ускорения $\vec{a}^{\,\tau}_{MA}$ направлен перпендикулярно отрезку AM в сторону вращения, если оно ускоренное (рис. 2.2, *a*), и против вращения, если оно замедленное (рис. 2.2, *b*). Численно величины касательного и нормального составляющих ускорения точки M определяются по формулам:

$$a^{\tau}_{MA} = \varepsilon \cdot AM\,,\quad a^{n}_{MA} = \omega^2 \cdot AM\,,$$

где ω, ε – угловая скорость и угловое ускорение тела (плоской фигуры); AM – расстояние от точки M до полюса A (см. рис. 2.2).

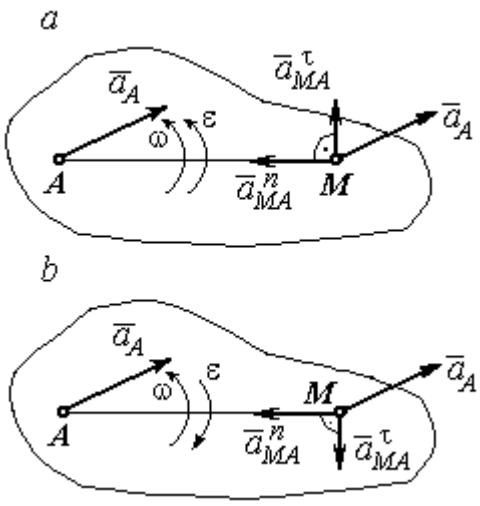


Рис. 2.2. Ускорение точки плоской фигуры:
a – ускоренное движение;
b – замедленное движение

Если при движении плоской фигуры известны траектории движения полюса A и точки M, то для определения ускорения точки M используется векторное равенство

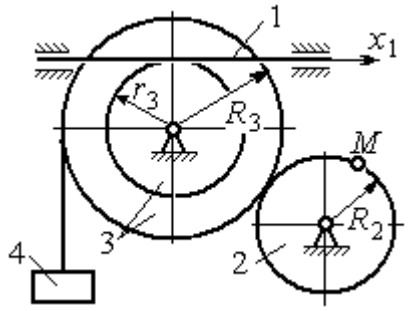
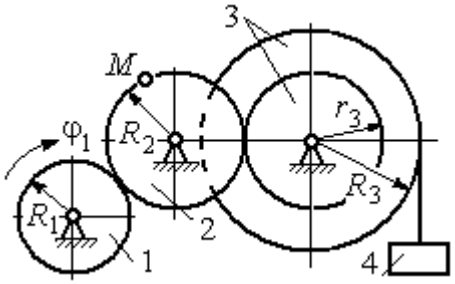
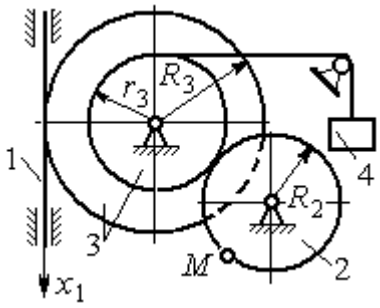
$$\vec{a}^{\,\tau}_{M} + \vec{a}^{\,n}_{M} = \vec{a}^{\,\tau}_{A} + \vec{a}^{\,n}_{A} + \vec{a}^{\,\tau}_{MA} + \vec{a}^{\,n}_{MA},$$

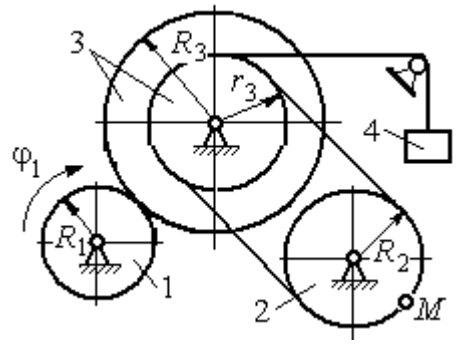
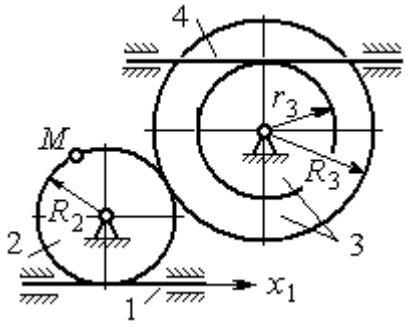
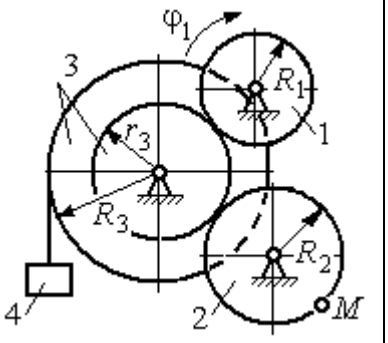
где $\vec{a}^{\,\tau}_{M}$, $\vec{a}^{\,n}_{M}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{A}$, $\vec{a}^{\,n}_{A}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки M и полюса A при движении их по заданным траекториям.

2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек твердого тела при поступательном и вращательном движениях

По заданному движению одного из звеньев механизма $x_1 = x_1(t)$ (варианты 1, 3, 5, 7, 9) или $\varphi_1 = \varphi_1(t)$ (варианты 2, 4, 6, 8, 10) найти в момент времени t_1 скорость, касательное, нормальное и полное ускорения точки M звена механизма, совершающего вращательное движение, а также скорость и ускорение звена 4, совершающего поступательное движение.

Варианты заданий даны на рис. 2.3, 2.4. Исходные данные представлены в табл. 2.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22	Варианты № 3, 13, 23
		

Варианты № 4, 14, 24	Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
		

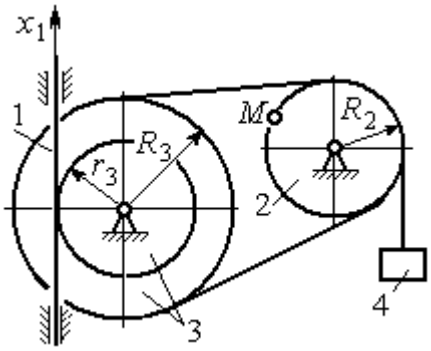
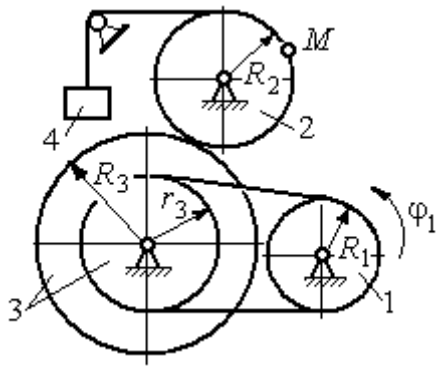
Варианты № 7, 17, 27	Варианты № 8, 18, 28
	

Рис. 2.3. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 1 – 8, 11 – 18, 21 – 28

Окончание вариантов задания К1

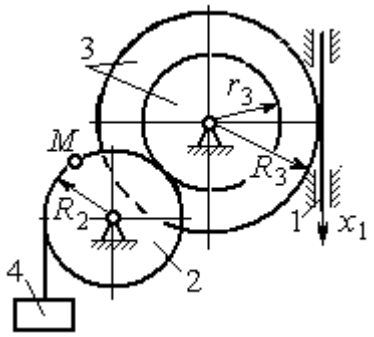
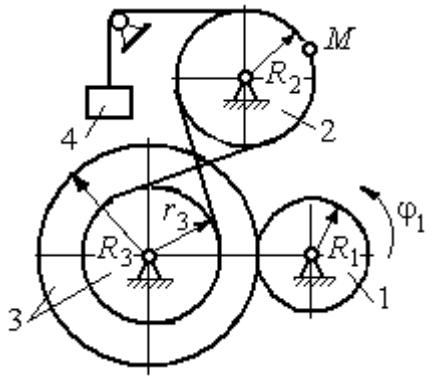
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 2.4. Задание К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Таблица 2.1

Исходные данные вариантов задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
1	–	40	45	35	$x_1(t) = (3t-1)^2$	2
2	10	20	38	18	$\varphi_1(t) = t^2 + 6\cos(\pi t/6)$	3
3	–	30	42	18	$x_1(t) = 5t^2 - 2\cos(\pi t/2)$	1
4	15	30	45	20	$\varphi_1(t) = 5t^2 + \cos(\pi t/2)$	2
5	–	30	40	20	$x_1(t) = 6t - \cos(\pi t/3)$	3
6	10	20	30	10	$\varphi_1(t) = t^3 - \cos(\pi t/2)$	1
7	–	30	40	30	$x_1(t) = 2\sin(\pi t/2) + \cos(\pi t/2)$	2
8	8	10	30	25	$\varphi_1(t) = 5t + \cos(\pi t/2)$	2
9	–	18	30	18	$x_1(t) = 5t + \cos(\pi t/3)$	3
10	15	30	50	20	$\varphi_1(t) = 2t^2 + \sin(\pi t/4)$	2
11	–	30	40	25	$x_1(t) = (t^2 - 3t)$	2
12	12	20	40	28	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 6\sin(\pi t/6)$	3
13	–	25	60	42	$x_1(t) = 2t^2 + \cos(\pi t/2)$	1
14	10	30	45	30	$\varphi_1(t) = 3t^2 + 2\cos(\pi t/2)$	2

Окончание табл. 2.1

Номер варианта задания	R_1,см	R_2, см	R_3, см	r_3, см	$x_1(t)$, см $\varphi_1(t)$, рад	t_1, с
15	–	20	30	20	$x_1(t)=3t^2-\cos(\pi t/3)$	3
16	12	18	40	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\cos(\pi t/2)$	1
17	–	20	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	2
18	15	18	40	25	$\varphi_1(t)=5t+\cos(\pi t/2)$	1
19	–	22	50	18	$x_1(t)=t^2+\cos(\pi t/3)$	3
20	10	20	45	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\sin(\pi t/4)$	4
21	–	20	40	20	$x_1(t)=t+(3t-4)^2$	2
22	8	18	42	18	$\varphi_1(t)=2t^2+12\cos(\pi t/6)$	3
23	–	45	60	40	$x_1(t)=4t^2+\sin(\pi t/2)$	1
24	5	15	30	20	$\varphi_1(t)=2t^2+4\cos(\pi t/2)$	2
25	–	15	35	25	$x_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/3)$	3
26	18	20	35	20	$\varphi_1(t)=2t^3+\sin(\pi t/2)$	1
27	–	15	35	15	$x_1(t)=2\sin(\pi t/2)-\cos(\pi t/2)$	1
28	10	12	40	25	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/2)$	1
29	–	35	50	10	$x_1(t)=t^3-\cos(\pi t/2)$	1
30	10	20	40	10	$\varphi_1(t)=2t^2+\cos(\pi t/4)$	4

Пример выполнения задания К1. Определение скоростей и ускорений точек при поступательном и вращательном движениях твёрдого тела

По заданному уравнению движения звена 1 механизма (рис. 2.5, *а*) определить скорость, нормальное, касательное и полное ускорения точки *M* на момент времени t_1, а также скорость и ускорение звена 4, если значения радиусов колес механизма и закон движения звена 1: R_2= 20 см, r_2= 5 см, R_3= 8 см, r_3 = 4 см, $x_1 = 2t^2 - 5t$ см, t_1=1 с.

Решение

Отметим на схеме положительные направления отсчета углов поворота дисков 2 и 3, соответствующие заданному положительному направлению движения звена 1.

Направления показаны на рис 2.5, *b* дуговыми стрелками φ_2, φ_3, а положительное направление движения звена 4 – направлением оси x_4.

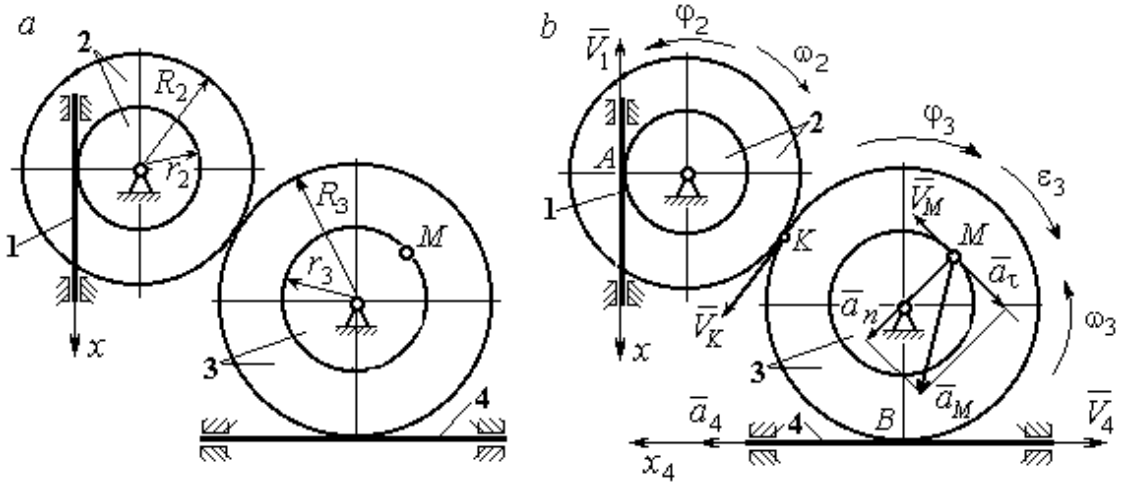


Рис. 2.5. Кинематика вращательного движения твердого тела:
a – схема механизма; *b* – расчетная схема для определения скоростей и ускорений точек механизма

Звено 1 движется поступательно. Движение задано координатным способом в виде закона изменения координаты x. Дифференцируем по времени уравнение движения: $\dot{x} = 4t - 5$ см/с. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной: $\dot{x}(1) = -1$ см/с. Отрицательное значение производной $\dot{x}$ показывает, что в данный момент времени звено 1 движется в отрицательном направлении оси *x*. Скорость звена 1 равна модулю производной: $V_1 = |\dot{x}|$. На рис. 2.5, *b* направление движения звена 1 в момент времени $t_1 = 1$ с показано вектором скорости $\vec{V}_1$, направленным в сторону, противоположную положительному направлению оси *x*. Эту же скорость будет иметь точка *A* – точка контакта звена 1 с диском 2, лежащая на расстоянии r_2 от оси вращения диска. Следовательно, $V_1 = V_A = \omega_2 r_2$, где ω_2 – угловая скорость диска 2. Отсюда угловая скорость диска: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{r_2} = \dfrac{|4t-5|}{5} = |\dot{\varphi}_2|$ рад/с. При $t_1 = 1$ с значение производной отрицательно: $\dot{\varphi}_2(1) = -0{,}2$ рад/с. Это означает, что в заданный момент времени вращение диска 2 с угловой скоростью $\omega_2(1) = |\dot{\varphi}_2(1)| = 0{,}2$ рад/с происходит

в отрицательном для диска 2 направлении. На рис. 2.5, *b* направление вращения диска 2 показано дуговой стрелкой ω_2 в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_2. При передаче вращения диска 2 диску 3 величины угловых скоростей дисков обратно пропорциональны радиусам дисков, которым принадлежит точка контакта: $\frac{\omega_2}{\omega_3} = \frac{R_3}{R_2}$. Тогда, угловая скорость диска 3 $\omega_3 = \omega_2 \frac{R_2}{R_3} = |2t - 2{,}5| = |\dot{\varphi}_3|$ рад/с.

В момент времени $t_1 = 1$с значение производной $\dot{\varphi}_3$ отрицательно: $\dot{\varphi}_3(1) = -0{,}5$ рад/с, и, следовательно, вращение диска 3 в данный момент времени с угловой скоростью $\omega_3(1) = |\dot{\varphi}_3(1)| = 0{,}5$ рад/с происходит в сторону, противоположную положительному направлению отсчета угла φ_3, как показано на рис. 2.5, *b*. Величина (модуль) скорости точки *M* рассчитывается по формуле: $V_M = \omega_3 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с модуль скорости $V_M(1) = 2$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_M$ расположен по касательной к траектории движения точки *M* (окружности) и направлен в сторону вращения диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Звено 4 движется поступательно. Скорость звена 4 равна скорости точки касания его с диском 3: $V_4 = V_B = \omega_3 R_3 = |2t - 2{,}5| \cdot 8 = |\dot{x}_4|$. В момент времени $t_1 = 1$ с значение производной от координаты движения звена 4 отрицательно: $\dot{x}_4(1) = -4$ см/с. В результате, вектор скорости $\vec{V}_4(1)$, равный по модулю $V_4(1) = 4$ см/с, направлен вдоль оси x_4 в сторону, противоположную ее положительному направлению (см. рис. 2.5, *b*).

Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3(t) = |\dot{\omega}_3| = |\ddot{\varphi}_3| = 2$ рад/с^2. Из того, что угловая скорость ω_3 и угловое ускорение $\dot{\omega}_3$ диска 3 имеют разные знаки, следует, что вращение диска 3 замедленное. Угловое ускорение диска направлено в сторону положительного направления отсчета угла поворота φ_3, диска 3 (см. рис. 2.5, *b*).

Касательное ускорение a_τ точки M рассчитывается по формуле $a_\tau = \varepsilon_3 r_3$ и в момент времени $t_1 = 1$ с: $a_\tau = 8$ см/с^2. Так как вращение диска 3 замедленное, вектор касательного ускорения точки M $\vec{a}_\tau(t)$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_M(1)$ (см. рис. 2.5, *b*). Нормальное ускорение a_n точки M рассчитывается как $a_n = \omega_3^2 r_3$. В момент времени $t_1 = 1$ с величина нормального ускорения: $a_n(1) = 1$ см/с^2. Вектор нормального ускорения $\vec{a}_n(1)$ направлен по радиусу к центру диска 3 (см. рис. 2.5, *b*). Полное ускорение точки M в заданный момент времени: $a_M(1) = \sqrt{a_\tau^2(1) + a_n^2(1)} = 8{,}06$ см/с^2. Вектор полного ускорения $\vec{a}_M$ направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_n$ и $\vec{a}_\tau$.

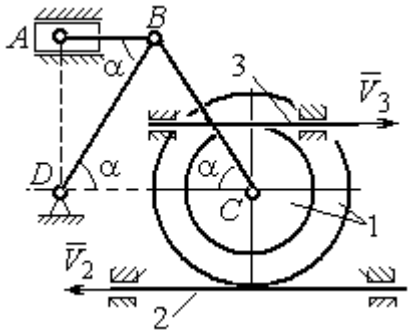
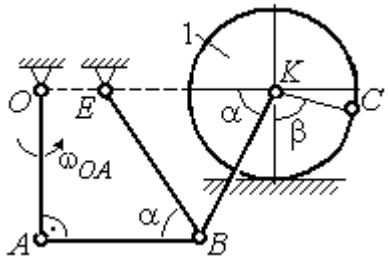
Ускорение a_4 звена 4 находится из условия, что звено 4 движется поступательно и прямолинейно. При прямолинейном движении нормальная составляющая ускорения равна нулю. Тогда $a_4 = a_{4\tau} = \dot{V}_4 = = \dot{V}_B = |\dot{\omega}_3| R_3 = \varepsilon_3 R_3$.

Так как угловое ускорение диска 3 является постоянной величиной, ускорение a_4 не зависит от времени: $a_4 = 16$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_4$ направлен вдоль оси x_4 в сторону положительных значений.

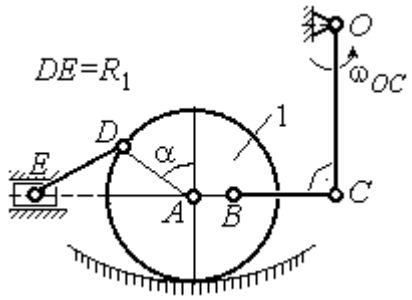
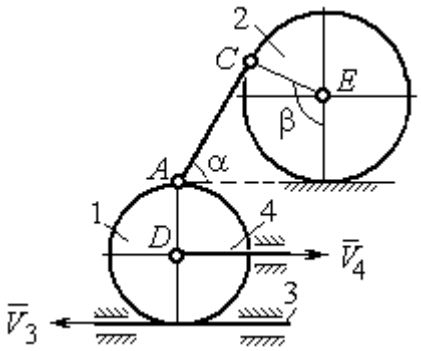
2.5. Задание К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить скорости точек и угловые скорости звеньев механизма.

Варианты заданий показаны на рис. 2.6 – 2.8. Исходные данные вариантов заданий выбираются из таблиц, приведённых на рисунках схем механизмов.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_{AB}, \omega_{BC}, \omega_1, \omega_{BD}$	 Найти: V_A, V_B, V_K, $\omega_1, \omega_{AB}, \omega_{OA}$, ω_{BE}, ω_{BK}

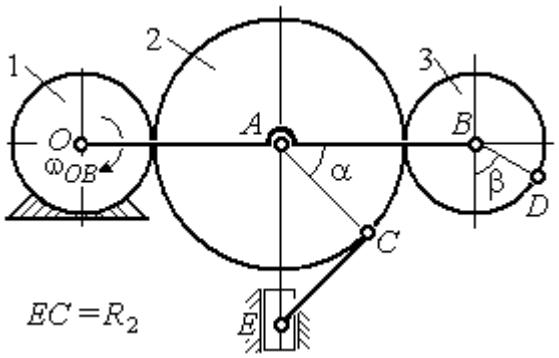
Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	AD, см	α, град	V_2, см/с	V_3, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	OE, см	α, град	β, град	V_C, см/с
1	10	5	20	30	8	10	**2**	3	5	4	30	60	10
11	12	8	25	45	10	4	**12**	4	8	6	45	90	8
21	10	6	15	60	5	5	**22**	5	12	2	60	120	12

Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, $\omega_{BC}, \omega_1, \omega_{DE}$	 Найти: V_A, V_C, V_E, $\omega_1, \omega_2, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OC, см	AB, см	BC, см	α, град	ω_{OC}, рад/с	Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	α, град	β, град	V_3, см/с	V_4, см/с
3	12	18	10	35	60	4	**4**	10	15	30	60	8	4
13	10	15	10	25	90	8	**14**	6	10	45	90	4	6
23	15	20	5	20	120	6	**24**	10	12	60	120	3	3

Рис. 2.6. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

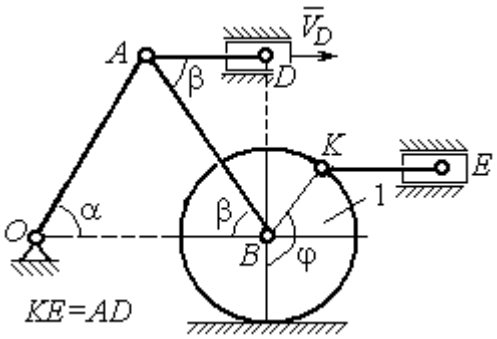
Варианты № 5, 15, 25



Найти: V_A, V_B, V_C, V_D, V_E, ω_2, ω_3, ω_{EC}

Номер варианта задания	R_1, см	R_2, см	R_3, см	α, град	β, град	ω_{OB}, рад/с
5	10	20	12	60	0	6
15	6	18	10	90	90	8
25	20	25	15	120	180	4

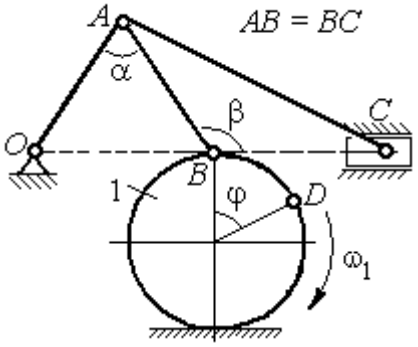
Варианты № 6, 16, 26



Найти: $V_A, V_B, V_K, V_E,$ ω_1, ω_{OA}, ω_{AB}, ω_{AD}, ω_{KE}

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
6	10	20	30	60	60	12
16	12	26	30	30	90	8
26	15	30	60	60	120	15

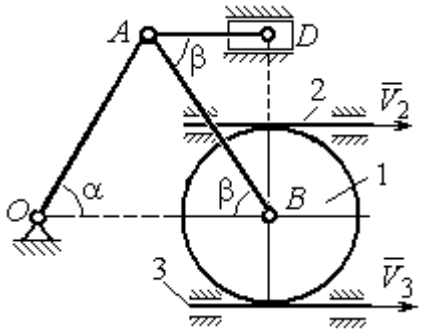
Варианты № 7, 17, 27



Найти: $V_A, V_B, V_C, \omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	AB, см	α, град	β, град	φ, град	V_D, см/с
7	10	20	30	60	60	12
17	12	25	60	120	90	16
27	8	16	30	60	120	10

Варианты № 8, 18, 29

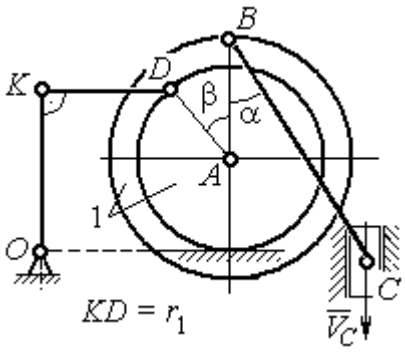
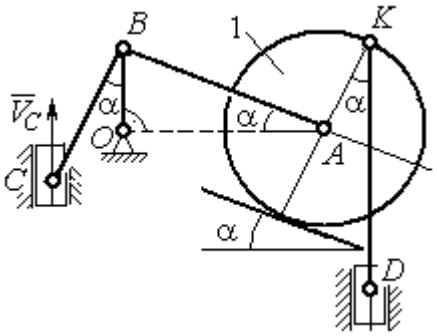


Найти: V_A, V_B, V_D, $\omega_1, \omega_{OA}, \omega_{AB}, \omega_{AD}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	α, град	β, град	V_2, см/с	V_3, см/с
8	10	20	30	60	12	4
18	12	26	30	30	8	2
28	15	30	60	60	6	3

Рис. 2.7. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания К2

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $\omega_{OK}, \omega_{KD}, \omega_{BC}, \omega_1,$ V_A, V_B, V_K, V_D	 Найти: $V_A, V_B, V_D, V_K,$ $\omega_{CB}, \omega_1, \omega_{OB}, \omega_{AB}, \omega_{KD}$

Номер варианта задания	R_1, см	r_1, см	α, град	β, град	BC, см	V_C, см/с	Номер варианта задания	R_1, см	CB, см	OB, см	KD, см	α, град	V_C, см/с
9	20	12	45	60	60	8	**10**	10	20	30	60	30	4
19	24	16	60	90	50	4	**20**	12	26	30	50	45	2
29	16	10	30	120	40	6	**30**	15	30	60	60	60	3

Рис. 2.8. Задание К2. Определение скоростей точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Пример выполнения задания К2. Определение скоростей точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Плоский механизм (рис. 2.9) состоит из стержня OC и подвижных дисков 2 и 3 радиусами r_2, r_3, шарнирно закрепленными на стержне, соответственно, в точках A и C. Стержень OC вращается вокруг неподвижного центра O с угловой скоростью ω_{OC}. Диск 2, увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзывания по неподвижной поверхности диска 1 радиусом r_1. Диск 3, также увлекаемый стержнем OC, катится без проскальзыва-

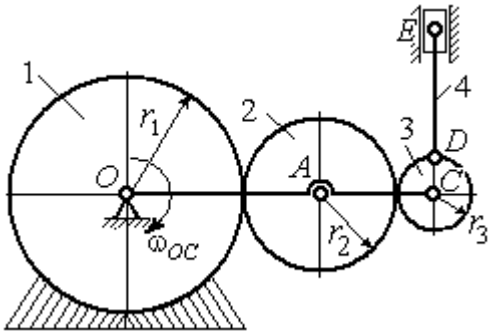


Рис. 2.9. Схема плоского механизма

ния по подвижному диску 2. В точке *D*, расположенной на краю диска 3, шарнирно прикреплен стержень 4, к которому в точке *E* шарнирно прикреплен поршень *E*, способный совершать только вертикальное перемещение. Для заданного положения механизма (см. рис. 2.9), когда стержень *OC* горизонтален, стержень *DE* направлен по линии вертикального диаметра диска 3, найти скорости точек *A*, *C*, *D*, *E*, угловые скорости дисков 2, 3 и стержня 4, если: r_1 = 6 см, r_2 = 4 см, r_3 = 2 см, *DE* = 10 см, ω_{OC} = 1 рад/с.

Решение

Определим скорость точки *A*, общей для стержня *OC* и диска 2: $V_A = \omega_{OC}(r_1 + r_2)$ = 10 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ перпендикулярен стержню *OC* и направлен в сторону его вращения (рис. 2.10).

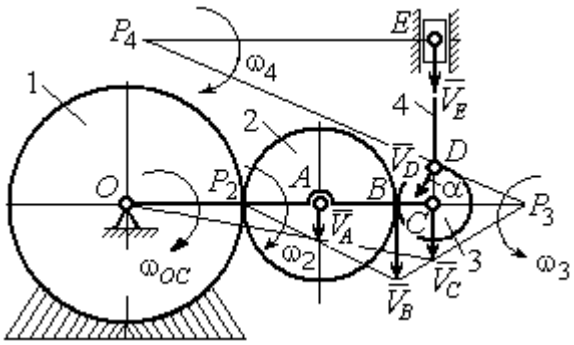


Рис. 2.10. Расчетная схема для определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Диск 2 катится по неподвижной поверхности диска 1. Точка касания диска 2 с неподвижным диском 1 является мгновенным центром скоростей диска 2. На рис. 2.10 центр скоростей диска 2 обозначен точкой P_2. В этом случае скорость точки *A* может быть определена через угловую скорость диска ω_2 следующим образом: $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = 4\omega_2$. Так как V_A = 10 см/с, получим ω_2 = 2,5 рад/с.

Для того чтобы найти угловую скорость диска 3, необходимо определить положение его мгновенного центра скоростей. С этой целью вычислим скорости точек *B* и *C*. Скорость точки *B* может быть найдена через угловую скорость диска 2: $V_B = \omega_2 \cdot BP_2$ = 20 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_B$ перпендикулярен отрезку BP_2 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 2 вокруг своего центра скоростей P_2.

Скорость точки C определяется через угловую скорость стержня OC: $V_C = \omega_{OC}(r_1 + 2r_2 + r_3)$ = 16 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_C$ перпендикулярен стержню OC и направлен в сторону его вращения (см. рис. 2.10).

Построение мгновенного центра скоростей P_3 диска 3 по известным скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ показано на рис. 2.10. Его положение определяется из условия, что отношение скоростей двух точек тела, совершающего плоскопараллельное движение, равно отношению расстояний от этих точек до мгновенного центра скоростей: $\frac{V_B}{V_C} = \frac{r_3 + CP_3}{CP_3}$. Разрешая пропорцию относительно неизвестной величины CP_3, получим: CP_3= 8 см. Скорость точки C выражается через угловую скорость диска 3 $V_C = \omega_3 \cdot CP_3$. Отсюда величина угловой скорости диска 3: $\omega_3 = \frac{V_C}{CP_3}$= 2 рад/с. Направление мгновенного вращения диска 3 вокруг своего центра скоростей определяется известными направлениями скоростей точек C и B, принадлежащих диску 3 (см. рис. 2.10). Скорость точки D $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$ = $=2 \cdot \sqrt{2^2 + 8^2}$ = 16,5 см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ перпендикулярен отрезку DP_3 и направлен в сторону мгновенного вращения диска 3 вокруг центра P_3.

Для определения скорости поршня E воспользуемся теоремой о проекциях скоростей точек плоской фигуры, согласно которой проекции скоростей двух точек плоской фигуры на ось, проходящую через эти точки, равны между собой. Проведем ось через точки D и E. По построению, угол α между вектором $\vec{V}_D$ и осью DE равен углу $\angle DP_3C$ (см. рис. 2.10). Тогда, $\cos\alpha = \frac{CP_3}{DP_3} = \frac{8}{\sqrt{2^2 + 8^2}} = 0{,}97$, откуда $\alpha = 14^\circ$. На основании теоремы о проекциях скоростей точек плоской фигуры имеем равенство: $V_D \cos\alpha = V_E \cos 0$, откуда скорость точки E: V_E=16 см/с.

Мгновенный центр скоростей стержня 4 – точка P_4 – определяется как точка пересечения перпендикуляров к векторам скоростей $\vec{V}_D$ и $\vec{V}_E$, восстановленных, соответственно, из точек D и E (см. рис. 2.10). Угловая скорость стержня 4, совершающего мгновенный поворот вокруг своего центра скоростей, равна: $\omega_4 = \dfrac{V_E}{EP_4}$, где EP_4 – расстояние от точки E до мгновенного центра скоростей звена 4, $EP_4 = DE \cdot \mathrm{ctg}\alpha$ = 40 см. В результате, $\omega_4 = 0{,}4$ рад/с. Направление мгновенного вращения звена 4 вокруг своего центра скоростей определяется направлением скорости точки D.

Задача 2. В плоском стержневом механизме (рис. 2.11) кривошипы OA и ED вращаются вокруг неподвижных центров O и E. В крайней точке D кривошипа ED к нему прикреплён шатун DB, второй конец которого в точке B прикреплён к кривошипу OA. Шатун AC прикреплён в точке A к кривошипу AO, а другим своим концом – к ползуну C, способному совершать только вертикальное движение. Все соединения шарнирные. В заданном положении механизма кривошип OA вертикален, шатун DB расположен горизонтально, кривошип ED наклонен под углом 60° к горизонтали, а шатун AC отклонён на угол 30° от вертикального положения кривошипа AO. Найти скорости всех отмеченных на схеме точек и угловые скорости всех звеньев, если линейные размеры звеньев механизма AC = 6 см, AB = 2 см, BO = 8 см, DB = 10 см и скорость ползуна в данный момент V_C = 4 см/с.

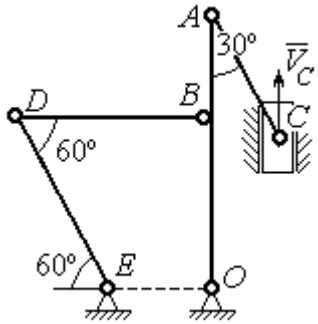


Рис. 2.11. Стержневой механизм

Решение

Кривошипы OA и ED совершают вращательные движения вокруг неподвижных центров. Скорости $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_B$ точек A и B перпендикулярны кривоши-

пу OA, а скорость $\vec{V}_D$ точки D перпендикулярна кривошипу ED. Направления векторов скоростей точек показаны на рис. 2.12.

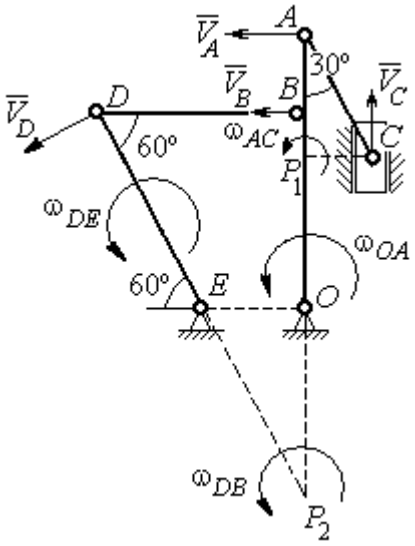


Рис. 2.12. Расчётная схема определения скоростей точек механизма и угловых скоростей его звеньев

Шатун AC совершает плоскопараллельное движение. Его мгновенный центр скоростей P_1 находится как точка пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$. Угловая скорость звена AC равна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{P_1C} = \dfrac{V_C}{AC \cdot \sin 30^\circ} = \dfrac{4}{3}$ рад/с. Далее, полагая, что точка A принадлежит шатуну AC, найдем её скорость:

$$V_A = \omega_{AC} \cdot P_1A = \frac{4}{3} AC \cdot \cos 30^\circ = 4\sqrt{3} \text{ см/с.}$$

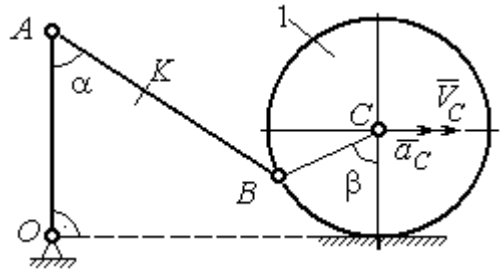
Теперь, исходя из того, что точка A принадлежит как шатуну AC, так и кривошипу OA, найдём его угловую скорость: $\omega_{AO} = \dfrac{V_A}{AO} = 0{,}4\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки B кривошипа $V_B = \omega_{AO} \cdot OB = 3{,}2\sqrt{3}$ см/с.

Шатун DB совершает плоскопараллельное движение. Зная направления скоростей точек B и D, построим мгновенный центр скоростей P_2 звена DB как точку пересечения перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_D$ (см. рис. 2.12). Тогда, угловая скорость шатуна DB $\omega_{DB} = \dfrac{V_B}{P_2B} = \dfrac{3{,}2\sqrt{3}}{DB \cdot \operatorname{tg} 60^\circ} = 0{,}32$ рад/с. Скорость точки D $V_D = \omega_{DB} \cdot P_2D = 0{,}32 \dfrac{DB}{\sin 30^\circ} = 6{,}4$ см/с. Угловая скорость кривошипа DE $\omega_{DE} = \dfrac{V_D}{DE} = \dfrac{6{,}4}{(OB / \sin 60^\circ)} = 0{,}69$ рад/с.

2.6. Задание К3. Определение ускорений точек твёрдого тела при плоскопараллельном движении

Для заданного положения плоского механизма определить ускорения точек звеньев механизма и угловые ускорения звеньев. Варианты заданий и исходные данные приведены на рис. 2.13 – 2.15.

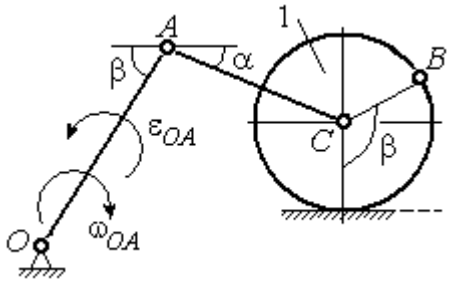
Варианты № 1, 11, 21



Найти: $a_A, a_K, \varepsilon_{AB}$

Номер варианта задания	AB, см	AK, см	α, град	β, град	R_1, см	V_C, см/с	a_C, см/с^2
1	16	10	60	120	10	12	6
11	20	16	30	60	8	10	8
21	18	10	60	180	6	8	4

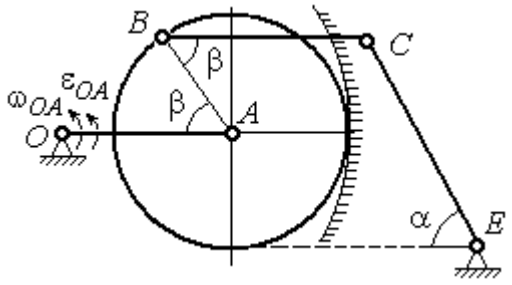
Варианты № 2, 12, 22



Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AC}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	AC, см	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
2	5	10	12	30	60	2	4
12	8	24	20	30	120	1	2
22	6	12	15	60	90	2	3

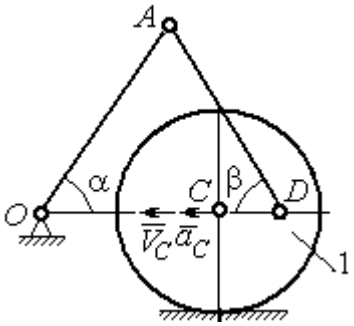
Варианты № 3, 13, 23



Найти: a_C, a_B, ε_{BC}

Номер варианта задания	BC, см	AO, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
3	16	15	60	90	10	2	3
13	18	12	90	60	8	3	2
23	14	12	30	120	10	2	4

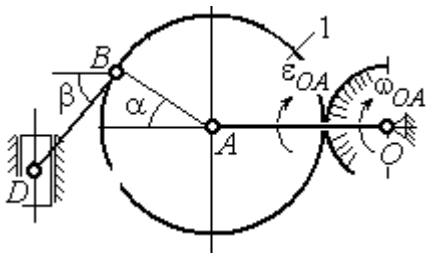
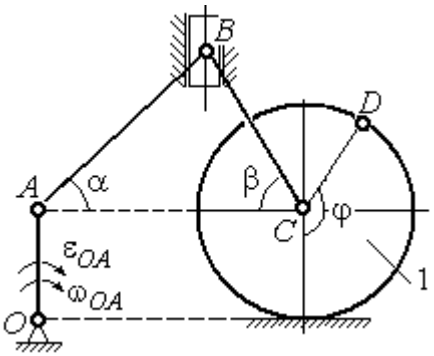
Варианты № 4, 14, 24



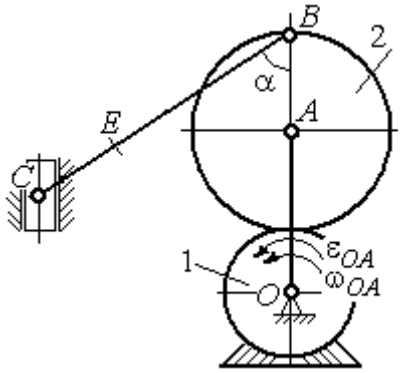
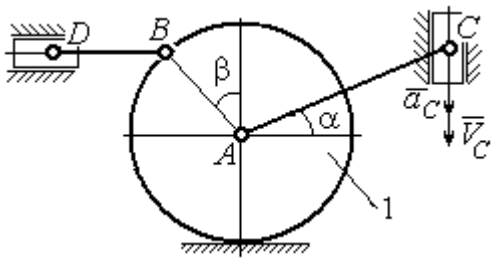
Найти: $a_A, a_D, \varepsilon_{DA}$

Номер варианта задания	R_1, см	OA, см	DC, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
4	10	28	5,78	60	30	10	2
14	8	24	4,62	30	90	8	3
24	6	20	6	45	45	12	2

Рис. 2.13. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
 Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$	 Найти: $a_B, a_D, \varepsilon_{BC}$

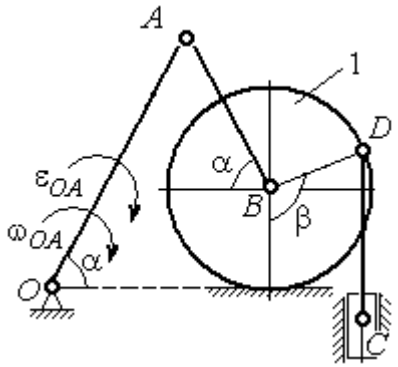
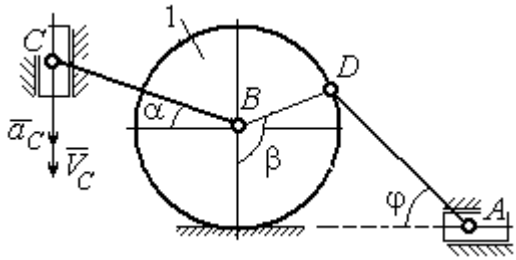
Номер варианта задания	*OA*, см	*BD*, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	*AB*, см	φ, град	α, град	β, град	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2
5	16	10	60	30	10	4	3	**6**	6	18	60	30	30	2	3
15	18	8	90	45	12	2	4	**16**	8	20	90	60	30	2	4
25	14	12	30	60	8	3	2	**26**	5	16	120	30	60	3	4

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
 Найти: $a_E, a_C, \varepsilon_{BC}$	 Найти: $a_D, a_B, \varepsilon_{BD}$

Номер варианта задания	*BC*, см	*BE*, см	α, град	R_1, см	R_2, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	*BD*, см	*AC*, см	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
7	22	10	60	2	10	2	3	**8**	4	5	12	60	60	12	5
17	28	15	30	3	6	3	4	**18**	6	10	16	45	90	10	8
27	20	8	45	4	8	2	2	**28**	8	8	16	30	120	8	6

Рис. 2.14. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 5 – 8, 15 – 18, 25 – 28

Окончание вариантов задания К3

Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
 Найти: $a_C, a_B, \varepsilon_{AB}$	 Найти: $a_A, a_B, \varepsilon_{CB}$

Номер варианта задания	OA, см	DC, см	α, град	β, град	R_1, см	ω_{OA}, рад/с	ε_{OA}, рад/с^2	Номер варианта задания	R_1, см	BC, см	φ, град	α, град	β, град	V_C, см/с	a_C, см/с^2
9	18	10	30	120	4	2	3	**10**	6	14	60	30	120	15	3
19	20	12	60	60	6	3	4	**20**	5	18	45	60	90	10	5
29	18	8	60	90	4	2	3	**30**	4	16	30	45	60	12	4

Рис. 2.15. Задание К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении. Номера вариантов задания 9 – 10, 19 – 20, 29 – 30

Примеры решения задания К3. Определение ускорений точек тела при плоскопараллельном движении

Задача 1. Ступенчатый барабан 1 с радиусами ступенек R = 0,5 м и r = 0,3 м катится окружностью малой ступеньки по горизонтальной поверхности без скольжения (рис. 2.16). Барабан приводится в движение шатуном AC, один конец которого соединён с центром барабана в точке A, а другой – с ползуном C, перемещающимся вертикально. В положении механизма, когда шатун AC отклонён от вертикали на угол 60°, найти ускорение точки B барабана, лежащей на его горизонтальном диаметре, если заданы скорость и ускорение ползуна C: V_C = 9м/с, a_C = 4 м/с^2.

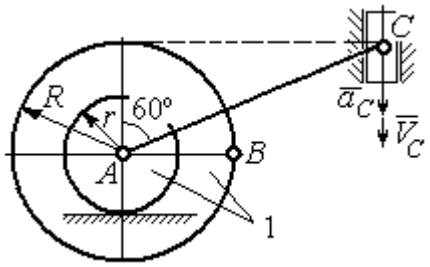


Рис. 2.16. Схема движения плоского механизма

Решение

Найдём угловые скорости ω_{AC}, ω_1 шатуна AC и барабана 1. Шатун совершает плоское движение. Его мгновенный центр скоростей P_2 находится на пересечении перпендикуляров к скоростям $\vec{V}_A$ и $\vec{V}_C$ (рис. 2.17). По условию, скорость точки C направлена вертикально вниз. Точка A принадлежит как шатуну AC, так и барабану 1. При качении барабана по горизонтальной поверхности скорость его центра – точки A параллельна поверхности качения барабана.

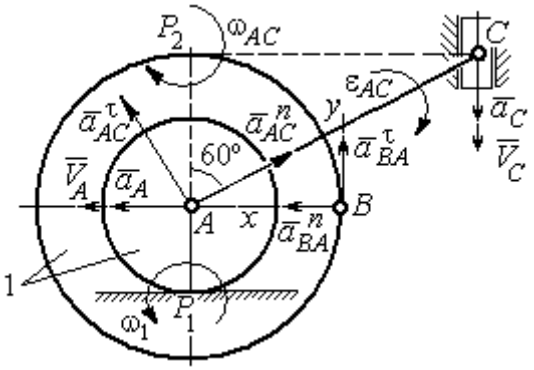


Рис. 2.17. Расчётная схема определения скоростей и ускорений точек механизма

Угловая скорость шатуна $\omega_{AC} = \dfrac{V_C}{CP_2} = \dfrac{9}{R\text{tg}60^\circ} = 6\sqrt{3}$ рад/с. Скорость точки A шатуна $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2 = 3\sqrt{3}$ м/с. Угловая скорость барабана 1 $\omega_1 = \dfrac{V_A}{AP_1} = 10\sqrt{3}$ рад/с.

При расчёте угловой скорости барабана учтено, что качение барабана по неподвижной поверхности представляет собой плоское движение, при котором мгновенный центр скоростей находится в точке касания с поверхностью (в точке P_1 на рис. 2.17).

Выразим ускорение $\vec{a}_A$ точки A через полюс C на основании векторного равенства: $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,\tau}_{AC} + \vec{a}^{\,n}_{AC}$, где $\vec{a}_C$ – ускорение точки C, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,\tau}_{AC}$, $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки A при вращении шатуна AC вокруг полюса C. Вектор нормального ускорения $\vec{a}^{\,n}_{AC}$ направлен вдоль шатуна AC от точки A к полюсу C и равен по величине $a^n_{AC} = \omega^2_{AC} \cdot AC = (6\sqrt{3})^2 \cdot 2R = 108$ м/с^2. Вектор касательного ускорения

$\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$, модуль которого вычисляется по формуле $a_{AC}^{\tau} = \varepsilon_{AC} \cdot AC$, направлен перпендикулярно отрезку AC.

На данном этапе величина вектора касательного ускорения не может быть вычислена, поскольку угловое ускорение шатуна AC ε_{AC} неизвестно. На рис. 2.17 направление вектора касательного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ выбрано из предположения, что вращение шатуна ускоренное и направление углового ускорения совпадает с направлением его угловой скорости.

Направление вектора $\vec{a}_A$ ускорения точки A определяется из того, что центр барабана движется по прямой, параллельной горизонтальной поверхности качения. На рис. 2.17 направление вектора ускорения $\vec{a}_A$ выбрано из предположения, что качение барабана ускоренное.

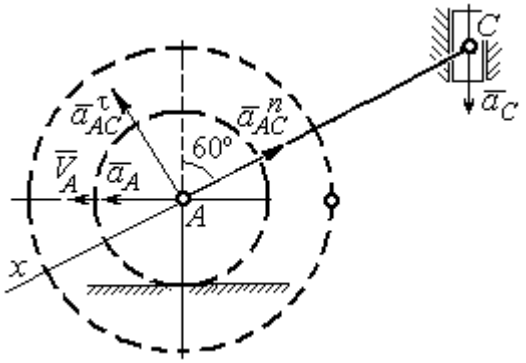


Рис. 2.18. Схема для определения ускорения центра барабана

Выберем ось x вдоль линии AC (рис. 2.18) и спроектируем векторное равенство $\vec{a}_A = \vec{a}_C + \vec{a}_{AC}^{\,\tau} + \vec{a}_{AC}^{\,n}$ на эту ось. При таком выборе оси проекция неизвестного ускорения $\vec{a}_{AC}^{\,\tau}$ обращается в нуль. Получим $a_A \cos 30^\circ = a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}$. Отсюда найдём ускорение центра барабана $a_A = \dfrac{1}{\cos 30^\circ}\left(a_C \cos 60^\circ - a_{AC}^{n}\right) = -\,122{,}4$ м/с^2. Отрицательное значение ускорения точки A означает, что на рис. 2.17, 2.18 вектор ускорения $\vec{a}_A$ должен иметь противоположное направление. Таким образом, вектор ускорения $\vec{a}_A$ направлен в сторону, противоположную вектору скорости $\vec{V}_A$, и движение барабана замедленное.

Для того чтобы найти ускорение точки B, выразим его через полюс A на основании векторного равенства $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение

точки A, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$, $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ – касательная и нормальная составляющие ускорения точки B при вращении барабана вокруг полюса A.

Модуль вектора нормального ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,n}$ равен по величине $a_{BA}^{n} = \omega_1^2 \cdot BA = (10\sqrt{3})^2 \cdot R = 150$ м/с^2. Вектор направлен вдоль радиуса барабана от точки B к полюсу A (см. рис. 2.17).

Модуль вектора касательного ускорения $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ вычисляется по формуле $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA$, где ε_1 – угловое ускорение барабана. Значение углового ускорения катящегося барабана (в отличие от углового ускорения ε_{AC} шатуна AC) может быть найдено. Расчёт основан на том, что при движении барабана расстояние AP_1 от точки A до центра скоростей барабана P_1 остаётся постоянным, равным r. Тогда выражение $V_A = \omega_1 \cdot AP_1 = \omega_1 \cdot r$ для расчёта скорости точки A можно продифференцировать. Получим $\dfrac{dV_A}{dt} = \dfrac{d\omega_1}{dt} \cdot r$. Так как точка A движется по прямой, производная от скорости точки равна её полному ускорению, а производная от угловой скорости барабана равна его угловому ускорению. Тогда имеем: $a_A = \varepsilon_1 \cdot r$, откуда находим угловое ускорение $\varepsilon_1 = \dfrac{a_A}{r} = 40{,}8$ рад/с^2, а затем и модуль вектора касательного ускорения $a_{BA}^{\tau} = \varepsilon_1 \cdot BA = 20{,}4$ м/с^2.

Заметим, что для вычисления углового ускорения ε_{AC} шатуна AC подобные рассуждения неприменимы. Формулу $V_A = \omega_{AC} \cdot AP_2$ невозможно продифференцировать, так как при движении механизма расстояние AP_2 от точки A до центра скоростей P_2 шатуна AC является неизвестной функцией времени.

Выберем систему координат xBy как показано на рис. 2.17, и спроецируем на эти оси векторное равенство $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^{\,\tau} + \vec{a}_{BA}^{\,n}$. Полагая, что движение барабана ускоренное (т. е. вектора ускорений $\vec{a}_A$ и $\vec{a}_{BA}^{\,\tau}$ направлены, как показано на рис. 2.17), получим значения составляющих ускорения точки B:

$a_{Bx} = a_A + a_{BA}^n$, $a_{By} = a_{BA}^\tau$. Подставляя значения ускорений, найдём $a_{By} = 20{,}4$ м/с^2, $a_{Bx} = -122{,}4 + 150 = 27{,}6$ м/с^2. Вектор полного ускорения точки B направлен по диагонали прямоугольника, построенного на векторах $\vec{a}_{Bx}$, $\vec{a}_{By}$. Величина ускорения точки B: $a_B = \sqrt{a_{Bx}^2 + a_{By}^2} = 34{,}32$ м/с^2.

Задача 2. В плоском механизме (рис. 2.19) кривошип OA вращается вокруг оси O с угловой скоростью ω_{OA} и угловым ускорением ε_{OA}. Диск 2, шарнирно присоединённый к кривошипу в точке A, катится без проскальзывания по неподвижному диску 1. Радиусы дисков R_1 и R_2. На краю диска 2 в точке B шарнирно прикреплен стержень BC, соединенный с центром C диска 3. Радиус диска 3 равен радиусу диска 2: $R_3 = R_2$. Диск 3 катится без скольжения по горизонтальной поверхности, по прямой. Для положения механизма, изображенного на рис. 2.19, определить ускорение точки D и угловое ускорение стержня BC, если $\omega_{OA} = 4$ рад/с, $\varepsilon_{OA} = 2$ рад/с^2, $R_1 = 4$ см, $R_2 = 8$ см. Длина стержня $BC = 20$ см.

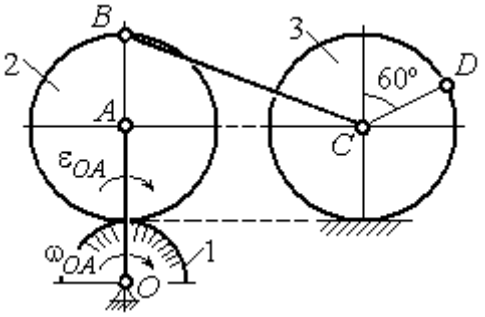


Рис. 2.19. Схема движения плоского механизма

Решение

Определение угловых скоростей звеньев механизма.

Рассмотрим вращательное движение кривошипа OA. Скорость точки A: $V_A = \omega_{OA} \cdot OA = 48$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_A$ направлен перпендикулярно кривошипу OA в сторону движения кривошипа (рис. 2.20).

При движении диска 2 точка P_2 соприкосновения второго диска с неподвижным первым является мгновенным центром скоростей диска 2. Угловая скорость диска 2: $\omega_2 = \dfrac{V_A}{AP_2} = \dfrac{48}{8} = 6$ рад/с.

Скорость точки B диска 2: $V_B = \omega_2 BP_2 = 6 \cdot 16 = 96$ см/с.

Для определения угловой скорости стержня BC заметим, что скорости двух точек стержня $\vec{V}_B$ и $\vec{V}_C$ параллельны, но точки B и C не лежат на общем перпендикуляре к скоростям. В этом случае мгновенный центр скоростей стержня BC отсутствует (бесконечно удалён), угловая скорость стержня равна нулю: $\omega_{BC} = 0$, а стержень совершает мгновенное поступательное движение. В результате имеем: $V_C = V_B = 96$ см/с.

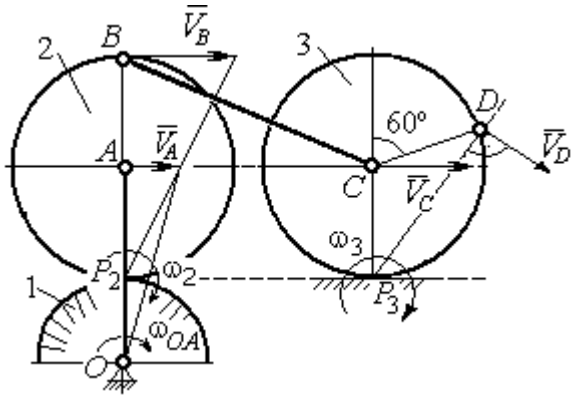


Рис. 2.20. Расчетная схема для определения угловых скоростей звеньев механизма

При качении диска 3 по неподвижной поверхности без проскальзывания точка P_3 касания его с поверхностью является мгновенным центром скоростей. Тогда угловая скорость диска 3: $\omega_3 = \dfrac{V_C}{CP_3} = 12$ рад/с. Скорость точки D диска 3: $V_D = \omega_3 \cdot DP_3$. Величину DP_3 находим из треугольника P_3DC. В результате $DP_3 = 2R_3\cos 30^\circ = 13{,}8$ см и $V_D = 165{,}6$ см/с. Вектор скорости $\vec{V}_D$ направлен в сторону движения диска 3 перпендикулярно линии DP_3 и (см. рис. 2.20).

Определение ускорений точек механизма.

Представим ускорение $\vec{a}_C$ точки C векторной суммой $\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}^{\,n}_{CB} + \vec{a}^{\,\tau}_{CB}$, где $\vec{a}_B$ – ускорение точки B, выбранной в качестве полюса; $\vec{a}^{\,n}_{CB}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{CB}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки C при вращении стержня BC вокруг полюса B, $a^n_{CB} = \omega^2_{CB} \cdot CB$, $a^{\tau}_{CB} = \varepsilon_{CB} \cdot CB$.

Нормальная составляющая ускорения точки C $a^n_{CB} = 0$, так как стержень CB совершает мгновенное поступательное движение и $\omega_{BC} = 0$.

Направление касательной составляющей $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ неизвестно, так как неизвестно направление углового ускорения стержня ε_{CB}. Для определённости выберем направление углового ускорения стержня BC в сторону против хода часовой стрелки. На рис. 2.21 это направление показано дуговой стрелкой ε_{CB}.

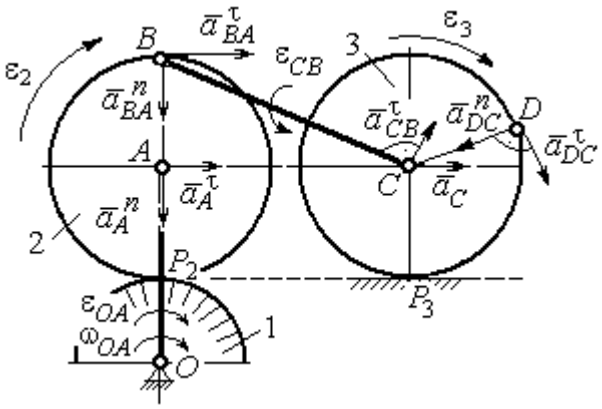


Рис. 2.21. Расчетная схема для определения ускорений точек механизма и угловых ускорений его звеньев

В соответствии с выбранным направлением углового ускорения вектор $\vec{a}^{\tau}_{CB}$ строится перпендикулярно линии стержня BC в сторону углового ускорения ε_{CB} (см. рис. 2.21).

Выразим ускорение точки B через полюс A: $\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}^{n}_{BA} + \vec{a}^{\tau}_{BA}$, где $\vec{a}_A$ – ускорение полюса A; $\vec{a}^{n}_{BA}$, $\vec{a}^{\tau}_{BA}$ – нормальная и касательная составляющие ускорения точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A. Величина нормальной составляющей ускорения точки B $a^{n}_{BA} = \omega_2^2 \cdot BA = 288$ см/с^2. Вектор $\vec{a}^{n}_{BA}$ направлен вдоль радиуса BA от точки B к полюсу A (см. рис. 2.21). Касательное ускорение точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A вычисляется по формуле $a^{\tau}_{BA} = \varepsilon_2 \cdot BA$. Для определения углового ускорения ε_2 диска 2 заметим, что во время движения диска 2 расстояние AP_2 остается постоянным, равным R_2. Дифференцируя равенство $V_A = \omega_2 \cdot AP_2 = \omega_2 R_2$, получим: $\frac{dV_A}{dt} = \frac{d\omega_2}{dt} R_2$, или $a^{\tau}_A = \varepsilon_2 R_2$, откуда $\varepsilon_2 = \frac{a^{\tau}_A}{R_2}$.

Для того чтобы найти величину a^{τ}_A, рассмотрим вращательное движение кривошипа OA вокруг неподвижной оси O. Ускорение точки A представляется в виде векторного равенства $\vec{a}_A = \vec{a}^{n}_A + \vec{a}^{\tau}_A$, где $\vec{a}^{n}_A$ и $\vec{a}^{\tau}_A$ – известные

нормальная и касательная составляющие ускорения точки A кривошипа OA: $a_A^n = \omega_{OA}^2 \cdot OA = 192$ см/с^2, $a_A^\tau = \varepsilon_{OA} \cdot OA = 24$ см/с^2. Направления векторов нормального ускорения $\vec{a}_A^n$ и касательного ускорения $\vec{a}_A^\tau$ показаны на рис. 2.21.

Теперь найдём величину углового ускорения диска 2 и модуль касательного ускорения a_{BA}^τ точки B при вращении диска 2 вокруг полюса A: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_A^\tau}{R_2} =$ $= 3$ рад/с^2, $a_{BA}^\tau = \varepsilon_2 \cdot BA = 24$ см/с^2.

Для определения ускорения точки C имеем векторное равенство $\vec{a}_C = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau + \vec{a}_{CB}^\tau$. Выберем оси Cx, Cy, как показано на рис. 2.22, – вдоль отрезка BC и перпендикулярно ему и спроецируем на них имеющееся векторное равенство. Получим:

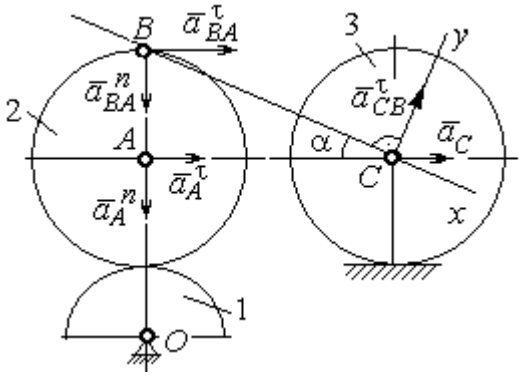


Рис. 2.22. Расчетная схема для вычисления ускорения точки С

$$a_C \cos\alpha = a_A^n \sin\alpha + a_A^\tau \cos\alpha + a_{BA}^n \sin\alpha + a_{BA}^\tau \cos\alpha;$$

$$a_C \sin\alpha = a_A^n \cos\alpha + a_A^\tau \sin\alpha + a_{BA}^n \cos\alpha + a_{BA}^\tau \sin\alpha + a_{CB}^\tau,$$

где α – угол между стержнем BC и линией центров AC; $\sin\alpha = \dfrac{AB}{BC} = 0{,}4$; $\cos\alpha = 0{,}92$. Решая систему, найдём: $a_C = 256{,}7$ см/с^2, $a_{CB}^\tau = -358{,}12$ см/с^2.

Модуль углового ускорения стержня BC: $\varepsilon_{CB} = \dfrac{\left|a_{CB}^\tau\right|}{BC} = 17{,}9$ рад/с^2.

Знак «минус» величины a_{CB}^τ означает, что вектор касательного ускорения $\vec{a}_{CB}^\tau$ на рис. 2.21 – 2.22 следует направить в противоположную сторону. Направление углового ускорения стержня BC, показанное на рис. 2.21 дуговой стрелкой ε_{CB}, также следует заменить на противоположное.

Выразим ускорение точки D через полюс C: $\vec{a}_D = \vec{a}_C + \vec{a}^{\,n}_{DC} + \vec{a}^{\,\tau}_{DC}$, где $\vec{a}_C$ – известное ускорение точки C; $\vec{a}^{\,n}_{DC}$, $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ – нормальное и касательное составляющие ускорения точки D при вращении диска 3 вокруг полюса C. Величина нормального ускорения точки D: $a^n_{DC} = \omega_3^2 \cdot DC = 1152$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}^{\,n}_{DC}$ направлен по радиусу от точки D к полюсу C (рис. 2.23).

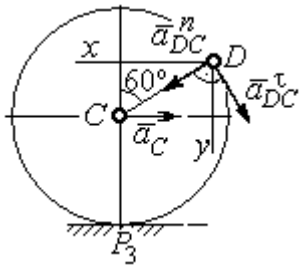


Рис.2.23. Расчетная схема для определения ускорения точки D

Для расчёта касательной составляющей a^{τ}_{DC} ускорения точки D найдём угловое ускорение диска 3. Продифференцируем по времени равенство $V_C = \omega_3 \cdot CP_3 = \omega_3 R_3$. Получим: $\frac{dV_C}{dt} = \frac{d\omega_3}{dt} R_3$, или $a_C = \varepsilon_3 R_3$. Угловое ускорение диска 3: $\varepsilon_3 = \frac{a_C}{R_3} = 32{,}09$ рад/с^2. Тогда величина касательной составляющей ускорения точки D: $a^{\tau}_{DC} = \varepsilon_3 \cdot DC = 256{,}7$ см/с^2. Направление вектора $\vec{a}^{\,\tau}_{DC}$ соответствует ускоренному движению диска 3.

Проведём оси Dx и Dy, как показано на рис. 2.23, и спроецируем векторное равенство ускорения точки D на оси:

$$a_{Dx} = -a_C + a^n_{DC}\cos 30^\circ - a^{\tau}_{DC}\cos 60^\circ, \quad a_{Dy} = a^n_{DC}\cos 60^\circ + a^{\tau}_{DC}\cos 30^\circ.$$

Решая систему, находим значения проекций модуля ускорения $a_{Dx} = 612{,}5$ см/с^2, $a_{Dy} = 798{,}3$ см/с^2. Величина ускорения точки D:

$$a_D = \sqrt{a^2_{Dx} + a^2_{Dy}} = 1006{,}2 \text{ см/с}^2.$$

3. СЛОЖНОЕ ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ

3.1. Основные понятия сложного движения точки

В неподвижной системе координат рассматривается подвижное твердое тело и точка, перемещающаяся относительно тела.

Траектория точки в её движении относительно тела называется **относительной траекторией.** Скорость точки в этом движении называют **относительной скоростью**, ускорение – **относительным ускорением**.

Траектория точки, перемещающейся вместе с телом, называется переносной траекторией точки, скорость точки при таком её движении – **переносной скоростью**, а ускорение – **переносным ускорением**.

Суммарное движение точки вместе с телом и относительно тела называется **сложным движением**. Траектория точки относительно неподвижной системы координат называется **абсолютной траекторией точки**, скорость и ускорение – **абсолютной скоростью и абсолютным ускорением.**

При вычислении абсолютной скорости используется теорема о сложении скоростей: **при сложном движении абсолютная скорость точки равна геометрической сумме относительной и переносной скоростей:** $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$, где $\vec{V}$, $\vec{V}_e$, $\vec{V}_r$ – вектора абсолютной, переносной и относительной скоростей точки.

В случае, когда относительное движение точки задается естественным способом в виде закона изменения пути $S = S(t)$, величина относительной скорости точки равна модулю производной: $V_r = \left|\dot{S}_r\right|$. Если переносное движение точки есть вращение тела вокруг неподвижной оси, скорость точки в переносном движении будет: $V_e = \omega_e h_e$, где ω_e – величина угловой скорости вращения тела; h_e – кратчайшее расстояние от места положения точки на теле до оси вращения тела.

При вычислении абсолютного ускорения используется теорема Кориолиса о сложении ускорений: **при сложном движении абсолютное ускорение точки равно геометрической сумме трех ускорений – относительного, переносного и ускорения Кориолиса** $\vec{a} = \vec{a}_e + \vec{a}_r + \vec{a}_к$, где $\vec{a}$ – вектор абсолютного ускорения точки; $\vec{a}_e, \vec{a}_r$ – вектора соответственно переносного и относительного ускорений точки; $\vec{a}_к$ – вектор ускорения Кориолиса. (Иногда его называют поворотным ускорением.)

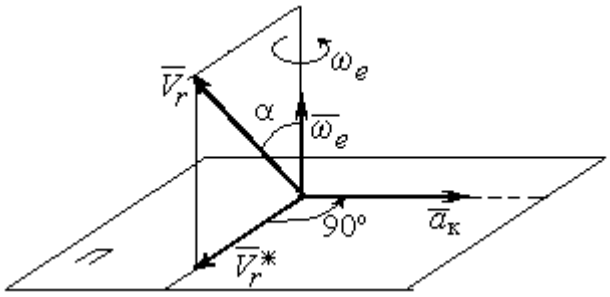


Рис. 3.1. Определение направления ускорения Кориолиса по правилу Жуковского

Вектор ускорения Кориолиса определяется векторным произведением $\vec{a}_к = 2(\vec{\omega}_e \times \vec{V}_r)$, где $\vec{\omega}_e$ – вектор угловой скорости переносного движения; $\vec{V}_r$ – вектор относительной скорости точки. Модуль ускорения Кориолиса: $|\vec{a}_к| = 2|\vec{\omega}_e| \cdot |\vec{V}_r| \sin\alpha$, где α – угол между вектором угловой скорости переносного движения и вектором относительной скорости точки (см. рис. 3.1). Направление вектора ускорения Кориолиса может быть получено по правилу построения вектора векторного произведения.

На рис. 3.1 показана последовательность выбора направления вектора ускорения Кориолиса по правилу Н. Е. Жуковского. Правило состоит в следующем: пусть имеется точка, движущаяся с относительной скоростью $\vec{V}_r$. Построим плоскость П, перпендикулярную вектору переносной угловой скорости $\vec{\omega}_e$, и спроецируем вектор $\vec{V}_r$ на эту плоскость. Проекцию обозначим $\vec{V}_r^*$ (см. рис. 3.1). Чтобы получить направление ускорения Кориолиса, следует вектор проекции относительной скорости $\vec{V}_r^*$ повернуть на 90° в плоскости П вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Если сложное движение точки происходит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, направление ускорения Кориолиса можно получить простым поворотом вектора относительной скорости на угол 90° вокруг оси переносного вращения в направлении этого вращения.

Относительное ускорение $\vec{a}_r$ представляется как сумма векторов относительного касательного $\vec{a}_r^{\tau}$ и относительного нормального $\vec{a}_r^{n}$ ускорений: $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n}$. Переносное ускорение точки $\vec{a}_e$ тела имеет своими составляющими переносное касательное $\vec{a}_e^{\tau}$ и переносное нормальное $\vec{a}_e^{n}$ ускорения так, что $\vec{a}_e = \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n}$.

Таким образом, абсолютное ускорение точки в сложном движении можно представить в виде векторного равенства

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\tau} + \vec{a}_r^{n} + \vec{a}_e^{\tau} + \vec{a}_e^{n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Модули относительного касательного и относительного нормального ускорений при естественном способе задания относительного движения точки равны: $a_r^{\tau} = \left|\dot{V}_r\right|$, $a_r^{n} = \dfrac{V_r^2}{\rho}$, где ρ – радиус кривизны относительной траектории. При движении точки по окружности радиус кривизны равен радиусу окружности, при движении по прямой – бесконечности, и в этом случае $a_r^{n} = 0$.

При вращательном переносном движении точки значения переносного касательного и нормального ускорений вычисляются по формулам: $a_e^{\tau} = \varepsilon_e h_e$, $a_e^{n} = \omega_e^2 h_e$, где ε_e – угловое ускорение вращательного переносного движения, $\varepsilon_e = \left|\dot{\omega}_e\right|$; h_e – расстояние от точки до оси вращения тела; ω_e – величина угловой скорости вращения тела.

Вектора ускорений строятся по общим правилам построения векторов нормального и касательного ускорений.

При поступательном переносном движении ускорение Кориолиса и переносное нормальное ускорение равны нулю: $a_{\text{к}} = 0,\ a_e^n = 0$. Абсолютное ускорение точки при поступательном переносном движении можно представить в виде векторного равенства $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau}$.

3.2. Задание К4. Определение скорости и ускорения точки при сложном движении

Задание включает две задачи с вращательным и поступательным видами переносного движения точки.

Задача 1. Вращение тела относительно неподвижной оси задается законом изменения угла поворота: $\varphi_e = \varphi_e(t)$ или законом изменения его угловой скорости: $\omega_e = \omega_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = S_r = S_r(t)$.

Определить абсолютные скорость и ускорение точки в заданный момент времени t_1.

Задача 2. Поступательное движение тела, несущего точку, задается законом изменения координаты $x_e = x_e(t)$. Движение точки относительно тела отсчитывается от её начального положения в точке C и задается законом изменения длины дуги окружности или отрезка прямой линии: $CM = y_r = y_r(t)$.

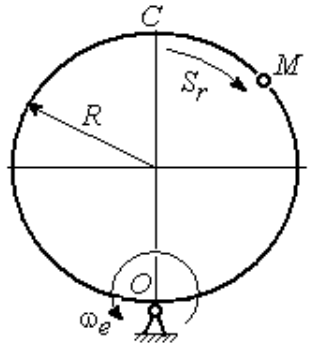
Определить абсолютные скорость и ускорение точки в момент времени t_2, который либо задаётся в исходных данных задачи, либо на схемеописаны условия, из которых он находится.

Номера вариантов заданий даны на рис. 3.2 – 3.5.

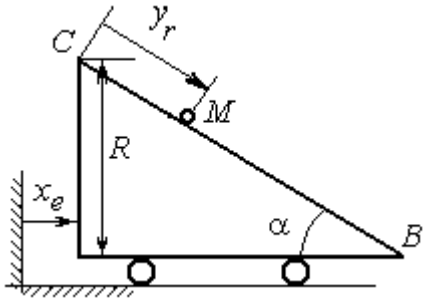
Варианты исходных данных приведены в табл. 3.1.

Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



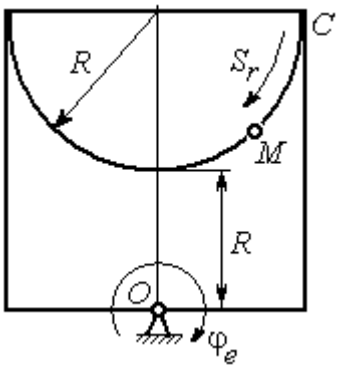
Задача 2



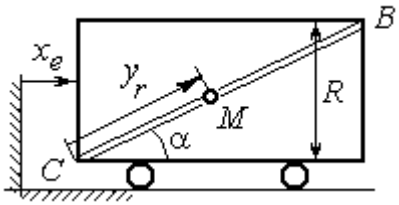
В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути CB

Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



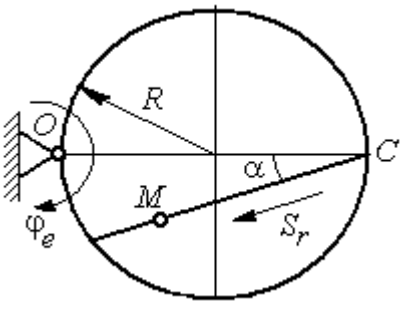
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла 2/3 пути CB

Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



Задача 2

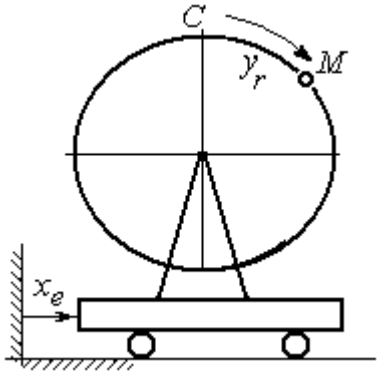
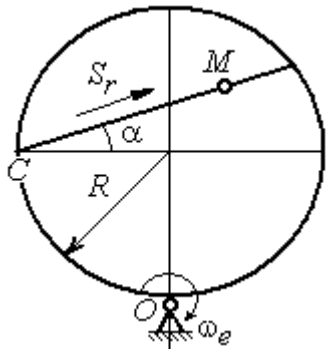


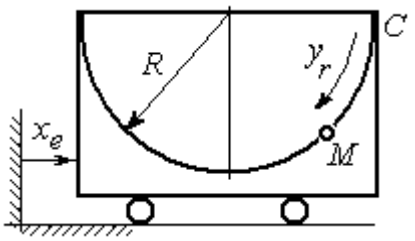
Рис. 3.2. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

Варианты № 4, 14, 24

Задача 1

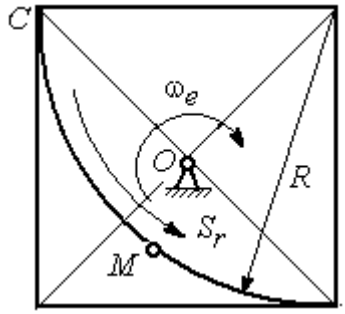


Задача 2

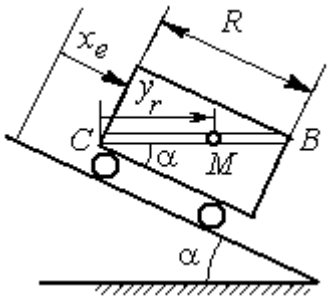


Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



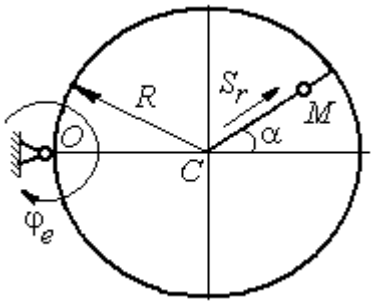
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла путь CB

Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Задача 2

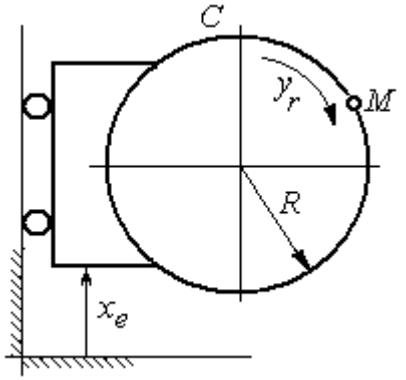
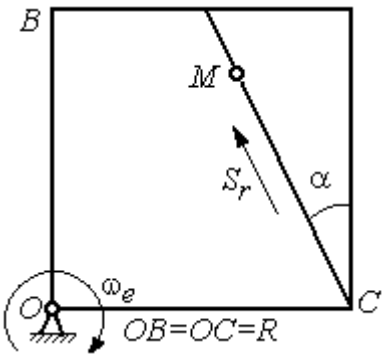


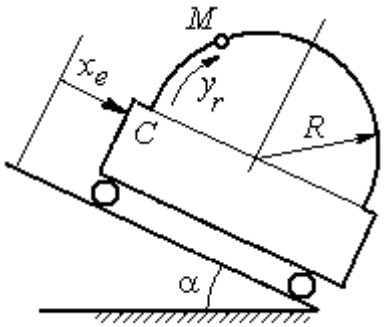
Рис. 3.3. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

Варианты № 7, 17, 27

Задача 1

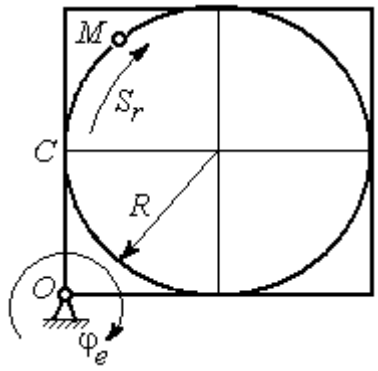


Задача 2

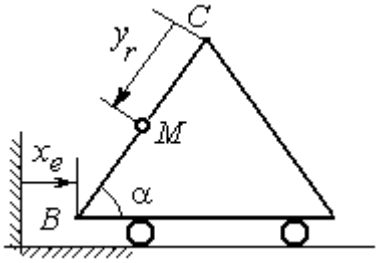


Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



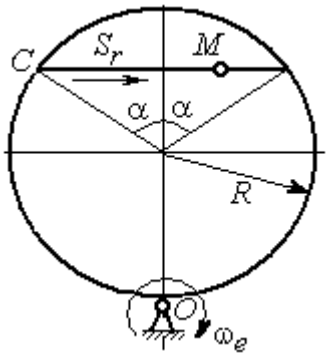
Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Задача 2

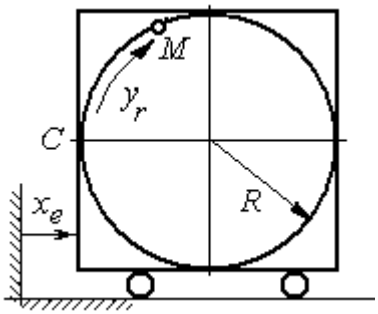
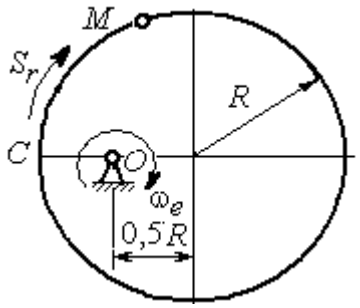


Рис. 3.4. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

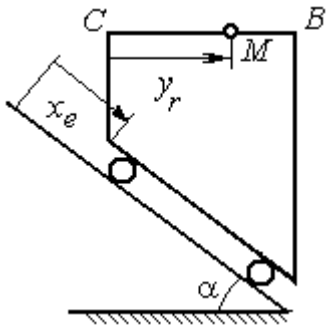
Окончание вариантов задания К4

Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



Задача 2



В момент $t = t_2$ точка M прошла половину пути $CB = R$

Рис. 3.5. Задание К4. Сложное движение точки.
Номера вариантов задания 10, 20, 30

Таблица 3.1

Исходные данные для заданий по сложному движению точки

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
1	1	3	–	$S_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 4t^2$	1
	2	4	30	$y_r = 4t^2$	$x_e = 2\cos(\pi t/6)$	–
2	1	2	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	3	60	$y_r = t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
3	1	4	30	$S_r = 2\sqrt{3}[t + \sin(\pi t/2)]$	$\varphi_e = 4t - t^2$	1
	2	6	–	$y_r = \pi[2t + \sin\pi t]$	$x_e = 5t - t^2$	1
4	1	4	60	$S_r = 2(t^3 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	–	$y_r = \pi[2t + \cos(\pi t/2)]$	$x_e = t^3 - 4t$	1
5	1	6	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/6)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/3)$	1
	2	2	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = t^2 - 4t$	–
6	1	6	60	$S_r = t + 10\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t^2 - 5t$	1
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = [1 - \cos(\pi t/4)]$	1
7	1	8	30	$S_r = 2(t^3 + 3t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	4	30	$y_r = 2\pi t^2$	$x_e = t^3 - 5t$	1

Продолжение табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
8	1	8	–	$S_r = 2\pi\left[t^2 + \sin\pi t\right]$	$\varphi_e = t^2 - 5t$	2
	2	6	30	$y_r = t(t+1)$	$x_e = \cos\pi t$	–
9	1	8	30	$S_r = 2t^2$	$\omega_e = \cos(\pi t/8)$	2
	2	3	–	$y_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$x_e = (3-2t)^2$	1
10	1	6	–	$S_r = \pi(2t^3 + \sin\pi t)$	$\omega_e = 5t - 2t^3$	1
	2	4	30	$y_r = t^2 + 2t$	$x_e = 1 + \cos\pi t$	–
11	1	6	–	$S_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	60	$y_r = 4\sin\pi t$	$x_e = t^2 - 2t$	–
12	1	18	–	$S_r = \pi(2t^2 + 2t)$	$\varphi_e(t) = 3t - t^2$	2
	2	6	30	$y_r = 2t^2 + t$	$x_e = 1 + \cos(\pi t)$	–
13	1	10	60	$S_r = t^3 + t$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = t(t+1)$	1
14	1	4	30	$S_r = 8\sqrt{3}\sin(\pi t/12)$	$\omega_e = (3-2t)^2$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sin(\pi t/6)$	$x_e = 2t^2 - 5t$	1
15	1	8	–	$S_r = 4\pi\sin^2(\pi t/4)$	$\omega_e = 2 + \cos(\pi t/4)$	1
	2	5	60	$y_r = 5t + t^2$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	–
16	1	12	90	$S_r = 3\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\varphi_e = 2t - 3t^2$	1
	2	15	–	$y_r = \pi(4t + t^2)$	$x_e = 6\sin(\pi t/3)$	1
17	1	6	45	$S_r = 3\sqrt{2}\left[t^2 + 2\sin\pi t\right]$	$\omega_e(t) = 4t^2 - 6$	1
	2	6	60	$y_r = 8\pi\sin(\pi t/12)$	$x_e = \sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	2
18	1	8	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = 18t - 4t^2$	2
	2	8	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \sin\pi t$	–
19	1	8	60	$S_r = 2\sqrt{3}\left[t + \sin(\pi t/2)\right]$	$\omega_e = 5t - t^2$	1
	2	9	–	$y_r = 6\pi\cos(\pi t/3)$	$x_e = \cos(\pi t/6)$	1
20	1	4	–	$S_r = 4\pi\sin(\pi t/6)$	$\omega_e = 3t - 5$	1
	2	6	60	$y_r = 3t + 2t^2$	$x_e = \pi\sin\pi t$	–
21	1	3	–	$S_r = 4\pi\sqrt{2}\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = 6t - 14$	2
	2	8	45	$y_r = (t^2 + 3t)$	$x_e = t + 2\sin\pi t$	–

Окончание табл. 3.1

Номер варианта задания	Номер задачи	R, см	α, град	$C\breve{M} = S_r(t)$, см $C\breve{M} = y_r(t)$, см	$\varphi_e(t)$, рад; $\omega_e(t)$, рад/с $x_e(t)$, см	t_1, с t_2, с
22	1	4	–	$S_r = 2\pi(t^2 + 2t)$	$\varphi_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	9	60	$y_r = 8\sin\pi t$	$x_e = 5t - t^2$	–
23	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\varphi_e = t^2 + \cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = 6\pi[t + \sin(\pi t/6)]$	$x_e = 5t - t^2$	1
24	1	6	45	$S_r = 12\sin(\pi t/8)$	$\omega_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	2
	2	6	–	$y_r = \pi(t^2 + 2t)$	$x_e = 6\cos(\pi t/6)$	1
25	1	6	–	$S_r = 2\pi t^2$	$\omega_e = 3\sin(\pi t/3)$	1
	2	4	45	$y_r = 2t(t + 3t)$	$x_e = 2(t^3 - 3t)$	–
26	1	6	120	$S_r = t^2 + t$	$\varphi_e = 12\cos(\pi t/12)$	2
	2	9	–	$y_r = \pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 2(t^2 - 3t)$	1
27	1	10	60	$S_r = \sqrt{3}(t^2 + t)$	$\omega_e = 6\cos(\pi t/6)$	2
	2	9	30	$y_r = \sqrt{3}\pi\sin(\pi t/3)$	$x_e = t + 4\cos(\pi t/4)$	1
28	1	2	–	$S_r = 6\pi\sin(\pi t/6)$	$\varphi_e = 2t + \cos(\pi t/2)$	1
	2	6		$y_r = 2t + 3t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–
29	1	8	30	$S_r = (t^2 + 2t)$	$\omega_e = 6\sin(\pi t/12)$	2
	2	3	–	$y_r = 2\pi\sqrt{3}\sin(\pi t/3)$	$x_e = 5t - t^2$	1
30	1	2	–	$\pi(t^2 + 2t)$	$\omega_e(t) = 6\cos(\pi t/6)$	1
	2	3	60	$y_r = t + t^2$	$x_e = t + \sin\pi t$	–

Пример выполнения задания К4. Сложное движение точки

Задача 1. Фигура, состоящая из половины диска и равнобедренного треугольника (рис. 3.6), вращается вокруг оси, перпендикулярной плоскости фигуры и проходящей через вершину A треугольника. Вращательное движение задается законом изменения угла поворота фигуры $\varphi_e = 5t - 2t^2$ рад.

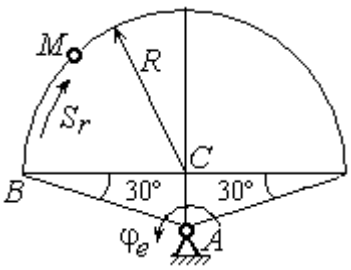


Рис. 3.6. Схема сложного движения точки

Положительное направление вращения отмечено на схеме дуговой стрелкой φ_e. По ободу диска от точки *B* движется точка *M*. Движение точки относительно диска задается законом изменения длины дуги окружности: $\overset{\cup}{BM} = S_r = 9\pi t^2$ см. Положительное направление движения точки *M* на рис. 3.6 показано дуговой стрелкой S_r. Радиус диска $R = 9$ см.

Найти абсолютную скорость и абсолютное ускорение точки *M* в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Вращение фигуры будет для точки *M* переносным движением. Относительное движение точки *M* – её движение по окружности обода диска.

Для определения **положения точки** *M* на ободе диска вычислим расстояние, которое она прошла на заданный момент времени. Длина дуги окружности, пройденной точкой за 1 с: $S_r(1) = 9\pi$ см. Положение точки *M* определяется центральным углом $\alpha = \dfrac{S_r(1)}{R} = \dfrac{9\pi}{9} = \pi$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.7 точкой M_1.

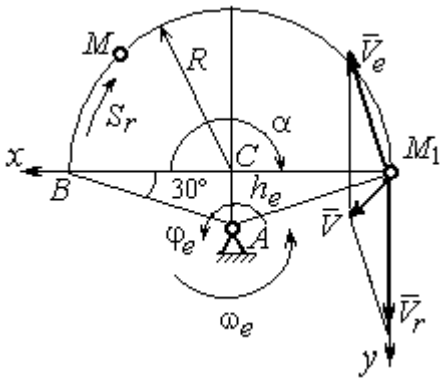


Рис. 3.7. Расчетная схема для вычисления абсолютной скорости точки при сложном движении

Для определения **скорости переносного движения** точки вычисляем значение производной: $\dot{\varphi}_e = 5 - 4t$. Угловая скорость вращения фигуры: $\omega_e = |\dot{\varphi}_e|$. При $t_1 = 1$ с $\dot{\varphi}_e(1) = 1$ рад/с. Положительная величина производной $\dot{\varphi}_e(1)$ показывает, что вращение фигуры в данный момент происходит в положительном направлении, что отмечено дуговой стрелкой ω_e на рис. 3.7.

В момент времени $t_1 = 1$ с точка *M* находится в положении M_1. Скорость V_e переносного движения точки в момент времени $t_1 = 1$ с $V_e(1) = \omega_e(1)h_e$, где

расстояние от точки M_1 до оси вращения фигуры $h_e = AM_1 = \dfrac{R}{\cos 30^\circ} = 6\sqrt{3}$ см.

Тогда $V_e(1) = 6\sqrt{3}$ см/с.

Вектор скорости переносного движения точки $\vec{V}_e$ перпендикулярен линии AM_1 и направлен в сторону вращения фигуры (см. рис. 3.7).

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги *BM*. В этом случае **скорость относительного движения** точки $V_r = \left|\dot{S}_r\right| = \left|18\pi t\right|$. При t_1 = 1 с $V_r(1) = \left|\dot{S}_r(1)\right| = 18\pi$ = 56,5 см/с. Положительное значение производной $\dot{S}_r(1)$ указывает, что относительное движение точки в положении M_1 происходит в положительном направлении, указанном на рис. 3.7 дуговой стрелкой S_r. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости точки в положении M_1 направлен по касательной к траектории относительного движения в сторону положительного направления движения (см. рис. 3.7).

Абсолютную скорость точки находим по теореме сложения скоростей $\vec{V} = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Направление вектора абсолютной скорости, полученное по правилу сложения векторов, показано на рис. 3.5. Для определения величины абсолютной скорости выбираем прямоугольные оси координат M_1xy (см. рис. 3.7) и проецируем обе части векторного равенства теоремы сложения скоростей на эти оси. Получим:

$$V_x = V_e \cos 60^\circ = 3\sqrt{3} = 5{,}2 \text{ см/с};$$

$$V_y = -V_e \cos 30^\circ + V_r = -6\sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 56{,}5 = 29{,}5 \text{ см/с}.$$

Модуль абсолютной скорости: $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{5{,}2^2 + 29{,}5^2} = 29{,}95$ см/с.

Абсолютное ускорение точки определяем по теореме Кориолиса, которая при вращательном переносном движении имеет вид:

$$\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_{\text{к}}.$$

Относительное касательное ускорение a_r^τ вычисляется по формуле: $a_r^\tau = \left|\ddot{S}_r\right|$. По условию задачи вторая производная $\ddot{S}_r = 18\pi$ = 56,5 см/с^2 – постоянная величина. Так как значение второй производной $\ddot{S}_r$ положительно, вектор ускорения $\vec{a}_r^\tau$ направлен по касательной к траектории относительного движения в точке M_1 в сторону положительного направления относительного движения, отмеченного дуговой стрелкой S_r.

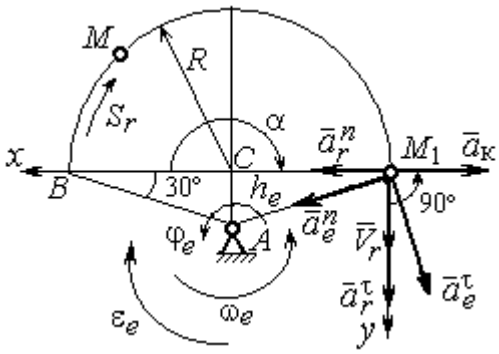


Рис. 3.8. Расчетная схема для определения абсолютного ускорения точки

Относительное нормальное ускорение точки вычисляется по формуле $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$ и в момент $t_1 = 1$ с равно: $a_r^n(1) = \dfrac{V_r^2(1)}{R} = \dfrac{(18\pi)^2}{9} = 355{,}3$ см/с^2. Вектор ускорения $\vec{a}_r^n$ направлен по радиусу диска к центру C (см. рис. 3.8).

Переносное касательное ускорение вычисляется по формуле: $a_e^\tau = \varepsilon_e h_e$, где угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right|$. Вычислим производную $\ddot{\varphi}_e = -4$ рад/с^2. Угловое ускорение $\varepsilon_e = \left|\ddot{\varphi}_e\right| = 4$ рад/с^2 постоянно и не зависит от времени.

Отрицательное значение производной $\ddot{\varphi}_e < 0$ при условии, что расчетная величина угловой скорости положительна: $\dot{\varphi}_e > 0$, означает, что вращательное движение замедленное и переносное угловое ускорение ε_e направлено в сторону, противоположную направлению вращения.

Вектор $\vec{a}_e^\tau$ переносного касательного ускорения точки в её положении M_1 перпендикулярен линии AM_1 и направлен противоположно вектору переносной скорости $\vec{V}_e$ (см. рис. 3.8). Модуль переносного касательного ускорения: $a_e^\tau = a_e^\tau = \varepsilon_e h_e = 24\sqrt{3} = 41{,}6$ см/с^2.

Переносное нормальное ускорение a_e^n рассчитывается по формуле: $a_e^n = \omega_e^2 h_e$ и в момент времени $t_1 = 1$ с $a_e^n(1) = \omega_e^2(1)h_e = 6\sqrt{3} = 10{,}4$ см/с^2. Вектор переносного нормального ускорения $\vec{a}_e^n$ направлен по линии AM_1 к оси вращения (см. рис. 3.8).

По условию задачи вектор скорости относительного движения точки $\vec{V}_r$ лежит в плоскости, перпендикулярной оси переносного вращения, то есть перпендикулярен вектору угловой скорости переносного движения $\vec{\omega}_e$. Тогда модуль **ускорения Кориолиса** при $t_1 = 1$ с $a_к = 2\omega_e V_r = 2 \cdot 1 \cdot 18\pi = 113{,}1$ см/с^2.

Так как вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r \perp \vec{\omega}_e$, то по правилу Жуковского для определения направления ускорения Кориолиса достаточно повернуть вектор относительной скорости точки $\vec{V}_r$ на 90° в сторону переносного движения вокруг оси, параллельной оси вращения и проходящей через точку M_1 (см. рис. 3.8). Для определения абсолютного ускорения спроецируем на прямоугольные оси xM_1y (см. рис. 3.8) векторное равенство $\vec{a} = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e^{\,\tau} + \vec{a}_e^{\,n} + \vec{a}_к$. Получим: $a_y = a_e^{\tau}\cos 30^\circ + a_e^n \cos 60^\circ + a_r^{\tau} = 97{,}9$ см/с^2, $a_x = -a_e^{\tau}\cos 60^\circ + a_e^n \cos 30^\circ + a_r^n - a_к = 228{,}4$ см/с^2. Модуль абсолютного ускорения: $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 248{,}5$ см/с^2.

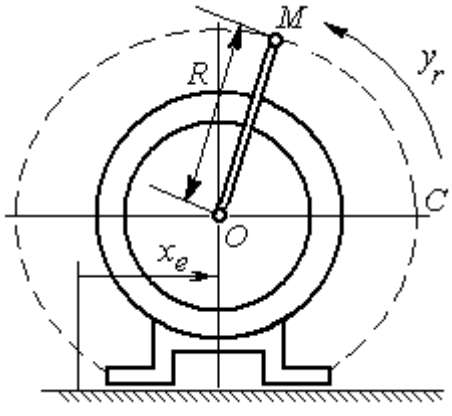


Рис. 3.9. Схема движения точки стержня, укреплённого на электромоторе

Задача 2. К вращающемуся валу электромотора прикреплён стержень OM длины $R = 6$ см. Во время работы электромотора точка M стержня из начального положения C перемещается по дуге окружности согласно уравнению $CM = y_r = \pi t^2$ см. При этом электромотор, установленный без креплений, совершает горизонтальные гармонические колебания на фундаменте по закону

$x_e = 5\sin(\pi t/3)$ см. Определить абсолютное ускорение точки M в момент времени $t_1 = 1$ с.

Решение

Точка M совершает сложное движение – относительно электромотора и вместе с ним. Относительным движением точки будет её движение по дуге окружности радиуса R, переносным – поступательное горизонтальное, прямолинейное движение электромотора.

Найдём положение точки относительно электродвигателя в заданный момент времени. Угол α, отсчитываемый стержнем OM от начального положения OC, в момент времени $t_1 = 1$ с составляет $\alpha = \dfrac{y_r(t_1)}{R} = \dfrac{\pi}{6} = 30°$. Положение точки в момент времени $t_1 = 1$ с отмечено на рис. 3.10 буквой M_1.

Относительное движение точки задано естественным способом, как закон изменения длины дуги. Относительная скорость $V_r = \dot{y}_r = 2\pi t$. В момент времени $t_1 = 1$ с V_r= 6,28 см/с. Вектор $\vec{V}_r$ относительной скорости направлен перпендикулярно стержню OM_1.

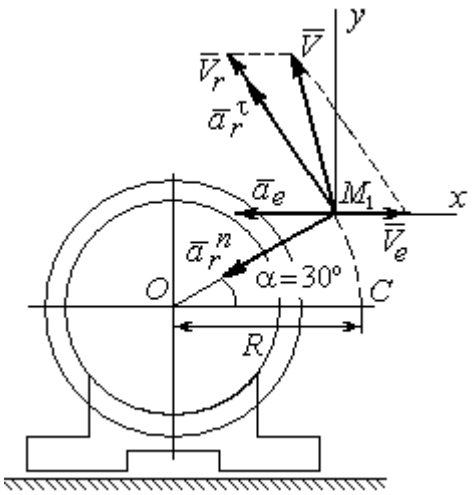


Рис. 3.10. Расчётная схема вычисления абсолютной скорости и абсолютного ускорения точки

Скорость точки в переносном движении – это скорость горизонтального движения электродвигателя:

$$V_e = \dot{x}_e = \frac{5\pi}{3}\cos(\pi t/3).$$

В момент времени $t_1 = 1$с $V_e = \dfrac{5\pi}{3}\cos 60^\circ$ = 2,62 см/с. Вектор $\vec{V}_e$ переносной скорости точки M направлен параллельно линии движения электродвигателя (см. рис. 3.10).

Абсолютная скорость точки определяется на основании теоремы сложения скоростей при сложном движении: $\vec{V}_M = \vec{V}_e + \vec{V}_r$. Для того чтобы найти величину абсолютной скорости, выберем оси xM_1y, как показано на рис. 3.10, и спроецируем векторное равенство сложения скоростей на эти оси. Получим: $V_{Mx} = V_e - V_r\cos 60^\circ = -0{,}52$ см/с (проекция направлена в отрицательную сторону оси x), $V_{My} = V_r\cos 30^\circ = 5{,}44$ см/с. Модуль абсолютной скорости $V_M = \sqrt{V_{Mx}^2 + V_{My}^2} = 5{,}46$ см/с. Вектор абсолютной скорости направлен по диагонали параллелограмма, построенного на векторах $\vec{V}_e$ и $\vec{V}_r$.

При поступательном переносном движении точки $\omega_e = 0$ и потому $a_к = 0$. Относительное ускорение точки при движении по окружности раскладывается на две составляющие $\vec{a}_r = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n}$, направленные вдоль стержня OM и перпендикулярно ему. Кроме того, при прямолинейном относительном движении $a_e^n = 0$. В результате, теорема о сложении ускорений принимает вид $\vec{a}_M = \vec{a}_r^{\,\tau} + \vec{a}_r^{\,n} + \vec{a}_e$, где модули векторов вычисляются по формулам $a_r^{\tau} = \dot{V}_r$, $a_r^n = \dfrac{V_r^2}{R}$, $a_e = a_e^{\tau} = \dot{V}_e = -\dfrac{5\pi^2}{9}\sin(\pi t/3)$ и в момент времени $t_1 = 1$с равны $a_r^{\tau} = 6{,}28$ см/с^2, $a_r^n = 6{,}57$ см/с^2, $a_e = -4{,}75$ см/с^2. Направления векторов ускорений показаны на рис. 3.10. Для вычисления модуля абсолютного ускорения точки спроецируем векторное равенство сложения ускорений на оси выбранной ранее системы координат xM_1y. Получим:

$$a_{Mx} = -a_r^{\tau}\cos 60^\circ - a_r^n\cos 30^\circ - a_e = -4{,}08 \text{ см/с}^2;$$

$$a_{My} = a_r^{\tau}\cos 30^\circ - a_r^n\cos 60^\circ = 2{,}15 \text{ см/с}^2.$$

Величина абсолютного ускорения $a_M = \sqrt{a_{Mx}^2 + a_{My}^2} = 4{,}61$ см/с^2.

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ

4.1. Дифференциальные уравнения движения точки

Движение точки под действием системы сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, …, $\vec{F}_K$ в прямоугольной декартовой системе координат *Oxyz* описывается **дифференциальными уравнениями:** $m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{kx}$, $m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{ky}$, $m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{kz}$ или, обозначая вторые производные от координат по времени двумя точками, уравнениями: $m\ddot{x} = \sum F_{kx}$, $m\ddot{y} = \sum F_{ky}$, $m\ddot{z} = \sum F_{kz}$, где m – масса точки; x, y, z – текущие координаты точки; $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ – проекции вектора ускорения точки на оси координат; $\sum F_{kx}$, $\sum F_{ky}$, $\sum F_{kz}$ – алгебраические суммы проекций сил на оси координат.

Интегрирование дифференциальных уравнений производится в зависимости от их вида методами, известными из курса математики.

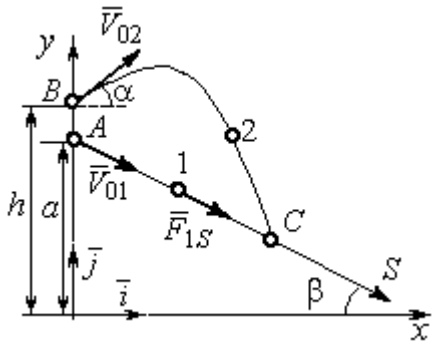
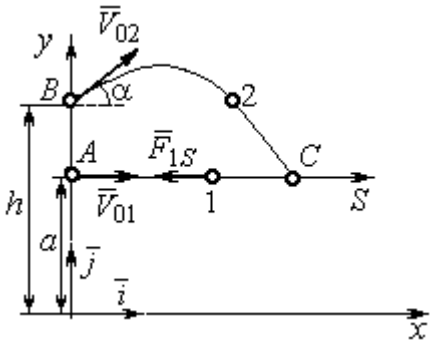
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

Две материальные точки движутся в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой m_1, получив в начальном положении *A* скорость V_{01}, движется вдоль гладкой оси *AS*, наклоненной под углом β к горизонту. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_1$, направленная вдоль оси *AS*. Направление вектора проекции силы на ось $\vec{F}_{1S}$ показано на схеме.

Одновременно с точкой 1 начинает движение точка 2 массой m_2 из положения *B* на оси *y*. На точку 2 действуют сила тяжести и постоянная сила $\vec{F}_2$. Направление вектора силы $\vec{F}_2$ определяется его разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ координатных осей *x*, *y*.

Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1 точки 1 и 2 встретились на оси AS в точке C. Момент времени t_1 задаётся в условиях задачи или определяется по дополнительным условиям встречи.

Варианты заданий представлены на рис. 4.1, 4.2. Исходные данные приведены в табл. 4.1.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

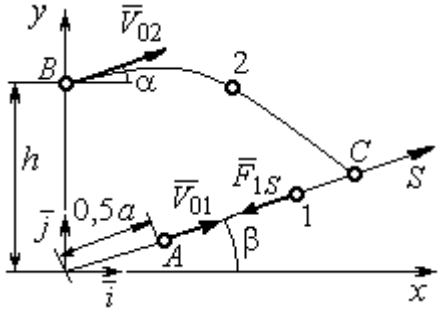
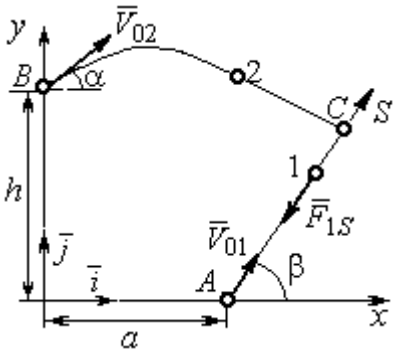
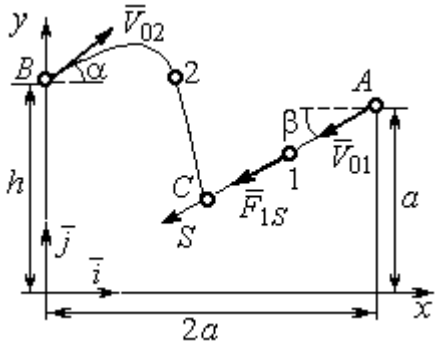
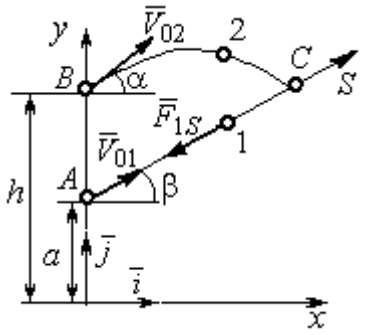
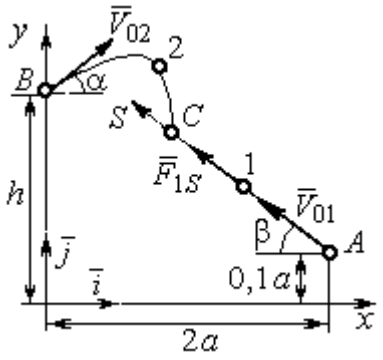
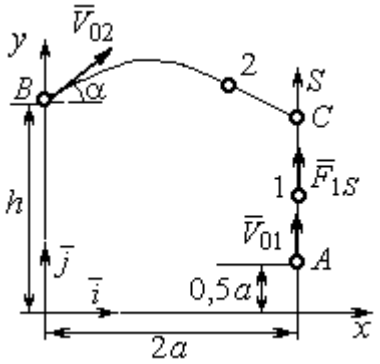
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
 Встреча в точке C в момент, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза относительно начальной	 Встреча в точке C в момент времени $t_1 = 0{,}5$ с

Рис. 4.1. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	
Встреча в точке *C* в момент, когда скорость точки 1 увеличилась в 1,5 раза относительно начальной	Встреча в точке *C*, когда точка 1 максимально удалилась от места старта

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}4$ с	Встреча в точке *C* в момент максимального подъёма точки 1

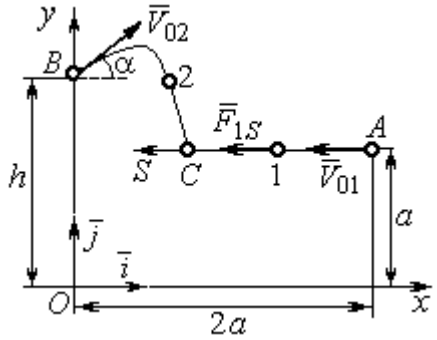
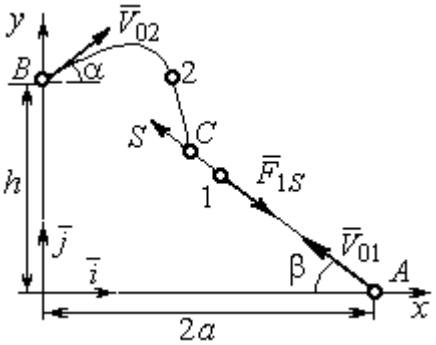
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	
Встреча в точке *C* в момент времени $t_1 = 0{,}6$ с	Встреча в точке *C* в момент, когда точка 1 достигла максимальной высоты подъёма

Рис. 4.2. Задание Д1. Интегрирование уравнений движения точки.
Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 4.1

Исходные данные задания Д1. Интегрирование уравнений движения точки

Номер варианта задания	m_1, кг	F_{1S}, Н	V_{01}, м/с	β, град	m_2, кг	$\vec{F}_2$, Н	a, м	h, м
1	1	3	3	30	2	$7\vec{i}$	2	4
2	3	6	2	0	2	$4\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	1
3	2	5	4	35	1,5	$10\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
4	1	10	2	60	2	$4\vec{i}+8\vec{j}$	2,2	2
5	1	3	3	30	2	$5\vec{i}$	3	4,5
6	0,8	6	6	50	3	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1,5	4
7	2	5	4,5	40	1	$10\vec{i}+2\vec{j}$	3	2,5
8	1	2	3,5	90	2	$6\vec{i}+8\vec{j}$	1,2	2
9	2	4	4	0	1	$3\vec{i}+2\vec{j}$	2	2,5
10	1	3	3	55	1,5	$4\vec{i}$	1	1,5
11	0,5	2	3	60	2	$3\vec{i}+8\vec{j}$	1,5	2,5
12	0,2	3	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1	2,5
13	1	2	6	50	1,5	$6\vec{i}-4\vec{j}$	0,8	2
14	0,5	6	4	35	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	2,5	2
15	0,2	3	3	50	2	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3	4
16	2	4	6	40	2	$3\vec{i}+12\vec{j}$	1	1,5
17	1	6	5	60	1,5	$5\vec{i}+4\vec{j}$	3	2,5
18	1	2	2	90	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2
19	1	3	2	2	2	$2\vec{i}+10\vec{j}$	1	1,5
20	5	4	2	30	1	$3\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	1,5
21	0,2	4	4	45	1	$6\vec{i}-2\vec{j}$	1	3
22	0,4	3	2	0	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1,5	2,5
23	1	3	8	60	2	$4\vec{i}+2\vec{j}$	1,2	1,5
24	0,5	8	3	30	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
25	2	4	4	60	1	$2\vec{i}-2\vec{j}$	3,5	4
26	1	3	5	50	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	0,5	1,5
27	1,5	3	6	30	2	$4\vec{i}+4\vec{j}$	2	2,5
28	2	5	3	90	2	$6\vec{i}+7\vec{j}$	2	1,5
29	2	4	4	0	1	$5\vec{i}-2\vec{j}$	1,5	2
30	1	3	2,5	70	2	$4\vec{i}+6\vec{j}$	1	1

Пример выполнения задания Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки

На рис. 4.3 представлена схема движения материальных точек в вертикальной плоскости *xOy*. Точка 1 массой $m_1 = 2$ кг, получив в начальном положении *A* скорость $V_{01} = 4$ м/с, движется вдоль гладкой оси *AS* с углом наклона $\beta = 30^{\circ}$. Во время движения на точку 1 действуют сила тяжести $\vec{P}_1$ и постоянная сила $\vec{F}_1$, проекция которой на ось *AS* равна $F_{1S} = 4{,}5$ Н. Направление вектора проекции силы $\vec{F}_{1S}$ на ось *AS* показано на рис. 4.3.

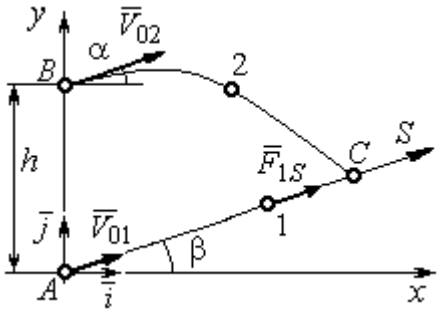


Рис. 4.3. Схема совместного движения точек

Одновременно с началом движения точки 1 из положения *B* на оси *y* высотой $h = 1$ м начинает движение точка 2 массой $m_2 = 1{,}2$ кг. На точку 2 действуют сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2$, направление которой определяется разложением по единичным векторам $\vec{i}$, $\vec{j}$ осей *x*, *y* декартовой системы координат: $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, Н. Определить величину и направление (угол α) начальной скорости V_{02} точки 2, чтобы в момент времени t_1, когда скорость точки 1 уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальным значением, обе они встретились на оси *AS* в точке *C*.

Решение

Рассмотрим движение точки 1. В текущий момент времени на точку 1 действует сила тяжести $\vec{P}_1$, нормальная реакция $\vec{N}_1$ наклонной оси *AS* и сила $\vec{F}_1$, величина проекции которой на ось *AS* равна F_{1S} (рис. 4.4). Дифференциальное уравнение движения точки 1 $m_1\ddot{S} = F_{1S} - P_1\sin\beta$, или $m_1\dfrac{dV_{1S}}{dt} = 4{,}5 - m_1 g\sin\beta$. С учетом исходных данных, полагая ускорение свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2, дифференциальное уравнение движения точки 1

приводится к виду: $\frac{dV_{1S}}{dt} = -2{,}66$. Разделим переменные, представив дифференциальное уравнение в виде $dV_{1S} = -2{,}66dt$. Проинтегрировав его, получим зависимость скорости точки 1 от времени: $V_{1S} = -2{,}66t + C_1$. Для того чтобы определить закон движения точки 1, представим скорость точки как производную от координаты $V_{1S} = \frac{dS}{dt}$. Получим дифференциальное уравнение $\frac{dS}{dt} = -2{,}66t + C_1$, проинтегрировав которое, найдём уравнение движения точки 1: $S = -1{,}33t^2 + C_1 t + C_2$. Константы интегрирования C_1, C_2 находятся из начальных условий: при $t = 0$, $S = 0$, $\dot{S} = V_{1S} = V_{01} = 4$ м/с. Подставляя первое из условий в уравнение движения точки 1, получим $C_2 = 0$. Подставим начальное значение скорости в уравнение $\dot{S} = -2{,}66t + C_1$, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени. Получим $C_1 = 4$. Таким образом, движение точки 1 вдоль оси AS описывается уравнением: $S = -1{,}33t^2 + 4t$.

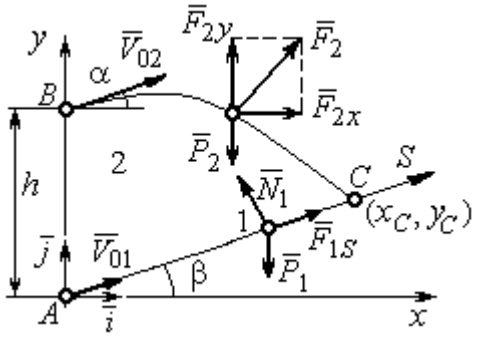


Рис. 4.4. Силы, действующие на точки 1 и 2, во время их движения

По условию задачи встреча двух точек происходит в момент времени t_1, когда скорость первой точки уменьшилась в 2 раза по сравнению с начальной: $V_{1S}(t_1) = \frac{V_{01}}{2} = 2$ м/с. Подставляя это условие в уравнение, выражающее зависимость скорости точки 1 от времени, получим: $2 = -2{,}66t_1 + 4$, откуда найдём момент времени встречи $t_1 = 0{,}75$ с. Расстояние AC, пройденное точкой 1 до встречи, определяется как путь, пройденный этой точкой за время $t_1 = 0{,}75$ с, $AC = S(t_1) = -1{,}33 \cdot 0{,}75^2 + 4 \cdot 0{,}75 = 2{,}25$ м. Координаты точки встречи x_C, y_C определяются из равенств: $x_C = S(t_1)\cos 30^\circ = 1{,}95$ м; $y_C = S(t_1)\sin 30^\circ = 1{,}12$ м.

Рассмотрим движение точки 2. В текущий момент времени на нее действует сила тяжести $\vec{P}_2$ и сила $\vec{F}_2 = 2{,}4\vec{i} + 4{,}5\vec{j}$, проекции которой на оси координат $F_{2x} = 2{,}4$ Н, $F_{2y} = 4{,}5$ Н. Дифференциальные уравнения движения точки 2 в проекциях на оси координат *x*, *y* имеют вид:

$$m_2\ddot{x} = F_{2x} = 2{,}4\,, \quad m_2\ddot{y} = -P_2 + F_{2y} = -m_2 g + 4{,}5\,,$$

или после подстановки исходных данных: $\ddot{x} = 2$, $\ddot{y} = -6{,}06$.

Представим в первом уравнении проекцию ускорения точки 2 на ось *x* как производную от соответствующей проекции скорости $\ddot{x} = \dfrac{dV_{2x}}{dt}$. После разделения переменных получим дифференциальное уравнение $dV_{2x} = 2dt$. Проинтегрируем его и найдем зависимость горизонтальной составляющей скорости точки 2 от времени: $V_{2x} = 2t + C_3$. Заменим в этом уравнении проекцию скорости точки на ось *x* на производную от координаты $V_{2x} = \dfrac{dx}{dt}$. После интегрирования получим уравнение, описывающее движение точки 2 вдоль оси *x*, $x = t^2 + C_3 t + C_4$. Для того чтобы найти постоянные C_3 и C_4, воспользуемся граничными условиями движения точки 2 – известной начальной координатой движения точки и вычисленной координатой точки встречи, то есть при $t = 0$, $x = 0$, а при $t_1 = 0{,}75$ с $x(t_1) = x_C = 1{,}95$ м. Подставляя граничные условия в уравнение движения точки 2, получим $C_4 = 0$, $C_3 = 1{,}85$. Таким образом, уравнение движения точки 2 вдоль оси *x*: $x = t^2 + 1{,}85t$.

Закон движения точки 2 вдоль оси *y* находим путем интегрирования второго дифференциального уравнения. Его представим в виде: $\dfrac{dV_{2y}}{dt} = -6{,}06$. После разделения переменных и первого интегрирования получим зависимость проекции скорости точки 2 на ось *y* от времени: $V_{2y} = -6{,}06t + C_5$. Заменив проекцию скорости точки 2 на ось *y* производной от координаты $V_{2y} = \dfrac{dy}{dt}$, вто-

рично проинтегрируем. В результате движение точки 2 вдоль оси y описывается уравнением: $y = -3{,}03t^2 + C_5 t + C_6$. Для определения констант C_5 и C_6 используем граничные условия: при $t = 0$ $y(0) = h = 1$ м, а при $t_1 = 0{,}75$ с $y(t_1) = y_C = 1{,}12$ м. Получим $C_6 = 1$, $C_5 = 2{,}43$. Таким образом, точка 2 движется вдоль оси y по закону: $y = -3{,}03t^2 + 2{,}43t + 1$.

Проекции скорости точки 2 на оси координат как функции времени имеют вид: $V_{2x}(t) = \dot{x} = 2t + 1{,}85$, $V_{2y}(t) = \dot{y} = -6{,}06t + 2{,}43$. Значения проекций при $t = 0$: $V_{02x} = V_{2x}(0) = 1{,}85$ м/с, $V_{02y} = V_{2y}(0) = 2{,}43$ м/с. Величина начальной скорости: $V_{02} = \sqrt{{V_{02x}}^2 + {V_{02y}}^2} = 3{,}05$ м/с.

Угол наклона вектора скорости в начальный момент определяется из равенства: $\mathrm{tg}\alpha = \dfrac{V_{02y}}{V_{02x}} = \dfrac{2{,}43}{1{,}85} = 1{,}31$. Откуда $\alpha = 52{,}64^\circ$.

4.3. Колебания материальной точки

Силы, возникающие при отклонении материальной точки от положения равновесия и направленные так, чтобы вернуть точку в это положение, называются **восстанавливающими**. Восстанавливающие силы, линейно зависящие от расстояния от точки до положения её равновесия, называются **линейными восстанавливающими силами**. Так, сила упругости пружины $F = c\Delta\ell$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины; $\Delta\ell$ – удлинение пружины, является линейной восстанавливающей силой.

Дифференциальное уравнение движения материальной точки массой m вдоль оси Оx под действием линейной восстанавливающей силы, представляет собой уравнение гармонических колебаний и имеет вид:

$$m\ddot{x} + cx = 0, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где x – отклонение точки от положения равновесия, куда поместили начало

координат; ω – угловая частота колебаний, $\omega^2 = \frac{c}{m}$. Единица измерения угловой частоты – рад/с.

Решение дифференциального уравнения свободных колебаний представляется суммой $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$, где постоянные интегрирования C_1 и C_2 находятся из начальных условий. **Амплитуда свободных колебаний** $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Промежуток времени, в течение которого точка совершает одно полное колебание, называется **периодом колебаний**: $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Величина, обратная периоду $\nu = \frac{1}{T}$ определяет число полных колебаний точки за 1 с и называется **частотой колебаний**. Частота колебаний измеряется в герцах (Гц). Частота, равная 1 Гц, соответствует одному полному колебанию в секунду. Угловая частота связана с частотой колебаний соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Если на материальную точку кроме восстанавливающей силы действует сила сопротивления движению, пропорциональная скорости точки, $\vec{R} = -\mu\vec{V}$, где μ – коэффициент сопротивления, то дифференциальное уравнение движения точки с сопротивлением относительно положения равновесия имеет вид $m\ddot{x} + \mu\dot{x} + cx = 0$, или $\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2 x = 0$, где n – коэффициент затухания, $n = \frac{\mu}{2m}$; ω – угловая частота собственных колебаний точки без учёта сопротивления, $\omega^2 = \frac{c}{m}$.

При $n < \omega$ движение точки представляет затухающие колебания. Общее решение дифференциального уравнения колебаний с сопротивлением $x = e^{-nt}(C_1\cos\omega_1 t + C_2\sin\omega_1 t) = Ae^{-nt}\sin(\omega_1 t + \alpha)$, где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования; ω_1 – угловая частота затухающих колебаний, $\omega_1 = \sqrt{\omega^2 - n^2}$;

$A_1 = Ae^{-nt}$ – амплитуда затухающих колебаний, $A = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$; α – начальная фаза колебаний, $\text{tg}\alpha = \dfrac{C_1}{C_2}$.

При $n > \omega$ движение точки апериодическое, затухающее. Общее решение дифференциального уравнения движения точки с таким сопротивлением имеет вид $x = e^{-nt}(C_1 e^{\omega_2 t} + C_2 e^{-\omega_2 t})$, где $\omega_2 = \sqrt{n^2 - \omega^2}$.

При $n = \omega$ движение точки происходит согласно уравнению $x = e^{-nt}(C_1 t + C_2)$.

Если кроме восстанавливающей силы на материальную точку действует переменная возмущающая сила, колебания точки называются **вынужденными.**

При действии гармонической возмущающей силы $F = H\sin pt$, где H, p – амплитуда и угловая частота колебаний возмущающей силы, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия и при отсутствии сил сопротивления имеет вид

$$m\ddot{x} + cx = H\sin pt, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающей силы, $h = \dfrac{H}{m}$.

Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний представляется как сумма общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного.

При отсутствии резонанса, когда частота собственных колебаний не совпадает с частотой возмущающей силы $p \neq \omega$, решение имеет вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$, а в случае резонанса, когда $p = \omega$, – вид: $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t - \dfrac{ht}{2p}\cos pt$. Значения произвольных постоянных C_1 и C_2

определяются из общего решения неоднородного уравнения с учетом начальных условий движения. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{\text{соб}} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$. Амплитуда вынужденных колебаний при отсутствии резонанса $A_{\text{вын}} = \dfrac{h}{\omega^2 - p^2}$. При резонансе амплитуда вынужденных колебаний растет как линейная функция времени $A_{\text{вын}} = \dfrac{ht}{2p}$.

Если возмущающее воздействие заключается в **принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины**, например, по закону $S = a\sin pt$, где a, p – амплитуда и угловая частота колебаний точки подвеса пружины, дифференциальное уравнение вынужденных колебаний материальной точки относительно положения равновесия при отсутствии сил сопротивления имеет вид $\ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt$, где ω – угловая частота собственных гармонических колебаний, $\omega^2 = \dfrac{c}{m}$; h – относительная амплитуда возмущающего колебания, $h = \dfrac{ca}{m}$. Общее решение неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний при принудительном гармоническом колебании точки подвеса пружины может быть получено аналогично случаю возмущения гармонической силой.

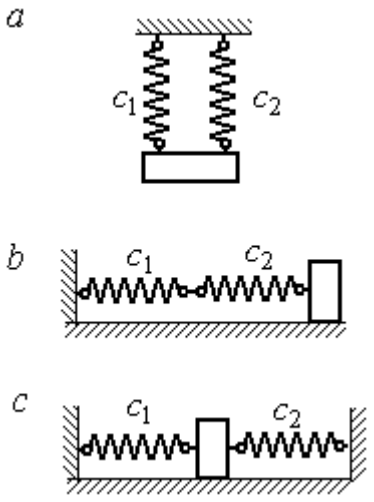


Рис. 4.5. Способы крепления груза на двух пружинах:
a – две параллельные пружины;
b – последовательно соединённые пружины; *c* – крепление груза между пружинами

Система пружин заменяется одной с эквивалентной жесткостью. Так, колебания груза на двух параллельных пружинах с коэффициентами жесткости c_1 и c_2 (рис. 4.5, *a*) можно рассматривать как колебания груза на одной пружине эквивалент-

ной жесткости $c_{экв} = c_1 + c_2$, где $c_{экв}$ – коэффициент жесткости эквивалентной пружины. При последовательном соединении пружин (рис. 4.5, *b*) коэффициент жесткости эквивалентной пружины $c_{экв} = \dfrac{c_1 c_2}{c_1 + c_2}$. Если груз расположен между двумя пружинами (рис. 4.5, *c*), тогда $c_{экв} = c_1 + c_2$. Коэффициент жесткости эквивалентной пружины равен сумме коэффициентов жесткости пружин.

4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки

Задание Д2 на исследование колебаний точки включает две задачи.

Задача 1. Исследование гармонических колебаний точки.

Найти уравнение движения груза массой m_1 (или одновременно двух грузов массой m_1 и m_2) на пружине жесткостью c_1 (или на двух пружинах жесткостью c_1 и c_2). Расположение грузов на пружине и описание условий, при которых начались колебания, приведено на схемах. Определить амплитуду и частоту колебаний.

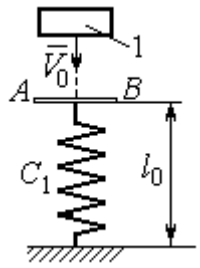
Задача 2. Исследование вынужденных колебаний точки.

Груз движется на пружинах, расположенных вертикально или горизонтально. При движении груза по горизонтальной поверхности трение не учитывается. Жёсткость пружин c_1 и c_2. Направление возмущающего усилия $F = F(t)$, приложенного к грузу, или возмущающего движения точки крепления пружин $S = S(t)$, а также описание условий начала колебаний приведено на схемах. В задачах, где на схемах присутствует амортизатор, создающий сопротивление движению груза, сила сопротивления пропорциональна скорости движения груза и находится по формуле: $\vec{R} = -\mu \vec{V}$ Н, где μ – коэффициент сопротивления; V – скорость груза. Определить уравнение колебаний груза, амплитуды собственных и вынужденных колебаний.

Варианты заданий даны на рис. 4.6 – 4.9. Исходные данные в табл. 4.2.

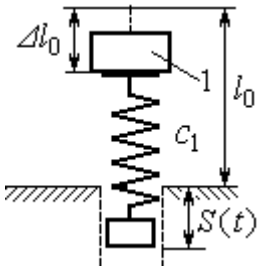
Варианты № 1, 11, 21

Задача 1



Невесомая пластина AB укреплена на нерастянутой пружине. Груз 1, получив начальную скорость V_0, падает вертикально вниз. Через 1 с после начала падения груз достигает пластины и продолжает движение вместе с ней

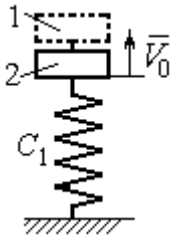
Задача 2



К верхнему концу пружины, сжатой на величину $\Delta\ell_0$, прикрепляют груз 1 и отпускают без начальной скорости. Одновременно нижний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

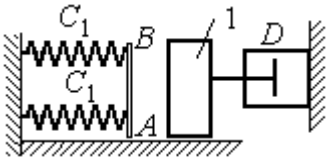
Варианты № 2, 12, 22

Задача 1



В положении статического равновесия двух грузов (1 и 2), установленных на пружине, груз 1 убрали, а грузу 2 сообщили скорость V_0, направленную вверх

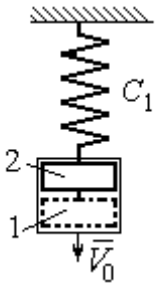
Задача 2



Груз 1 движется по гладкой горизонтальной поверхности с начальной скоростью V_0. Через 1 с груз упирается в площадку AB, укреплённую на недеформированных пружинах, соединённых параллельно, и продолжает движение вместе с ней. Во время движения (до упора в площадку AB и вместе с ней) груз испытывает сопротивление, создаваемое демпфером D

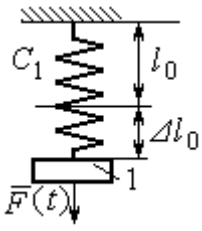
Варианты № 3, 13, 23

Задача 1



В положении статического равновесия груза 2, укреплённого на пружине, к нему присоединили груз 1 и оба груза толкнули вниз со скоростью V_0

Задача 2

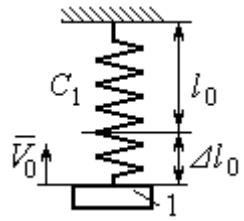


Недеформированную пружину оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$, подцепили груз 1 и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.6. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 1 – 3, 11 – 13, 21 – 23

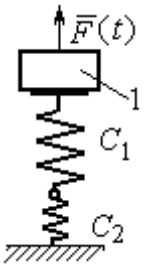
Варианты № 4, 14, 24

Задача 1



К недеформированной пружине подцепили груз 1, оттянули его вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вверх

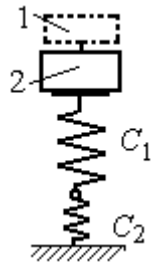
Задача 2



Грузу 1, укреплённому на двух последовательно соединённых пружинах в положении статического равновесия, сообщили начальную скорость V_0, направленную вниз. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

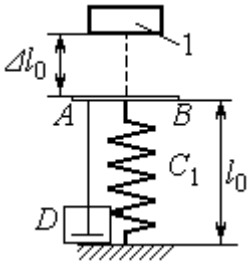
Варианты № 5, 15, 25

Задача 1



В положении статического равновесия грузов 1 и 2, укреплённых на двух вертикальных последовательно соединённых пружинах, убрали груз 1, а груз 2 отпустили без начальной скорости

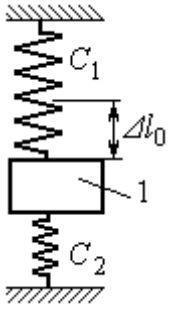
Задача 2



Груз 1 падает с высоты $\Delta\ell_0$ на площадку AB, установленную на недеформированной пружине, и продолжает движение вместе с ней. Демпфер D создаёт сопротивление движению груза на пружине

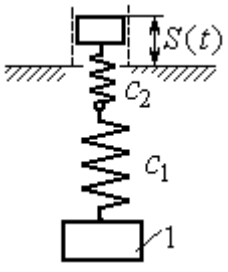
Варианты № 6, 16, 26

Задача 1



Груз 1 поместили между двумя недеформированными пружинами, затем оттянули вниз на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости

Задача 2

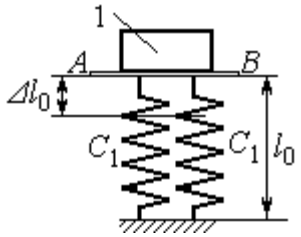


К недеформированным пружинам, соединённым последовательно, подцепили груз 1 и толкнули его вниз со скоростью V_0. Одновременно верхний конец пружины начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.7. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 4 – 6, 14 – 16, 24 – 26

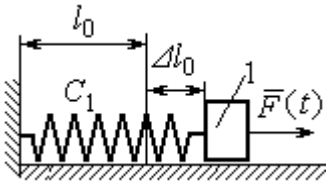
Варианты № 7, 17, 27

Задача 1



К недеформированным пружинам приложили груз 1, переместили его вниз на величину $\Delta\ell_0$ и сообщили скорость V_0, направленную вниз

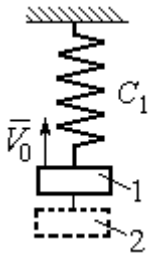
Задача 2



К нерастянутой пружине, расположенной на горизонтальной гладкой поверхности, подцепили груз 1, оттянули его на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили. Одновременно на груз стала действовать горизонтальная возмущающая сила $\vec{F}(t)$

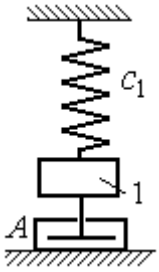
Варианты № 8, 18, 28

Задача 1



Грузы 1 и 2 находятся на пружине в положении статического равновесия. Груз 2 удаляют, а грузу 1 сообщают скорость V_0, направленную вверх

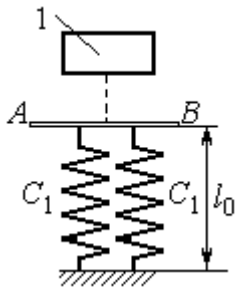
Задача 2



В положении статического равновесия груза 1 ему сообщили скорость V_0, направленную вниз. Демпфер A создаёт сопротивление движению груза

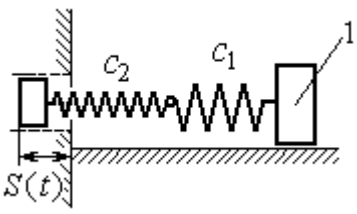
Варианты № 9, 19, 29

Задача 1



Груз 1 без начальной скорости падает вниз. Пройдя путь 1 м, груз достигает невесомой пластины AB, укреплённой на недеформированных, параллельно соединённых пружинах, и дальше движется вместе с ней

Задача 2



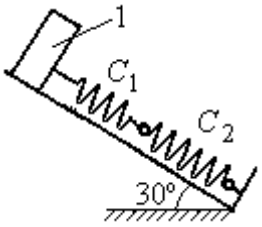
К двум горизонтальным пружинам, соединённым последовательно, в положении их нерастянутого состояния прицепили груз 1 и сообщили ему горизонтальную скорость V_0, направленную в сторону сжатия пружин. Одновременно левый конец пружинной системы начинает двигаться по закону $S = S(t)$

Рис. 4.8. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 7 – 9, 17 – 19, 27 – 29

Окончание вариантов задания Д2

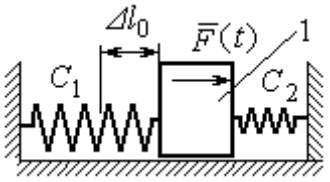
Варианты № 10, 20, 30

Задача 1



В положении статического равновесия груза 1, укреплённого на двух последовательно соединённых пружинах, сообщили скорость V_0, направленную вниз по наклонной плоскости

Задача 2



Между двумя горизонтальными недеформированными пружинами на гладкую поверхность поместили груз 1, оттянули его влево на расстояние $\Delta\ell_0$ и отпустили без начальной скорости. Одновременно на груз стала действовать возмущающая сила $\vec{F}(t)$

Рис. 4.9. Задание Д2. Исследование колебаний точки.
Варианты задания 10, 20, 30

Таблица 4.2

Исходные данные задания Д2. Исследование колебаний точки

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
1	1	2,5	–	2,0	200	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	210	–	0,1	–	–	0,02sin12t
2	1	1,5	2,0	4	250	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	4	220	–	–	1,0	–	–
3	1	2,0	1,5	3	250	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	–	200	–	0,14	–	12sin5t	–
4	1	2,0	–	3	180	–	0,1	–	–	–
	2	1,5	–	2	150	120	–	–	8sin12t	–
5	1	1,0	2,0	–	120	100	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	50	–	0,5	18	–	–
6	1	1,2	–	–	120	180	0,12	–	–	–
	2	1,4	–	2,4	120	180	–	–	–	0,03sin14t
7	1	1,6	–	3,2	140	–	0,15	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,12	–	12sin6t	–
8	1	1,0	2,0	3,0	150	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	3,5	120	–	–	15	–	–

Продолжение табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
9	1	1,5	–	–	100	–	–	–	–	–
	2	1,4	–	2,0	100	110	–	–	–	0,015sin8t
10	1	2,5	–	2,5	110	100	–	–	–	–
	2	2,0	–	–	110	52	0,08	–	5sin9t	–
11	1	2,0	–	4,0	300	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	–	200	–	0,12	–	–	0,01sin4t
12	1	1,8	2,4	4	220	–	–	–	–	–
	2	1,0	–	5	240	–	–	0,6	–	–
13	1	1,5	1,5	2	200	–	–	–	–	–
	2	1,8	–	–	180	–	0,08	–	10sin10t	–
14	1	2,0	–	2	200	–	0,12	–	–	–
	2	2,0	–	2	150	120	–	–	10sin8t	–
15	1	1,5	2,0	–	120	250	–	–	–	–
	2	1,5	–	–	120	–	0,4	4	–	–
16	1	2,0	–	–	150	75	0,1	–	–	–
	2	2,0	–	2,5	150	75	–	–	–	0,01sin5t
17	1	1,5	–	2,1	160	–	0,11	–	–	–
	2	1,8	–	–	150	–	0,1	–	8sin12t	–
18	1	2,0	1,0	2,5	80	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	2,5	50	–	–	21	–	–
19	1	1,6	–	–	120	–	–	–	–	–
	2	1,2	–	2,0	85	120	–	–	–	0,015sin7t
20	1	2,0	–	2,0	90	100	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	100	90	0,12	–	6sin10t	–
21	1	2,0	–	1,6	220	–	–	–	–	–
	2	2,5	–	–	250	–	0,14	–	–	0,01sin10t
22	1	2,2	1,5	3	180	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	4	280	–	–	0,8	–	–
23	1	2,2	1,2	2	220	–	–	–	–	–
	2	1,6	–	–	200	–	0,12	–	5sin7t	–

Окончание табл. 4.2

Номер варианта задания	Номер задачи	m_1, кг	m_2, кг	V_0, м/с	c_1, Н/м	c_2, Н/м	$\Delta\ell_0$, м	μ, Н·с/м	$F(t)$, Н	$S(t)$, м
24	1	1,6	–	2,4	160	–	0,13	–	–	–
	2	1,0	–	3	150	300	–	–	6sin10t	–
25	1	0,8	1,2	–	120	80	–	–	–	–
	2	0,8	–	–	180	–	0,4	12	–	–
26	1	1,4	–	–	100	120	0,15	–	–	–
	2	1,8	–	2,2	150	120	–	–	–	0,015sin8t
27	1	2	–	4,0	150	–	0,12	–	–	–
	2	2	–	–	162	–	0,13	–	5sin9t	–
28	1	1,5	2,0	2,0	140	–	–	–	–	–
	2	1,5	–	3,1	180	–	–	12	–	–
29	1	1,0	–	–	140	–	–	–	–	–
	2	2,0	–	2,4	75	150	–	–	–	0,08sin5t
30	1	1,6	–	3	75	150	–	–	–	–
	2	1,5	–	3	80	70	0,15	–	8sin10t	–

Пример выполнения задания Д2. Исследование колебаний точки

Задача 1. Груз 1 весом P = 20 Н, лежащий на гладкой наклонной плоскости, прикреплён к недеформированной пружине, расположенной параллельно плоскости (рис. 4.10). Угол наклона плоскости к горизонту 30º, коэффициент жесткости пружины c = 400 Н/м. В начальный момент груз переместили вверх по наклонной плоскости (сжали пружину) на расстояние $\Delta\ell_0$ = 0,1 м относительно нерастянутой пружины и отпустили без начальной скорости.

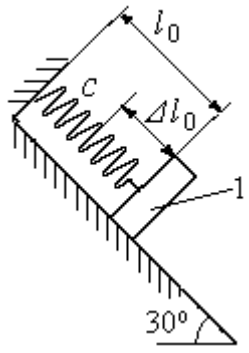


Рис. 4.10. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.11. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вниз вдоль наклонной плоскости. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.11) В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены три силы: сила тяжести $\vec{P}$, реакция опоры наклонной плоскости $\vec{N}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$. Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*: $F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell$, где $\Delta\ell$ – удлинение пружины относительно её нерастянутого положения, включающее её растяжение *x* относительно выбранного начала координат и растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза на наклонной плоскости.

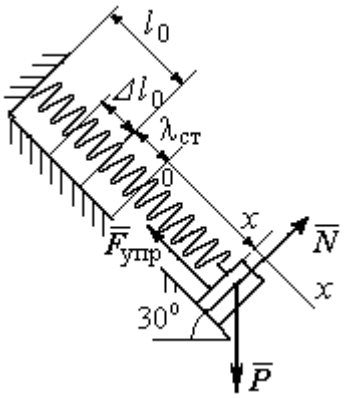


Рис. 4.11. Расчётная схема колебаний груза

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P\sin 30^\circ - c(x + \lambda_{\text{ст}}).$$

В положении статического равновесия сила упругости уравновешивается силой, равной проекции силы тяжести на ось *x*: $P\sin 30^\circ - c\lambda_{\text{ст}} = 0$. Подставляя это выражение условия статического равновесия груза в уравнение движения, получим дифференциальное уравнение колебаний груза:

$$m\ddot{x} = -cx, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = 0,$$

где ω – угловая частота колебаний; $\omega = \sqrt{\dfrac{c}{m}} = 14{,}01$ рад/с.

Общее решение уравнения колебаний $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси *Ox*.

Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \dfrac{P\sin 30^\circ}{c} = 0{,}025$ м. Координата начального положения груза определяется величиной сжатия пружины и, поскольку начало отсчёта координаты x выбрано в положении статического равновесия груза, равна (со знаком!): $x_0 = -(\Delta\ell_0 + \lambda_{ст}) = -0{,}125$ м (см. рис. 4.11).

Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения колебаний при $t = 0$, получим $C_1 = -0{,}125$ м. Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t$. Подставим сюда начальное значение скорости груза при $t = 0$ $\dot{x} = V_0 = 0$, получим $C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического растяжения пружины:

$$x(t) = -0{,}125\cos 14{,}01t \text{ м}.$$

Амплитуда колебаний груза $A = 0{,}125$ м.

Задача 2. Груз 1 весом $P = 20$ Н подвешен на недеформированной вертикальной пружине (рис. 4.12). Жесткость пружины $c = 800$ Н/м. В начальный момент груз был оттянут вниз в положение, при котором пружина растянулась на расстояние $\Delta\ell_0 = 0{,}1$ м, и в этом положении ему сообщена начальная скорость $V_0 = 2$ м/с, направленная вверх.

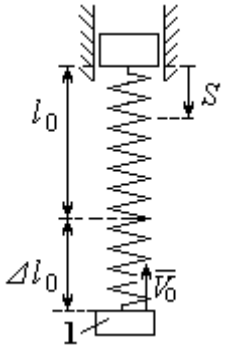


Рис. 4.12. Схема крепления груза и условия начала колебаний

Одновременно с началом движения груза верхний конец пружины стал совершать гармонические колебания по закону $S = a\sin 10t$, где $a = 0{,}02$ м.

Определить уравнение колебаний груза 1, а также частоту и амплитуду собственных колебаний.

Решение

Расчетная схема колебаний груза 1 показана на рис. 4.13. Направим ось *Ox*, вдоль которой происходят колебания груза, вертикально вниз. Начало отсчёта координаты *x* выберем в положении статического равновесия груза (см. рис. 4.13, *c*, *d*). В произвольном положении груза, обозначенном координатой *x*, к нему приложены две силы: сила тяжести $\vec{P}$ и сила упругости пружины $\vec{F}_{\text{упр}}$.

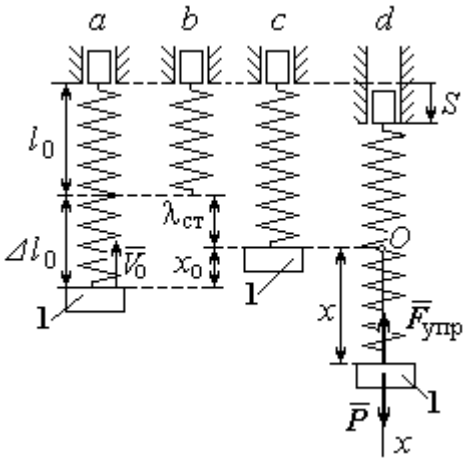


Рис. 4.13. Расчётная схема вынужденных колебаний груза: *a* – положение груза на начало колебаний; *b* – недеформированная пружина; *c* – статическое растяжение пружины под действием веса груза; *d* – положение груза в произвольный момент времени и перемещение точки подвеса пружины

Проекция силы упругости пружины на ось *Ox*

$$F_{\text{упр}\,x} = -c\Delta\ell = -c(x + \lambda_{\text{ст}} - S),$$

где $\Delta\ell$ – удлинение пружины, включающее её растяжение *x* относительно начала координат, растяжение $\lambda_{\text{ст}}$ при статическом равновесии груза и уменьшение растяжения при смещении верхнего конца, $\Delta\ell = (x + \lambda_{\text{ст}} - S)$.

С учетом выражения силы упругости получим дифференциальное уравнение движения груза в проекции на ось *Ox*:

$$m\ddot{x} = P - c(x + \lambda_{\text{ст}} - S).$$

В положении статического равновесия выполняется условие равенства сил: $P - c\lambda_{\text{ст}} = 0$.

После подстановки его в уравнение движения груза получаем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -cx + cS, \text{ или } \ddot{x} + \omega^2 x = h\sin pt,$$

где ω – угловая частота собственных колебаний, $\omega = \sqrt{\frac{c}{m}}$, ω = 19,81 рад/с; h – относительная амплитуда вынужденных колебаний, $h = \frac{ca}{m}$ = 7,85 м/с^2; p – угловая частота вынужденных колебаний, p = 10 рад/с.

При отсутствии резонанса (здесь $\omega \neq p$) общее решение уравнения вынужденных колебаний имеет вид $x = C_1\cos\omega t + C_2\sin\omega t + \frac{h}{\omega^2 - p^2}\sin pt$.

Для определения произвольных постоянных C_1 и C_2 вычислим координату x_0 начального положения груза на оси Ox. Координата начального положения груза (см. рис. 4.13, *b*) $x_0 = \Delta\ell_0 - \lambda_{ст}$. Растяжение пружины в положении статического равновесия $\lambda_{ст} = \frac{P}{c}$ = 0,02 м, тогда x_0 = 0,08 м. Подставляя значение координаты начального положения груза в общее решение уравнения вынужденных колебаний при t = 0, получим: $C_1 = x_0$ = 0,08 м.

Для определения второй константы вычислим скорость груза в произвольный момент времени: $\dot{x} = -C_1\omega\sin\omega t + C_2\omega\cos\omega t + \frac{hp}{\omega^2 - p^2}\cos pt$. Проекция скорости груза в начальный момент на ось Ox $V_{0x} = -V_0$. Подставив начальное значение скорости груза при t = 0 $\dot{x} = V_{0x} = -V_0$, получим: $C_2 = -\frac{V_0}{\omega} - \frac{hp}{\omega(\omega^2 - p^2)}$ = – 0,11 м. Окончательно уравнение движения груза 1 относительно положения статического равновесия, м.

$$x(t) = 0{,}08\cos 19{,}82t - 0{,}11\sin 19{,}82t - 0{,}03\sin 10t.$$

Амплитуда вынужденных колебаний $A_{вын} = \frac{h}{\omega^2 - p^2}$ = 0,03 м. Амплитуда собственных колебаний груза $A_{соб} = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$ = 0,14 м.

4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки

Работой $A(\vec{F})$ силы $\vec{F}$, постоянной по модулю и направлению, на конечном прямолинейном перемещении S_1 точки приложения силы называется величина $A(\vec{F}) = FS_1\cos\alpha$. Если угол α острый, работа силы положительна. Если угол α тупой, – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

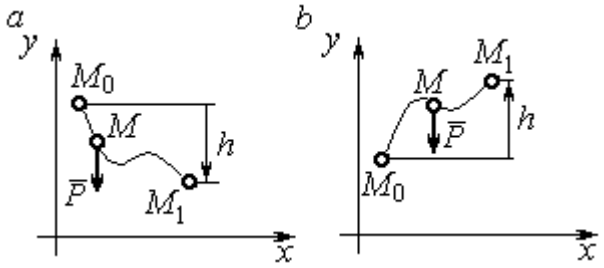


Рис. 4.14. Схема для вычисления работы силы тяжести:
a – перемещение точки сверху вниз;
b – перемещение точки снизу вверх

Работа силы тяжести материальной точки (вертикальной силы) при перемещении точки из положения M_0 в положение M_1 равна произведению модуля силы тяжести на вертикальное перемещение точки $A_{(M_0M_1)} = \pm Ph$, где P – величина силы тяжести точки; h – величина вертикального перемещения точки (рис. 4.14). Работа силы тяжести положительная, если начальная точка движения выше конечной, и отрицательная, – если ниже.

Работа силы упругости пружины на прямолинейном перемещении вдоль линии действия силы из положения недеформированной пружины на расстояние h определяется формулой $A(F_{\text{упр}}) = -\dfrac{ch^2}{2}$, где c – коэффициент жесткости (или просто жёсткость) пружины.

Кинетической энергией материальной точки называется скалярная величина $T = \dfrac{1}{2}mV^2$, где m – масса точки; V – её скорость. **Теорема об изменении кинетической энергии точки** заключается в том, что изменение кинетической энергии точки за конечный промежуток времени равно алгебраической сумме работ всех действующих на неё сил: $\dfrac{mV_1^2}{2} - \dfrac{mV_0^2}{2} = \sum A_{(M_0M_1)}$, где V_0,

V_1 – скорость точки в начальном положении M_0 и в положении M_1; $\sum A_{(M_0M_1)}$ – сумма работ всех сил, действующих на точку, при её перемещении из положения M_0 в положение M_1.

При несвободном движении точки сумма работ сил включает работу реакций связи. Если движение происходит без трения по неподвижной гладкой поверхности, то реакция связи направлена по нормали к поверхности и её работа при любом перемещении точки равна нулю.

Для определения реакций связи при несвободном движении точки используются уравнения движения точки в проекциях на оси естественной системы координат – касательную и нормальную: $m\frac{dV}{dt} = \sum F_\tau$, $m\frac{V^2}{\rho} = \sum F_n$, где $\sum F_\tau$, $\sum F_n$ – суммы проекций сил на касательную и нормальную оси естественной системы координат; ρ – радиус кривизны траектории точки.

4.6. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

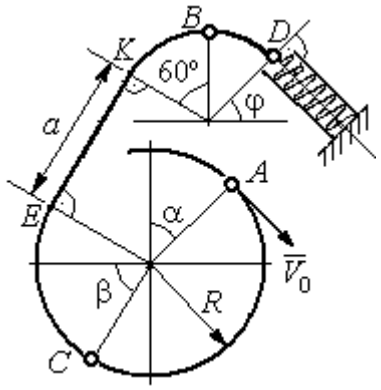
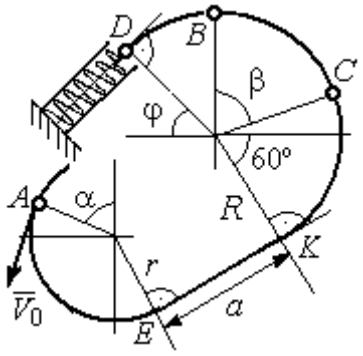
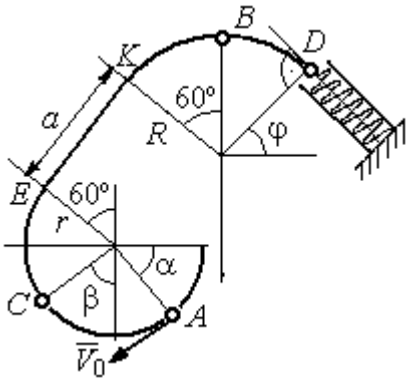
Тонкий стержень с надетым на него шариком массой *m* расположен в вертикальной плоскости и состоит из дуг окружностей радиусами *r* и *R* = 2*r*, соединённых прямолинейным отрезком *EK*, сопряжённым с дугами окружностей в точках *E* и *K*. В этих точках шарик переходит с одного участка стержня на другой, не изменяя величины и направления скорости. Длина отрезка *EK* = *a*.

В точке *A*, положение которой на дуге окружности определяется углом α, шарику сообщают начальную скорость V_0. По дугам окружностей шарик скользит без трения, а при движении по прямолинейному отрезку *EK* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f*. На участках с вертикальным отрезком *EK* считать, что шарик прижимается к стержню силой, равной половине веса шарика.

Достигнув на дуге окружности точки *D*, шарик упирается в недеформированную пружину жёсткостью *c* и, продолжая движение по сопряженной прямой, сжимает её. Положение точки *D* определяется углом φ.

Определить величину максимального сжатия пружины, если шарик проходит наивысшее положении траектории – точку *B* со скоростью $V_B = kV_0$. При найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом β.

Варианты заданий приведены на рис. 4.15, 4.16. Исходные данные задания в табл. 4.3.

Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**	**Варианты № 3, 13, 23**
		

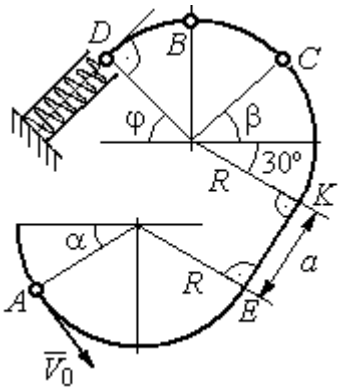
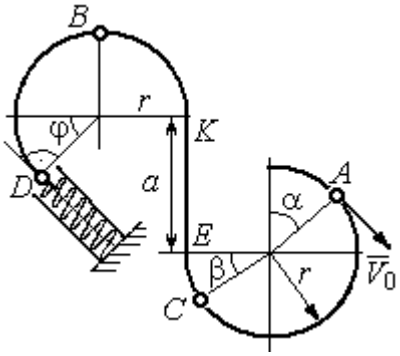
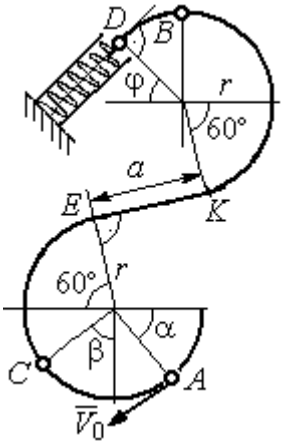
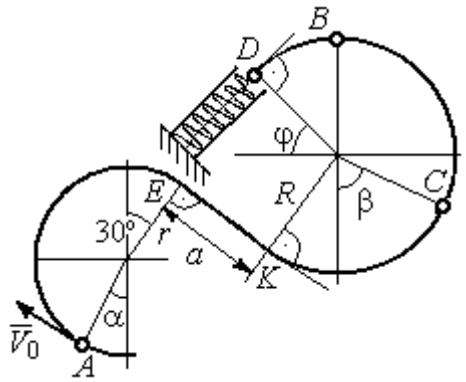
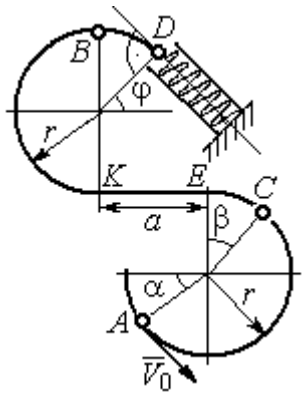
Варианты № 4, 14, 24	**Варианты № 5, 15, 25**	**Варианты № 6, 16, 26**
		

Рис. 4.15. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д3

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

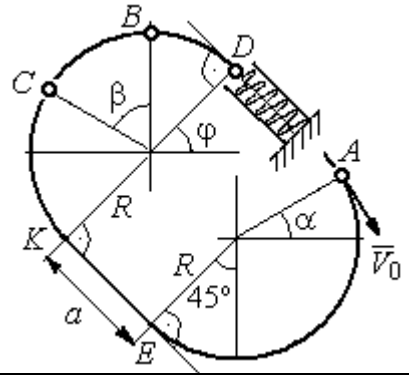
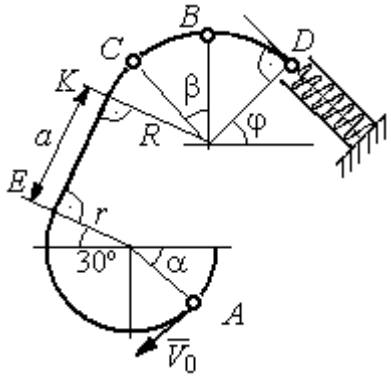
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 4.16. Задание Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 4.3

Исходные данные задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
m, кг	0,8	0,5	0,6	0,4	1,0	0,6	0,9	0,5	0,3	0,4	0,8	0,6	0,5	0,3	1,0
α, град	30	45	0	30	30	0	0	45	30	0	60	30	30	45	60
β , град	60	30	60	0	60	30	60	60	30	45	30	60	60	30	30
φ, град	0	60	30	0	0	30	45	0	30	45	30	30	0	30	45
r, м	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,8
a, м	0,5	0,6	0,9	1,4	0,8	1,2	0,5	0,5	1,4	0,5	0,8	0,5	0,8	0,6	0,6
f	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
k	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4
c, Н/м	100	80	90	80	120	100	90	80	60	80	90	60	80	60	110

Окончание табл. 4.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
m, кг	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,5	0,4	1,0	0,6	0,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,8
α, град	60	30	0	45	60	90	90	60	60	90	30	60	60	45	90
β , град	60	30	45	90	60	45	90	60	60	30	30	60	60	0	60
φ, град	45	60	60	60	30	90	0	90	45	60	60	90	30	60	0
r, м	0,6	0,4	0,8	0,5	0,6	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4
a, м	0,4	1,2	0,9	1,2	1,2	0,9	0,6	1,5	1,4	0,8	1,2	0,9	0,6	0,8	0,5
f	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4
k	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
c, Н/м	80	60	90	60	100	90	80	110	80	60	60	80	60	80	100

Пример выполнения задания Д3. Исследование движения точки с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Тонкий стержень, расположенный в вертикальной плоскости, состоит из двух дуг окружностей, сопряженных в точках *E* и *K* с прямолинейным отрезком *EK* длиной *a* = 0,6 м (рис. 4.17). Радиусы окружностей *R* = 1 м и *r* = 0,5 м. Диаметры дуг окружностей, проведённые в точках *E* и *K*, составляют с горизонтом угол 30°. На стержень надет шарик массой *m* = 0,5 кг. В точке *A*, положение которой на дуге радиуса *R* определяется углом α = 60° (см. рис. 4.17), шарику сообщают начальную скорость V_0, после чего он начинает движение. По дугам окружностей шарик скользит без трения. При движении по прямой *EK* на него действует постоянная сила трения с коэффициентом трения *f* = 0,2. Достигнув точки *D* на верхней дуге, шарик упирается в пружину жесткостью *c* = 100 Н/м и, двигаясь по сопряжённой прямой без трения, сжимает её. Найти величину максимального сжатия пружины, если наивысшее положение на траектории (точку *B*) шарик проходит со скоростью $V_B = kV_0$ при *k* = 0,3. При

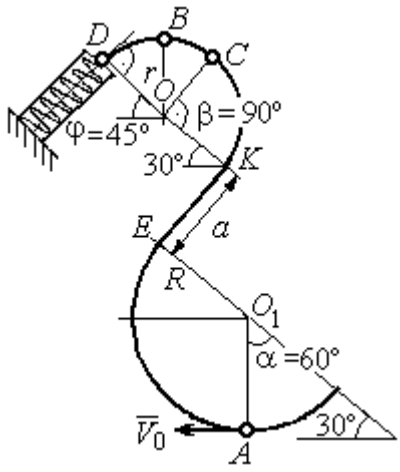


Рис. 4.17. Схема движения шарика

найденном значении начальной скорости рассчитать давление шарика на стержень в точке *C*, положение которой на дуге определяется углом $\beta = 90°$.

Решение

Рассмотрим движение шарика по стержню из начального положения *A* в наивысшее положение – точку *B*.

При движении шарика по дугам окружностей работу совершает только сила тяжести. Реакция гладкой поверхности стержня в любой момент времени перпендикулярна поверхности стержня, и потому её работа при перемещении шарика равна нулю.

На участке движении шарика по прямой *EK* на него действуют сила тяжести $\vec{P}$, нормальная реакция опоры $\vec{N}_{EK}$ и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (рис. 4.18, *b*). Работу совершают сила тяжести и сила трения. Работа реакции опоры стержня равна нулю.

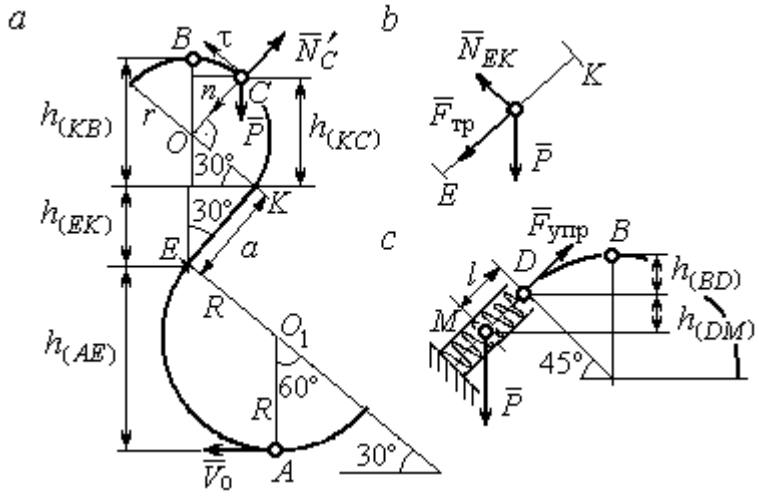


Рис. 4.18. Силы, действующие на шарик во время движения и перепады высот

Обозначим $h_{(AB)}$ – перепад высот точек *A* и *B* на траектории; V_A – начальная скорость шарика в точке *A*, $V_A = V_0$; V_B – его скорость в точке *B*, $V_B = 0{,}3V_0$.

Для вычисления перепада высот точек *A* и *B* имеем выражение (рис. 4.18, *a*):

$$h_{(AB)} = h_{(AE)} + h_{(EK)} + h_{(KB)} = R(1+\sin 30^\circ) + a\cos 30^\circ + r(1+\sin 30^\circ).$$

Будем считать шарик материальной точкой. Применяя теорему об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *A* в положение *B*, получим: $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_A^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{тр}})$, где $A(\vec{P}) = -Ph_{(AB)}$,

$A(\vec{F}_{\text{тр}}) = -F_{\text{тр}}a$ – работы, соответственно, силы тяжести на участке движения *AB* и силы трения на отрезке *EK*. Сила трения равна $F_{\text{тр}} = f \cdot N_{EK} = f \cdot mg\cos 60^\circ$ (рис. 4.18, *a*, *b*).

В результате, теорема об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из начального положения *A* в конечное положение *B* принимает вид: $\frac{m(0{,}3V_0)^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = -\,mg\left[(R+r)(1+\sin 30^\circ) + a(\cos 30^\circ + f \cdot \cos 60^\circ)\right]$.

После подстановки данных задачи, получим: $0{,}91V_0^2 = 55{,}517$, откуда находим необходимое значение начальной скорости шарика: $V_0 = 7{,}81$ м/с.

Найдём давление шарика на стержень в точке *C*.

Проведём в точке *C* оси естественной системы координат – касательную $C\tau$ и нормаль Cn (рис. 4.18, *a*). Уравнение движения шарика в точке *C* в проекции на нормальную ось имеет вид: $m\frac{V_C^2}{r} = P\cos 30^\circ - N'_C$, где V_C – скорость шарика в точке *C*, N'_C – реакция стержня, приложенная к шарику. Направление реакции на рис. 4.18, *a* соответствует предположению, что шарик давит на стержень в направлении центра дуги окружности.

Для определения скорости шарика в точке *C* воспользуемся тем, что скорость шарика в точке *B* уже известна, и применим теорему об изменении кинетической энергии при движении шарика из начального положения *C* в конечное положение *B*. На этом участке движения работу совершает только сила тяжести шарика. Получим $\frac{mV_B^2}{2} - \frac{mV_C^2}{2} = -Ph_{(CB)}$, где V_C, V_B – значения скорости шарика в точках *C* и *B*; $h_{(CB)}$ – перепад высот точек *C* и *B*; $h_{(CB)} = r(1-\sin 30^\circ) = 0{,}5r$ (см. рис. 4.18, *a*). В результате теорема об изменении кинетической энергии принимает вид: $mV_C^2 = mV_B^2 + 2mgh_{(CB)}$ или $V_C^2 = V_B^2 + gr$. Отсюда, при условии $V_B = 0{,}3V_0 = 2{,}34$ м/с, найдём $V_C = 3{,}22$ м/с.

Реакция опоры шарика: $N'_C = P\cos 30^\circ - m\dfrac{V_C^2}{r} = -6{,}12$ Н.

Отрицательное значение реакции опоры шарика означает, что вектор реакции $\vec{N}'_C$ в точке C (см. рис. 4.18, *а*) направлен в противоположную сторону. Давление шарика на стержень в точке C равно модулю реакции опоры.

Найдём величину максимального сжатия пружины.

Рассмотрим движение шарика на участке от точки *B* до положения максимально сжатой пружины – точки *M*. Движение на этом участке происходит по дуге окружности *BD* и по прямой *DM*. При этом сила тяжести совершает работу на всём участке движения, а сила упругости – на отрезке сжатия пружины. Обозначим величину максимального сжатия пружины $MD = l$.

По теореме об изменении кинетической энергии точки при движении шарика из положения *B* в *M* получим: $\dfrac{mV_M^2}{2} - \dfrac{mV_B^2}{2} = A(\vec{P}) + A(\vec{F}_{\text{упр}})$, где V_M, V_B – скорость шарика в точках *M* и *B*. Работа силы тяжести $A(\vec{P}) = Ph_{(BM)} =$ $= P\left[h_{(BD)} + h_{(DM)}\right] = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right]$. Работа силы упругости на прямолинейном участке *DM* длиной *l*: $A(\vec{F}_{\text{упр}}) = -\dfrac{cl^2}{2}$. Условие максимального сжатия пружины означает, что в точке *M* скорость шарика обращается в нуль: $V_M = 0$, тогда теорема об изменении кинетической энергии точки принимает вид: $-\dfrac{mV_B^2}{2} = mg\left[r\left(1 - \cos 45^\circ\right) + l\cos 45^\circ\right] - \dfrac{cl^2}{2}$. Подставляя данные задачи и с учётом того, что скорость шарика в наивысшей точке *B* найдена из предыдущих рассуждений $V_B = 2{,}34$ м/с, получим квадратное уравнение для определения величины максимального сжатия пружины $50l^2 - 3{,}468l - 2{,}085 = 0$. В качестве ответа принимается положительный корень уравнения $l = 0{,}24$ м.

5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы

Поступательное движение твердого тела описывается теоремой о движении центра масс механической системы. В проекциях на координатные оси дифференциальные уравнения поступательного движения твердого тела имеют вид: $m\ddot{x}_C = \sum F^e_{kx}$, $m\ddot{y}_C = \sum F^e_{ky}$, $m\ddot{z}_C = \sum F^e_{kz}$, где m – масса тела; x_C, y_C, z_C – координаты центра масс тела; F^e_{kx}, F^e_{ky}, F^e_{kz} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на твердое тело.

Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси z описывается теоремой об изменении кинетического момента.

Дифференциальное уравнения вращательного движения тела имеет вид:

$$J_z \frac{d\omega}{dt} = \sum M_z(\vec{F}^e_k) \quad \text{или} \quad J_z\ddot{\varphi} = \sum M_z(\vec{F}^e_k),$$

где ω – угловая скорость тела; $\omega = \dot{\varphi}$; φ – угол поворота тела; $\sum M_z(\vec{F}^e_k)$ – моменты внешних сил относительно оси z; J_z – момент инерции тела относительно оси z.

Уравнение вращательного движения можно представить в алгебраической форме: $J_z\varepsilon = \sum M_z(\vec{F}^e_k)$, где ε – угловое ускорение тела; $\varepsilon = \dot{\omega}$.

Плоскопараллельное движение твердого тела описывается на основании теорем о движении центра масс и изменении кинетического момента относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. В проекции на координатные оси уравнения плоскопараллельного движения тела имеют вид:

$$ma_{Cx} = \sum F^e_{kx}, \quad ma_{Cy} = \sum F^e_{ky}, \quad J_{zC}\varepsilon = \sum M_{zC}(\vec{F}^e_k),$$

где a_{Cx}, a_{Cy} – проекции ускорения центра масс тела на координатные оси; F^e_{kx},

F_{ky}^{e} – проекции на оси координат внешних сил, действующих на тело; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси *z*, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости движения; ε – угловое ускорение тела; $M_{zC}(\vec{F}_k^{e})$ – моменты внешних сил относительно оси, проходящей через центр масс.

Проводя динамический расчет механической системы, следует рассматривать движение тел системы в отдельности, предварительно освободив их от связей и заменив действие связей реакциями. Далее на основании общих теорем динамики системы следует составить уравнения движения каждого тела.

5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы

Механизм состоит из трёх тел – груза 1, катка 2 и блока 3, соединенных нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями.

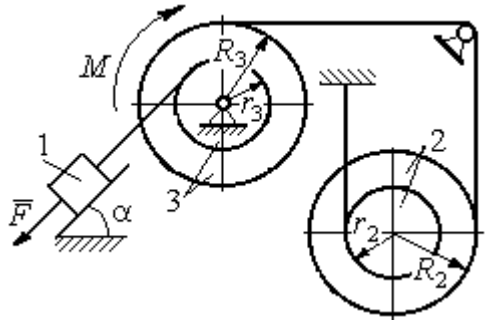
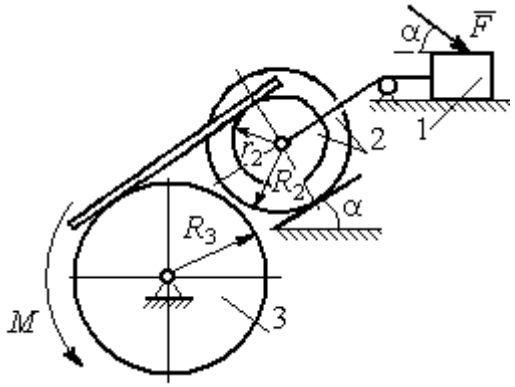
Движение механизма происходит в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Направление действия силы $\vec{F}$ определяется углом α. Качение катка 2 происходит без скольжения. Проскальзывание между дисками и соединяющими их невесомыми стержнями или нитями отсутствует.

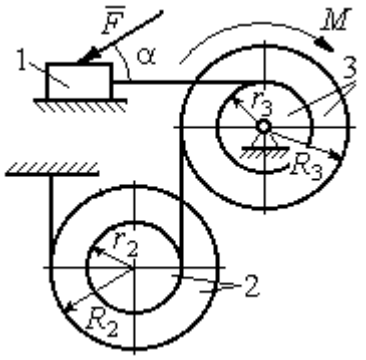
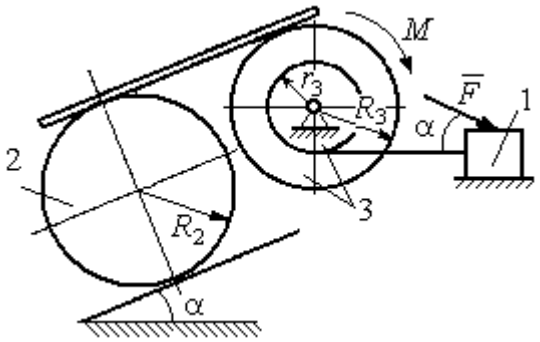
Радиусы ступеней катка 2 и блока 3 на схемах обозначены R_2, r_2 и R_3, r_3.

Сплошные диски считать однородными. Радиусы инерции неоднородных (ступенчатых) дисков относительно осей, проходящих через центры масс перпендикулярно плоскости движения, равны i_{z2}, i_{z3}.

Найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось блока 3.

Варианты заданий представлены на рис. 5.1, 5.2. Исходные данные приведены в табл. 5.1.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

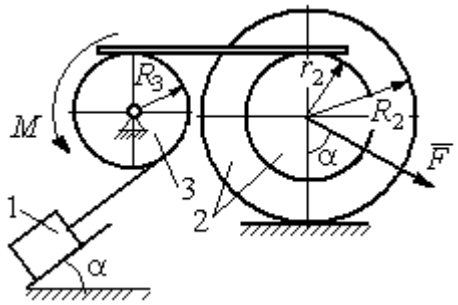
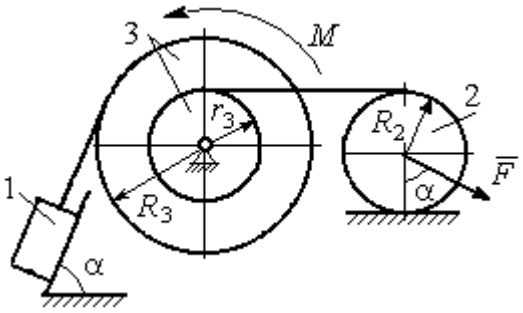
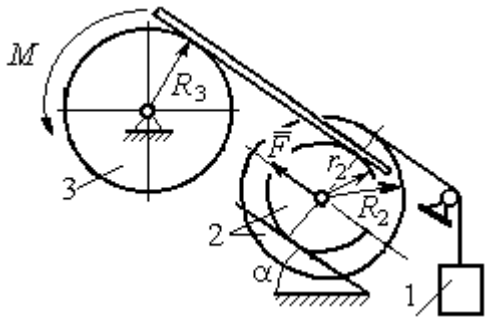
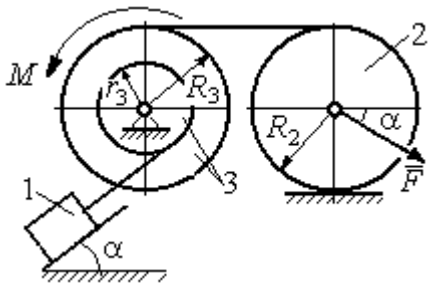
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.1. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д4

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

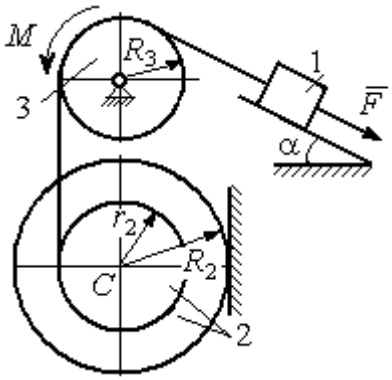
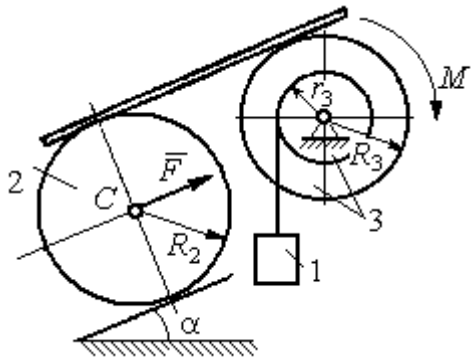
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 5.2. Задание Д4. Динамический расчёт механической системы.
Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.1

Исходные данные задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
1	P	P	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
2	$3P$	P	$3P$	$3P$	Pr	30	$2r$	r	$2r$	–	$2r$	–
3	$4P$	$3P$	$4P$	$2P$	$2Pr$	60	$2r$	r	$2r$	r	$2r$	$2r$
4	$2P$	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
5	P	$3P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	r	r	–	$2r$	–
6	P	$2P$	$4P$	$4P$	$6Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
7	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3Pr$	45	$3r$	r	r	-	$r\sqrt{3}$	–

Окончание табл. 5.1

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	R_2, м	r_2, м	R_3, м	r_3, м	i_{z2}, м	i_{z3}, м
8	$2P$	$3P$	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
9	$3P$	P	$3P$	P	$2Pr$	30	$2r$	r	$2r$	–	$r\sqrt{2}$	–
10	P	P	$3P$	P	$2Pr$	60	$3r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
11	P	P	$3P$	$2P$	$3Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$r\sqrt{2}$	$r\sqrt{2}$
12	$2P$	P	$2P$	$4P$	Pr	60	$3r$	r	$3r$	–	$r\sqrt{3}$	–
13	$3P$	P	$3P$	$3P$	$2Pr$	30	$3r$	$2r$	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
14	$2P$	P	$3P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$
15	P	$2P$	$4P$	P	$4Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$	–
16	P	$3P$	$4P$	$2P$	$3Pr$	30	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{2}$
17	P	P	$3P$	$2P$	$6Pr$	60	$3r$	r	$3r$	-	$r\sqrt{3}$	
18	$2P$	$2P$	$3P$	P	$3Pr$	60	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{2}$
19	$2P$	P	$2P$	$3P$	$4Pr$	30	$3r$	r	$3r$	–	$2r$	–
20	P	P	$3P$	P	$2Pr$	45	$2r$	–	$2r$	r	–	$r\sqrt{3}$
21	$2P$	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	60	$2r$	r	$3r$	r	$r\sqrt{2}$	$2r$
22	P	P	$2P$	$5P$	$2Pr$	45	$3r$	$2r$	$2r$	–	$2r$	–
23	$2P$	$2P$	$3P$	$3P$	$2Pr$	60	$3r$	r	$2r$	r	$2r$	$r\sqrt{2}$
24	$4P$	P	$3P$	P	$3Pr$	30	$2r$	–	$3r$	r	–	$r\sqrt{3}$
25	P	$3P$	$2P$	P	$2Pr$	60	$3r$	r	r	–	$r\sqrt{3}$	–
26	P	$3P$	$4P$	$3P$	$3Pr$	45	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{3}$
27	P	P	$4P$	$2P$	$4Pr$	30	$2r$	r	$2r$	-	$r\sqrt{3}$	
28	$2P$	$3P$	$3P$	P	$6Pr$	30	$2r$	–	$3r$	$2r$	–	$r\sqrt{2}$
29	$2P$	P	$2P$	$2P$	$2Pr$	45	$2r$	r	r	–	$2r$	–
30	P	P	$4P$	P	$4Pr$	60	$3r$	–	$3r$	$2r$	–	$2r$

Пример выполнения задания Д4. Динамический расчёт механической системы

Механизм (рис. 5.3) состоит из груза 1, однородного диска – катка 2 и неоднородного диска – блока 3, соединённых друг с другом нерастяжимыми нитями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя.

Движение происходит под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, равных по модулю: $P_1 = 2P$, $P_2 = 2P$, $P_3 = 3P$, силы $\vec{F}$, приложенной в центре масс катка 2, равной по величине: $F = 3P$, и пары сил с моментом $M = Pr$,

приложенных к блоку 3. Механизм является неизменяемой механической системой. Радиус катка 2 $R_2 = 2r$. Качение катка по наклонной плоскости происходит без проскальзывания. Радиусы ступенчатого блока 3: $R_3 = 3r$, $r_3 = r$. Радиус инерции блока 3 $i_3 = r\sqrt{3}$.

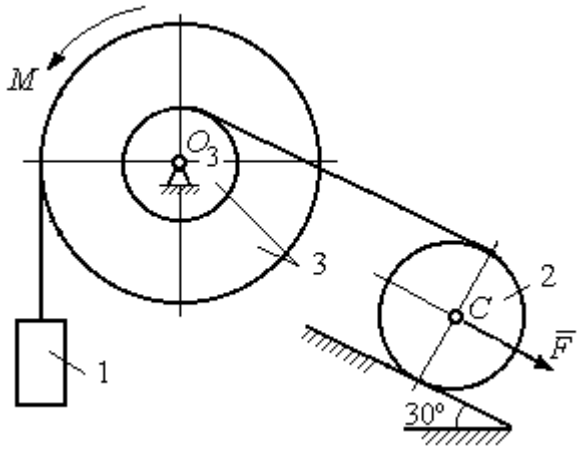


Рис. 5.3. Схема механической системы

Применяя метод динамического расчета механической системы найти ускорение груза 1 и динамические реакции, действующие на ось вращающегося блока 3.

Решение

Освобождаем систему от связей. На рис. 5.4 изображены внешние силы, действующие на каждое тело, после освобождения его от связей.

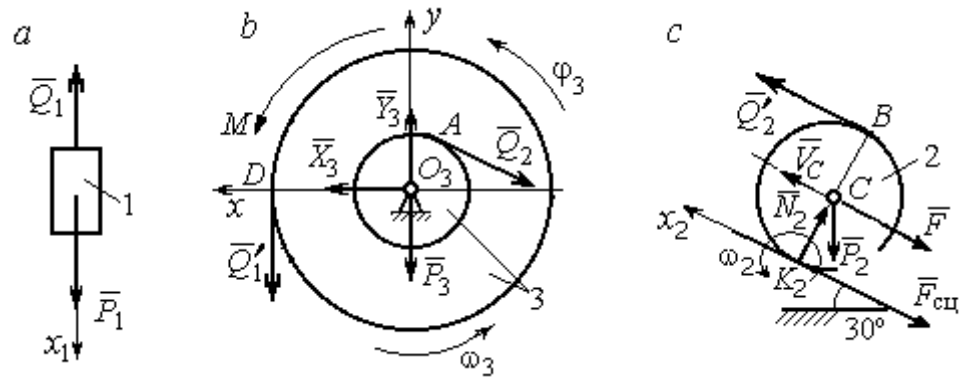


Рис. 5.4. Расчетные схемы для описания движения тел, входящих в систему:
a – поступательное движение груза 1; *b* – вращательное движение блока 3;
c – плоское движение катка 2

Груз 1 совершает поступательное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция нити $\vec{Q}_1$ (рис. 5.4, *a*). Предположим, груз 1 движется вниз, и направим ось x_1 в сторону движения груза.

Уравнение движения груза в проекции на ось x_1 в соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы имеет вид:

$$m_1 a_1 = \sum F_{kx} = P_1 - Q_1 = 2P - Q_1,$$

где m_1, a_1 – соответственно, масса груза 1 и его ускорение, $m_1 = \frac{P_1}{g} = \frac{2P}{g}$.

Блок 3 вращается вокруг неподвижной оси *z*, проходящей через его центр масс O_3, перпендикулярно плоскости диска. Направление вращения блока, соответствующее выбранному движению вниз груза 1, показано на рис. 5.4, *b* дуговой стрелкой ω_3.

На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, силы реакции подшипника $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, момент *M* и реакции нитей $\vec{Q}_1'$ и $\vec{Q}_2$ (см. рис. 5.4, *b*). При составлении уравнения вращательного движения блока 3 моменты сил считаем положительными, если они поворачивают блок в сторону его вращения.

Уравнение вращения блока 3 имеет вид:

$$J_{zO_3} \varepsilon_3 = \sum M_{zO_3}(F_k) = Q_1' R_3 + M - Q_2 r_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r,$$

где J_{zO_3} – момент инерции блока 3 относительно оси *z*; ε_3 – угловое ускорение диска 3, $J_{zO_3} = m_3 i_3^2 = \frac{P_3}{g}(r\sqrt{3})^2 = \frac{9Pr^2}{g}$.

Каток 2 совершает плоскопараллельное движение. К нему приложены сила тяжести $\vec{P}_2$, сила $\vec{F}$, реакция нити $\vec{Q}_2'$ и реакция наклонной плоскости, состоящая из нормальной реакции опоры $\vec{N}_2$ и силы сцепления катка с поверхностью $\vec{F}_{\text{сц}}$. Согласно принципу равенства действия и противодействия, модули сил $\vec{Q}_2$ и $\vec{Q}_2'$ равны. На рис. 5.4, *c* показаны направления действия сил, приложенных к диску 2. В соответствии с направлением движения груза 1, центр масс катка 2 движется вверх параллельно наклонной плоскости. Направление движения центра масс катка 2 показано направлением оси x_2. Направление вращения катка 2 показано дуговой стрелкой угловой скорости ω_2 (см. рис 5.4, *c*).

Плоскопараллельное движение катка 2 описывается уравнением движения его центра масс и уравнением вращения вокруг оси, проходящей через

центр масс, перпендикулярно плоскости диска. Составляя уравнение движения, получим:

$$m_2 a_C = Q_2' - F - F_{\text{сц}} - P_2 \cos 60^\circ = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P,$$

$$J_C \varepsilon_2 = Q_2' R_2 + F_{\text{сц}} R_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r,$$

где m_2 – масса катка 2, $m_2 = \frac{P_2}{g} = \frac{2P}{g}$; a_C, ε_2 – ускорение центра масс и угловое ускорение катка 2; J_C – момент инерции однородного катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс, перпендикулярно плоскости диска, $J_C = \frac{m_2 R_2^2}{2} = \frac{P R_2^2}{g} = \frac{4 P r^2}{g}$. В уравнении вращательного движения диска момент силы считается положительным, если создаваемый им поворот направлен в сторону вращения диска,

К системе четырех уравнений, описывающих движения тел в системе, необходимо добавить уравнения связей. Если предположить, что скорость центра масс катка 2 равна V_C, то угловая скорость катка определится по формуле: $\omega_2 = \frac{V_C}{CK_2} = \frac{V_C}{R_2}$, где CK_2 – расстояние от центра масс катка 2 до его мгновенного центра скоростей (см. рис. 5.4, *c*). Продифференцировав по времени последнее равенство, получим уравнение связи между ускорением центра масс катка 2 и его угловым ускорением: $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{R_2} = \frac{a_C}{R_2} = \frac{a_C}{2r}$.

Скорость точки *B* катка 2 (см. рис. 5.4, *c*) $V_B = \omega_2 \cdot BK_2 = \frac{V_C}{R_2} 2R_2 = 2V_C$.

Точка *B* катка 2 и точка *A* блока 3 соединены нитью (см. рис. 5.3), поэтому их скорости равны. Приравняв скорости точек *A* и *B*, получим равенство: $2V_C = V_B = V_A = \omega_3 r_3 = \omega_3 r$, откуда $\omega_3 = \frac{2V_C}{r}$. После дифференцирования последнего выражения найдём соотношение между ускорениями: $\varepsilon_3 = \frac{2a_C}{r}$.

Скорость груза 1 связана со скоростью центра масс диска 2 следующим образом: $V_1 = V_D = \omega_3 R_3 = \dfrac{2V_C}{r} 3r = 6V_C$. Тогда $a_1 = 6a_C$.

В результате получены четыре уравнения, описывающие движение тел в системе:

$$\frac{2P}{g} a_1 = 2P - Q_1, \quad \frac{9Pr^2}{g} \varepsilon_3 = Q_1 3r + Pr - Q_2 r;$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 3P - F_{\text{сц}} - P, \quad \frac{4Pr^2}{g} \varepsilon_2 = Q_2 2r + F_{\text{сц}} 2r$$

и три уравнения связей: $\varepsilon_2 = \dfrac{a_C}{2r}$, $\varepsilon_3 = \dfrac{2a_C}{r}$, $a_1 = 6a_C$.

После подстановки уравнений связи в уравнения движения тел получим систему четырёх уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\frac{12P}{g} a_C = 2P - Q_1, \quad \frac{18P}{g} a_C = 3Q_1 + P - Q_2,$$

$$\frac{2P}{g} a_C = Q_2 - 4P - F_{\text{сц}}, \quad \frac{P}{g} a_C = Q_2 + F_{\text{сц}},$$

которая может быть решена любым известным из курса математики способом.

Например, исключив из первых двух уравнений величину Q_1, а из третьего и четвёртого уравнений – величину $F_{\text{сц}}$, получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\frac{54P}{g} a_C = 7P - Q_2, \; \frac{3P}{g} a_C = 2Q_2 - 4P,$$

откуда $a_C = \dfrac{10}{111} g$, $Q_2 = \dfrac{79}{37} P$. Величину натяжения нити Q_1 находим из первого уравнения исходной системы: $Q_1 = \dfrac{34}{37} P$.

Для вычисления динамической реакции R_3 оси блока 3 заметим, что центр масс блока 3 неподвижен и его ускорение равно нулю, $\vec{a}_{O_3} = 0$. Тогда уравнения движения центра масс блока 3 в проекциях на оси x, y имеют вид :

$$m_3 a_{O_3 x} = X_3 - Q_2 \cos 30^\circ = 0,\ m_3 a_{O_3 y} = Y_3 - Q_1 - P_3 - Q_2 \cos 60^\circ = 0,$$

где X_3, Y_3, – проекции реакции R_3 оси вращающегося блока 3 на оси x, y (см. рис. 5.4, *b*). Отсюда, с учетом значений $Q_1 = 0{,}919P$ и $Q_2 = 2{,}135P$, проекции динамической реакции оси блока 3: $X_3 = Q_2 \cos 30^\circ = 1{,}85P$, $Y_3 = Q_1 + P_3 + Q_2 \cos 60^\circ = 4{,}98P$. Полная величина динамической реакции оси блока 3: $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2} = 5{,}31P$.

5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы

Кинетическая энергия тела при поступательном движении: $T = \frac{1}{2} m V_C^2$, где m – масса тела; V_C – скорость центра масс тела. **Кинетическая энергия тела при вращательном движении** вокруг неподвижной оси z: $T = \frac{1}{2} J_z \omega^2$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ω – угловая скорость тела. Для дисков с равномерно распределённой массой момент инерции относительно оси z, проходящей через центр масс: $J_z = \frac{1}{2} m R^2$, где R – радиус диска. Для тел с неравномерно распределённой массой $J_z = m i_z^2$, где i_z – радиус инерции. **Кинетическая энергия тела при плоскопараллельном движении:** $T = \frac{1}{2} m V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega^2$, где m – масса тела; V_C, ω – скорость центра масс и угловая скорость тела; J_{zC} – момент инерции тела относительно оси z, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения.

Работа постоянной по модулю и направлению силы $\vec{F}$ на конечном прямолинейном перемещении S точки приложения силы: $A(F) = FS\cos\alpha$, где α – угол между вектором силы и перемещением. Если угол α острый, работа

положительна. Если тупой – отрицательна. При $\alpha = 90°$ сила перпендикулярна перемещению точки и работа силы равна нулю.

Работа пары сил с постоянным моментом M при повороте тела на конечный угол φ: $A = \pm M\varphi$, где φ – угол поворота тела. Работа считается положительной, если пара сил стремится повернуть тело в направлении его вращения, и отрицательной – в противном случае.

Мощностью силы $\vec{F}$ называют величину $N(F)$, равную скалярному произведению силы на скорость точки её приложения: $N(F) = \vec{F} \cdot \vec{V} = F \cdot V\cos\alpha$, где V – скорость точки приложения силы; α – угол между вектором силы и вектором скорости точки приложения силы.

При плоском движении тела мощность силы выражается суммой скалярных произведений векторов: $N = \vec{F} \cdot \vec{V}_O + \vec{M}_O(\vec{F}) \cdot \vec{\omega} = F \cdot V_O\cos\alpha \pm F h_O \omega$, где $\vec{V}_O$ – вектор скорости точки, выбранной полюсом; $\vec{\omega}$ – вектор угловой скорости тела; $\vec{M}_O$ – вектор момента силы $\vec{F}$ относительно полюса; h_O – плечо силы $\vec{F}$ относительно полюса *O*.

Теорема об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. Производная по времени от кинетической энергии системы равна сумме мощностей внешних и внутренних сил $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e) + \sum N(\vec{F}_k^i)$, где T – кинетическая энергия системы; $\sum N(\vec{F}_k^e)$, $\sum N(\vec{F}_k^i)$ – сумма мощностей, соответственно, внешних и внутренних сил.

Теорема об изменении кинетической энергии системы на конечном перемещении. Изменение кинетической энергии системы на её конечном перемещении равно сумме работ внешних и внутренних сил, действующих на систему $T - T_0 = \sum A(\vec{F}_k^e) + \sum A(\vec{F}_k^i)$, где T, T_0 – кинетическая энергия системы, соответственно, в текущем и начальном состояниях; $\sum A(\vec{F}_k^e)$, $\sum A(\vec{F}_k^i)$ – сум-

ма работ внешних и внутренних сил при перемещении системы из начального состояния в текущее.

Механические системы, состоящие из абсолютно твердых тел, соединенных гибкими нерастяжимыми нитями, называются **неизменяемыми**. В неизменяемых системах сумма работ внутренних сил и, следовательно, сумма мощностей этих сил равны нулю. Поэтому для таких систем в теореме об изменении кинетической энергии достаточно учитывать только внешние силы.

5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Неизменяемая механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых нерастяжимой нитью или невесомым стержнем. Нити и стержни, соединяющие диски, параллельны плоскостям качения дисков. Качение дисков без скольжения. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует.

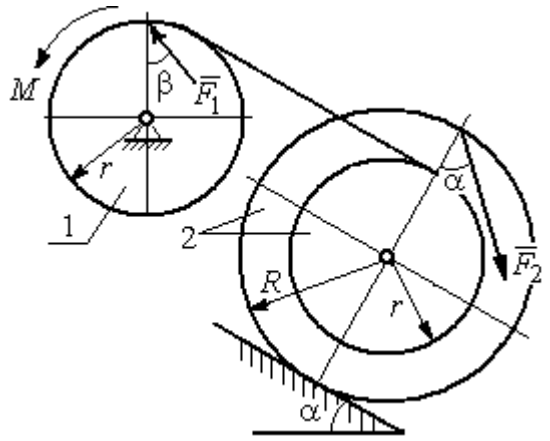
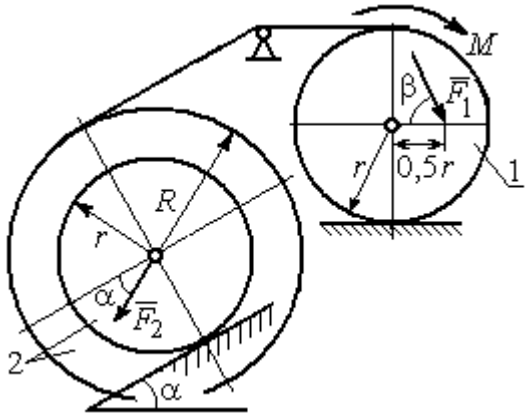
Вес дисков P_1 и P_2. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом *M*. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и наклон плоскости (если он есть) определяются углами α или β, показанными на схемах механизмов.

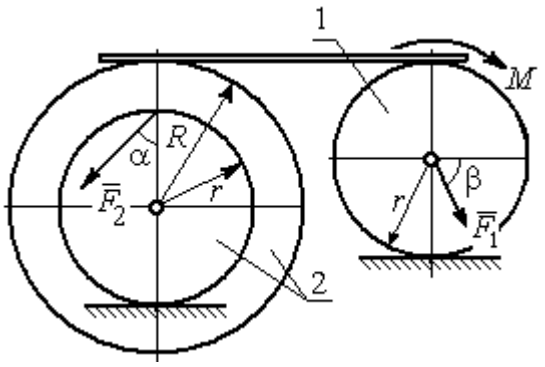
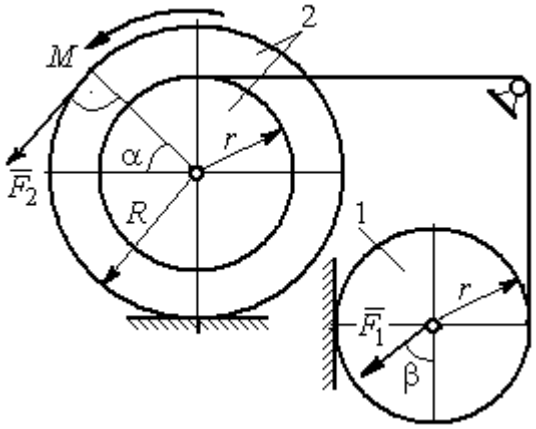
Радиус однородного диска *r*. Радиусы ступеней ступенчатого диска *R* и *r*. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

1. Найти ускорение центра масс диска 2.

2. Найти реакцию опоры диска 2 на плоскость (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с плоскостью).

Варианты задания приведены на рис. 5.5, 5.6, исходные данные представлены в табл. 5.2.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

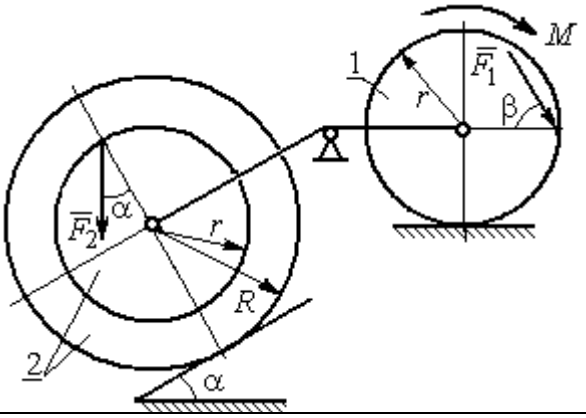
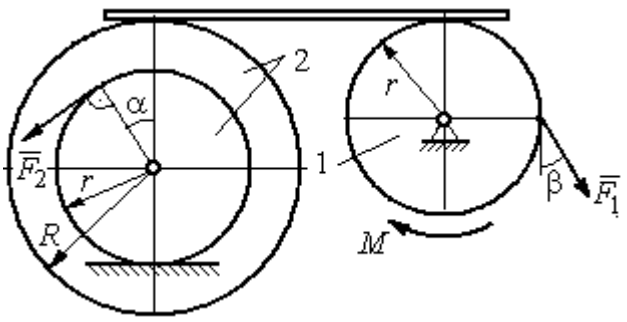
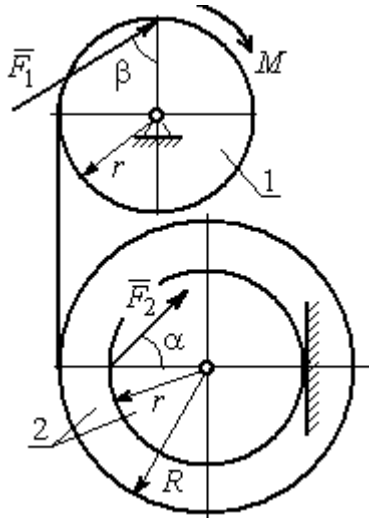
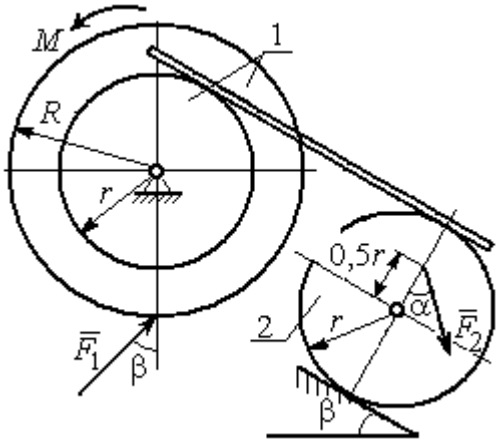
Вариант № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 5.5. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д5

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

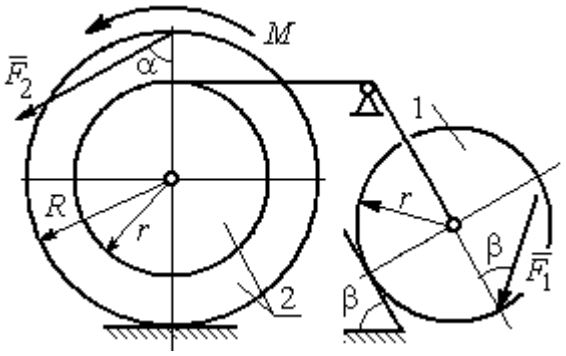
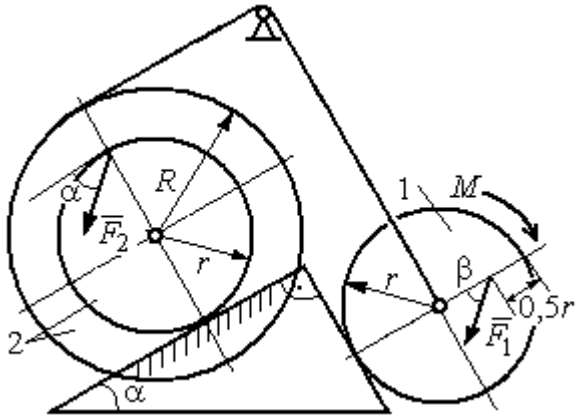
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты 10, 20, 30**
	

Рис. 5.6. Задание Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии. Варианты задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 5.2

Исходные данные задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	15	20	25	30	60	0,4	0,3	0,3
2	20	30	10	20	20	60	30	0,6	0,3	0,4
3	10	15	12	20	25	60	60	1,2	0,6	0,8
4	12	25	20	25	35	30	30	1,5	0,5	1,2

Окончание табл. 5.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	F_1, Н	F_2, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
5	15	20	10	20	30	60	30	0,8	0,4	0,7
6	18	20	18	22	22	45	60	1,2	0,4	0,9
7	15	25	10	8	20	45	45	0,9	0,6	0,7
8	25	22	10	12	30	45	60	1,0	0,8	0,9
9	12	25	18	10	32	30	30	0,8	0,6	0,7
10	10	15	8	10	28	60	30	1,4	0,7	1,2
11	15	22	20	25	30	60	45	0,6	0,4	0,5
12	20	25	15	40	30	30	60	0,8	0,4	0,6
13	10	20	10	25	30	45	30	1,0	0,5	0,9
14	12	15	18	15	25	30	30	0,9	0,3	0,8
15	20	25	20	20	30	45	60	1,0	0,5	0,8
16	10	15	10	15	16	60	45	1,2	0,4	1,1
17	18	25	12	10	30	30	30	1,5	0,9	1,3
18	25	20	10	15	20	60	60	0,8	0,5	0,7
19	12	25	10	10	32	60	60	1,2	0,9	1,1
20	15	20	8	20	25	30	45	0,8	0,4	0,7
21	10	25	25	15	30	45	30	0,7	0,5	0,6
22	18	20	20	20	35	60	45	1,4	0,7	0,9
23	10	15	10	30	30	30	30	1,4	0,7	0,8
24	10	15	12	20	20	30	30	1,2	0,4	0,8
25	12	18	20	18	30	60	30	1,2	0,6	1,1
26	10	12	12	15	15	30	30	0,9	0,3	0,8
27	15	22	10	12	20	45	60	0,8	0,6	0,7
28	22	20	8	16	8	30	45	0,6	0,2	0,4
29	18	25	10	8	32	60	60	1,2	0,8	1,1
30	20	25	8	20	28	30	30	0,8	0,4	0,6

Пример выполнения задания Д5. Исследование движения механической системы с применением теоремы об изменении кинетической энергии

Механическая система состоит из ступенчатого и однородного дисков, соединённых невесомым стержнем (рис. 5.7). Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести, сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и пары сил с моментом M. Направления действия сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ определяются углами α и β.

Диск 1 вращается вокруг неподвижной оси O_1. Диск 2 катится прямолинейно по горизонтальной поверхности. Качение диска 2 без проскальзывания.

Невесомый стержень, соединяющий диски, расположен горизонтально. Скольжение между стержнем и дисками отсутствует.

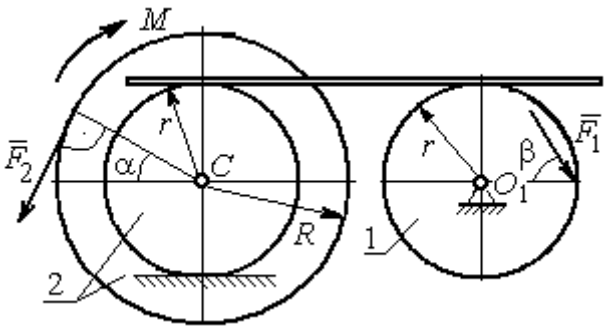


Рис. 5.7. Схема движения механической системы

Определить ускорение центра масс диска 2, угловое ускорение дисков, усилие в стержне, динамическую реакцию шарнира O_1, реакцию опоры диска 2 (её нормальную составляющую и силу сцепления диска с поверхностью качения), если модули сил тяжести $P_1 = 40$ Н, $P_2 = 60$ Н, модули сил $F_1 = 80$ Н, $F_2 = 30$ Н, величина момента $M = 35$ Н·м, углы наклона сил $\alpha = 30°$, $\beta = 45°$, радиусы дисков $R = 0{,}8$ м, $r = 0{,}6$ м, радиус инерции диска 2 $i_z = 0{,}4$ м.

Решение

Предположим, что во время движения системы диск 1 вращается по ходу часовой стрелки. Угловые скорости ω_1 и ω_2 дисков 1 и 2 и скорость центра масс диска 2 показаны на рис. 5.8.

На диск 1 действуют силы: $\vec{F}_1$, сила тяжести $\vec{P}_1$ и реакция шарнира O_1, разложенная на составляющие $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$. На диск 2: сила $\vec{F}_2$, сила тяжести $\vec{P}_2$, пара сил с моментом M, нормальная реакция опоры $\vec{N}$ и сила сцепления диска 2 с поверхностью $\vec{F}_{сц}$. Направления действия сил показаны на рис. 5.8.

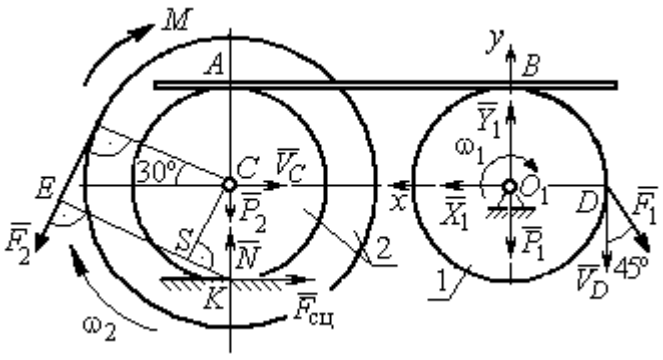


Рис. 5.8. Расчетная схема для исследования движения системы

Для решения задачи воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии системы в дифференциальной форме. По условию задачи рассматриваемая система неизменяемая и, следовательно, сумма мощностей внутренних сил равна нулю. В этом случае теорема об изменении кинетической энергии системы принимает вид $\frac{dT}{dt} = \sum N(\vec{F}_k^e)$, где T – энергия системы в текущем положении; $\sum N(\vec{F}_k^e)$ – суммарная мощность внешних сил.

Найдём кинетическую энергию системы и выразим её через скорость центра масс диска 2.

Кинетическая энергия вращательного движения диска 1: $T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2$, где ω_1 – угловая скорость диска 1; J_{zO_1} – осевой момент инерции диска 1, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$. Диск 2 движется плоскопараллельно. Его кинетическая энергия определяется по формуле: $T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2$, где V_C, ω_2 – скорость центра масс и угловая скорость диска 2; J_{zC} – момент инерции ступенчатого диска 2 относительно оси *z*, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости диска, $J_{zC} = m_2 i_z^2$.

У диска 2 мгновенный центр скоростей находится в точке касания его с неподвижной поверхностью (точка *K* на рис. 5.8). Тогда скорость точки *C* определяется по формуле $V_C = \omega_2 \cdot CK = \omega_2 r$, откуда $\omega_2 = \frac{V_C}{r}$. Скорость точки *A* $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2 2r$, или $V_A = 2V_C$.

Так как нет проскальзывания между стержнем и дисками, скорость точки *A* на диске 2 равна скорости точки *B* на диске 1, причём $V_B = \omega_1 r$. Приравнивая скорости $V_B = V_A$, найдем $\omega_1 = \frac{2V_C}{r}$.

С учетом найденных зависимостей кинетические энергии дисков 1 и 2 и суммарная энергия системы имеют вид

$$T_1 = \frac{1}{2} J_{zO_1} \omega_1^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_1 r^2}{2g} \left(\frac{2V_C}{r} \right)^2 = \frac{P_1}{g} V_C^2;$$

$$T_2 = \frac{1}{2} m_2 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_2^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{P_2}{g} i_z^2 \left(\frac{V_C}{r} \right)^2;$$

$$T = T_1 + T_2 = \frac{P_1}{g} V_C^2 + \frac{1}{2} \frac{P_2}{g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) V_C^2 .$$

Производная по времени от кинетической энергии системы

$$\frac{dT}{dt} = 2V_C \frac{dV_C}{dt} \left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g} \left(1 + \frac{i_z^2}{r^2} \right) \right].$$

Найдем сумму мощностей внешних сил. Отметим, что мощности силы тяжести $\vec{P}_1$ и сил реакции $\vec{X}_1$, $\vec{Y}_1$ подшипника O_1 равны нулю, так как нет перемещения точек приложения этих сил. Мощности сил $\vec{N}$ и $\vec{F}_{\text{сц}}$ – нормальной реакции опоры диска 2 и силы сцепления диска с плоскостью также равны нулю, так как точкой приложения этих сил является мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого равна нулю. Мощность силы $\vec{P}_2$ равна нулю, так как угол между вектором силы и скоростью точки приложения силы – точки C – равен 90° (см. рис. 5.8). Для определения мощности силы $\vec{F}_2$, приложенной к диску 2, воспользуемся формулой расчета мощности силы при плоскопараллельном движении тела. Выберем в качестве полюса точку K – мгновенный центр скоростей диска 2, скорость которого $V_K = 0$ (см. рис. 5.8). В этом случае мощность силы $\vec{F}_2$ равна: $N(\vec{F}_2) = \vec{M}_K \cdot \vec{\omega}_2 = -F_2 h_K \omega_2$, где $\vec{M}_K = M_K(\vec{F}_2)$ – вектор момента силы $\vec{F}_2$ относительно центра K; $\vec{\omega}_2$, ω_2 – вектор и модуль угловой скорости диска 2; h_K – плечо силы $\vec{F}_2$ относительно центра K. Мощ-

ность силы $\vec{F}_2$ отрицательная, так как направление момента силы $\vec{F}_2$ относительно точки K противоположно направлению угловой скорости диска 2.

В результате, мощность силы $\vec{F}_2$:

$$N(\vec{F}_2) = -F_2 h_K \omega_2 = -F_2(R + r\cos 60^\circ)\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Здесь $h_K = EK = ES + SK = R + r\cos 60^\circ$ (см. рис. 5.8).

Заметим, что для вычисления мощности силы F_2 можно использовать в качестве полюса центр масс диска – точку C. Имеем:

$$N(\vec{F}_2) = \vec{F}_2 \cdot \vec{V}_C + \vec{M}_C(F_2) \cdot \vec{\omega}_2 = F_2 V_C \cos 120^\circ - F_2 R\omega_2 = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right).$$

Момент M направлен в сторону вращения диска 2. Его мощность положительная: $N(M) = M\omega_2 = M\dfrac{V_C}{r}$. Мощность силы $\vec{F}_1$, приложенной в точке D, $N(\vec{F}_1) = F_1 V_D \cos 45^\circ = F_1 V_C \sqrt{2}$. Здесь учтено очевидное равенство $V_D = V_A = 2V_C$ (см. рис. 5.8).

Суммарная мощность внешних сил:

$$\sum N(F^e) = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2}.$$

В результате теорема об изменении кинетической энергии системы приводится к виду

$$2V_C\frac{dV_C}{dt}\left[\frac{P_1}{g} + \frac{P_2}{2g}\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right] = -F_2 V_C\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + M\frac{V_C}{r} + F_1 V_C\sqrt{2},$$

откуда ускорение центра масс диска 2:

$$a_C = \frac{dV_C}{dt} = \frac{\left[-F_2\left(\frac{1}{2} + \frac{R}{r}\right) + \frac{M}{r} + F_1\sqrt{2}\right]g}{\left[2P_1 + P_2\left(1 + \frac{i_z^2}{r^2}\right)\right]}.$$

Подставляя исходные данные задачи, получим: $a_C = 6{,}85$ м/с^2.

Для определения углового ускорения диска 2 продифференцируем по времени равенство $\omega_2 = \frac{V_C}{CK} = \frac{V_C}{r}$. Дифференцирование здесь допустимо, так как во время движения диска 2 расстояние от точки *C* до мгновенного центра скоростей диска 2 – точки *K* – не меняется.

Найдем $\varepsilon_2 = \dot{\omega}_2 = \frac{\dot{V}_C}{r} = \frac{a_C}{r}$ = 11,42 рад/с^2. Угловое ускорение диска 1 находится путём дифференцирования равенства $\omega_1 = 2\omega_2$. Имеем: $\varepsilon_1 = 2\varepsilon_2 = 22{,}84$ рад/с^2.

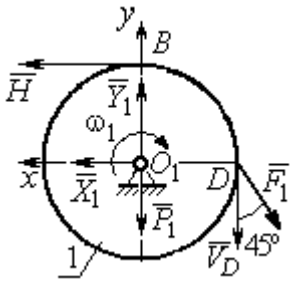


Рис. 5.9. Силы, действующие на диск 1 во время движения

Для того чтобы определить реакцию стержня, освобождаемся от стержня, заменяем его реакцией $\vec{H}$ и составляем уравнения движения дисков 1 и 2.

Силы, действующие на диск 1 во время движения, показаны на рис. 5.9. Уравнение вращательного движения диска 1 в алгебраической форме: $J_{zO_1}\varepsilon_1 = \sum M_z(\vec{F}_k^e)$, где ε_1 – угловое ускорение диска; J_{zO_1} – момент инерции диска 1 относительно оси *z*, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости диска, $J_{zO_1} = \frac{m_1 r^2}{2}$; $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e)$ – сумма моментов внешних сил относительно оси *z*.

Считая моменты сил положительными, если они создают поворот диска в сторону его вращения, составим сумму моментов внешних сил относительно оси *z*: $\sum M_{zO_1}(\vec{F}_k^e) = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$. В результате уравнение вращательного движения диска 1 принимает вид: $\frac{P_1 r^2}{2g}\varepsilon_1 = F_1 r\cos 45^\circ - Hr$.

Подставляя в уравнение исходные данные задачи с учетом найденного значения углового ускорения диска 1 ε_1 = 22,84 рад/с^2, найдем реакцию стержня *H* = 28,63 Н.

Для определения динамической реакции шарнира O_1 диска 1 применим теорему о движении центра масс. Выберем оси координат O_1x и O_1y, как показано на рис. 5.9, и составим уравнение движения центра масс диска 1 в проекциях на оси координат с учётом того, что сам центр масс неподвижен и его ускорение равно нулю.

Получим систему:

$$H + X_1 - F_1\sin 45^\circ = 0, \quad Y_1 - P_1 - F_1\cos 45^\circ = 0.$$

Отсюда, с учётом найденной величины усилия в стержне $H = 28{,}63$ Н, находим составляющие динамической реакции шарнира: $X_1 = 27{,}94$ Н, $Y_1 = 96{,}57$ Н. Полная реакция шарнира $R_{O_1} = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2} = 100{,}53$ Н.

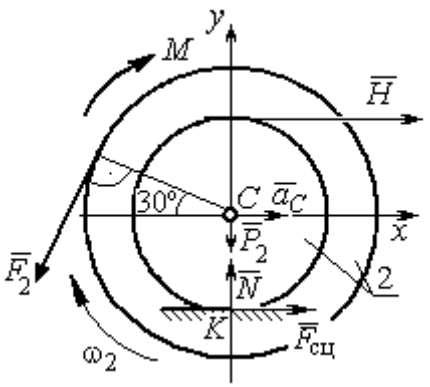


Рис. 5.10. Силы, действующие на диск 2 во время движения

Для определения величины силы сцепления диска 2 с поверхностью качения и нормальной составляющей реакции опоры диска используем теорему о движении центра масс. Силы, приложенные к диску 2, и выбранная система координат xCy показаны на рис. 5.10. Уравнения движения центра масс диска 2 в проекциях на оси x, y имеют вид:

$$m_2 a_C = H + F_{\text{сц}} - F_2\cos 60^\circ;$$

$$0 = -F_2\cos 30^\circ - P_2 + N.$$

С учетом найденных значений реакции стержня $H = 28{,}63$ Н и ускорения центра масс диска 2 $a_C = 6{,}85$ м/с^2, находим силу сцепления и нормальную реакцию опоры: $F_{\text{сц}} = 28{,}27$ Н, $N = 85{,}98$ Н.

Полная реакция опоры $R_K = \sqrt{N^2 + F_{\text{сц}}^2} = 90{,}51$ Н.

6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики

Силой инерции материальной точки называют векторную величину, модуль которой равен произведению массы точки на модуль её ускорения, направленную противоположно этому ускорению $\vec{R}^{\text{и}} = -m\vec{a}$, где m – масса точки; $\vec{a}$ – вектор ускорения точки.

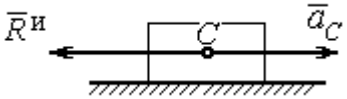


Рис. 6.1. Главный вектор сил инерции при поступательном движении твердого тела

При поступательном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к главному вектору сил инерции $\vec{R}^{\text{и}}$, равному по величине $R^{\text{и}} = ma_C$, приложенному в центре масс тела и направленному в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ (рис. 6.1).

При вращении тела вокруг неподвижной оси z, проходящей через центр масс, главный вектор сил инерции, приведённый к центру масс тела, обращается в нуль (так как ускорение центра масс равно нулю). Таким образом, система сил инерции приводится к паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси вращения. Величина главного момента сил инерции $M^{\text{и}} = J_z\varepsilon$, где J_z – момент инерции тела относительно оси z; ε – угловое ускорение тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (рис. 6.2).

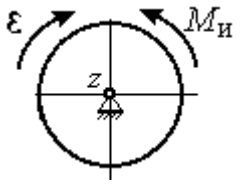


Рис. 6.2. Главный момент сил инерции при вращении тела вокруг оси, проходящей через центр масс

При плоскопараллельном движении тела с ускорением центра масс $\vec{a}_C$ и угловым ускорением ε система сил инерции, приложенных к каждой точке тела, приводится к силе $\vec{R}^{\text{и}}$, равной главному вектору сил инерции, и паре сил с моментом $\vec{M}^{\text{и}}$, равным главному моменту сил инерции относительно оси,

проходящей через центр масс тела перпендикулярно плоскости движения (рис. 6.3). Главный вектор сил инерции равен по модулю произведению массы тела на ускорение его центра масс: $R^{и} = ma_C$, приложен в центре масс тела и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$ центра масс. Главный момент сил инерции равен по величине произведению момента инерции тела относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, на угловое ускорение тела: $M^{и} = J_C\varepsilon$, где J_C – момент инерции тела. Направлен главный момент сил инерции в сторону, противоположную угловому ускорению (см. рис. 6.3).

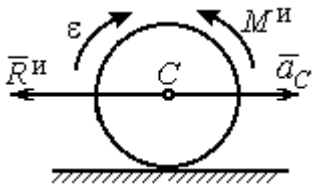


Рис. 6.3. Главный вектор и главный момент сил инерции при плоскопараллельном движении твердого тела

Принцип Даламбера для системы. Если в любой момент времени к каждой из точек системы кроме действующих на нее внешних и внутренних сил присоединить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет уравновешенной. Принцип Даламбера даёт возможность составлять уравнения движения механической системы в виде уравнений равновесия:

$$\sum \vec{F}_k^e + \vec{R}^{и} = 0, \ \sum \vec{M}_O(\vec{F}_k^e) + \vec{M}_O^{и} = 0,$$

где $\vec{F}_k^e$ – внешние силы, приложенные к системе; $\vec{R}^{и}$ – главный вектор сил инерции; $\vec{M}_O(\vec{F}_k^e)$ – момент внешних сил, приложенных к системе, относительно произвольного центра *O*; $\vec{M}_O^{и}$ – главный момент сил инерции относительно центра *O*.

Силы, действующие на систему, можно подразделить на активные и реакции связей. **Идеальными связями** в механической системе называют такие связи, для которых сумма элементарных работ их реакций на любом возможном перемещении равна нулю.

Принцип возможных перемещений. Для равновесия механической системы с идеальными связями необходимо и достаточно, чтобы сумма

элементарных работ всех активных сил, приложенных к точкам системы, была равна нулю на любом возможном перемещении системы: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$ – элементарная работа активных сил на возможном перемещении.

Совместное применение принципа Даламбера и принципа возможных перемещений приводит к формулировке общего уравнения динамики.

Общее уравнение динамики. При движении механической системы с идеальными связями в каждый момент времени сумма элементарных работ всех приложенных активных сил и сил инерции на любом возможном перемещении равна нулю: $\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0$, где $\delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}})$, $\delta A(\vec{R}_k^{\text{и}})$ – элементарные работы активных сил и сил инерции, приложенных к системе, на её возможном перемещении.

При вычислении элементарных работ активных сил и сил инерции используют обычные формулы для вычисления работы сил на элементарном перемещении точек их приложения. При этом переменные силы на элементарном перемещении точек их приложения считаются постоянными.

6.2. Задание Д6. Исследование механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система с идеальными связями включает груз и два диска – однородного радиусом R или r и ступенчатого. Ступенчатый диск состоит из двух одноосных цилиндров радиусом R и r. Радиусы дисков указаны на схеме. Тела соединены нерастяжимыми нитями или невесомыми стержнями. Система движется в вертикальной плоскости из состояния покоя под действием сил тяжести, постоянной силы $\vec{F}$, а также пары сил с переменным моментом M. Направление действия силы $\vec{F}$ и наклон плоскости движущихся тел определяются углами α и β. Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Качение дисков без проскальзывания. Скольжение между невесомым стержнем и дисками отсутствует. Движение грузов по плоскости без трения. Нити и стержни, соединяющие груз и диски, параллельны соответствующим плоскостям, по которым двигаются тела.

Найти уравнение движения центра масс диска 3. Определить реакцию шарнира диска 2 в момент времени $t = 1$ с.

Варианты задания приведены на рис. 6.4, 6.5. Исходные данные выбираются из табл. 6.1.

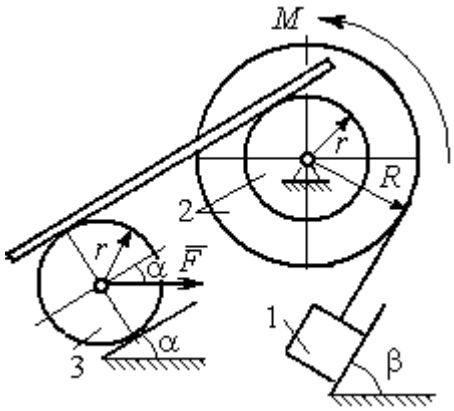
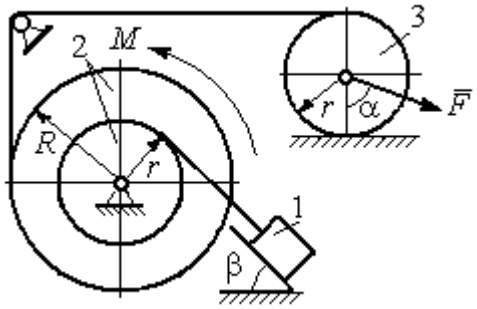
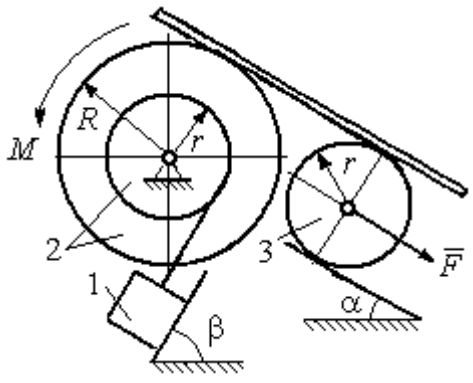
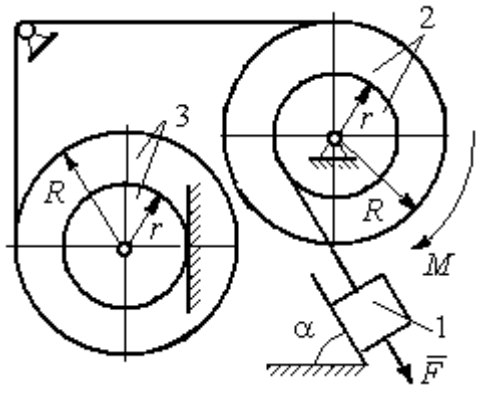
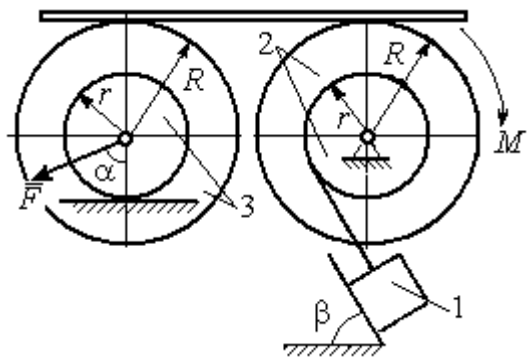
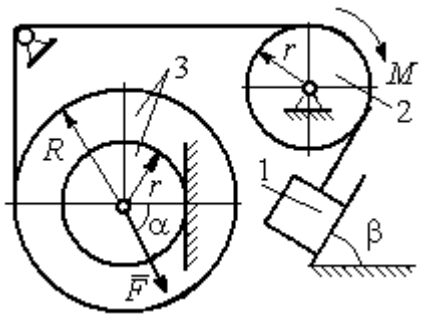
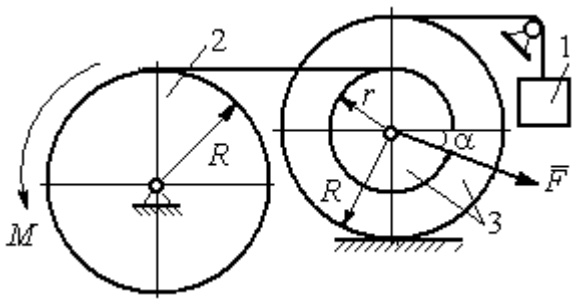
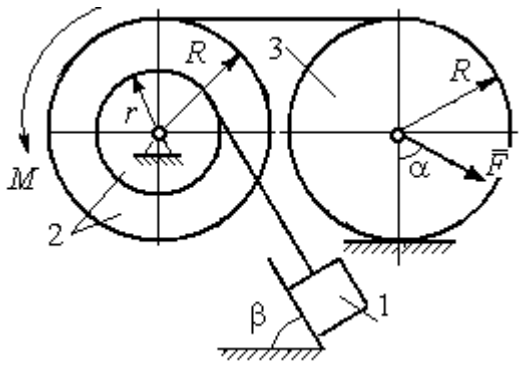
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	

Рис. 6.4. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики.
Номера вариантов задания 1 – 4, 11 – 14, 21 – 24

Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

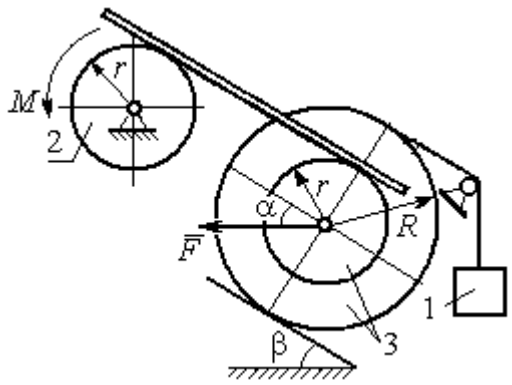
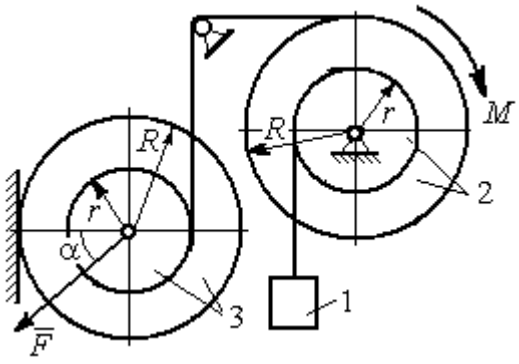
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.5. Задание Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики. Номера вариантов задания 5 – 10, 15 – 20, 25 – 30

Таблица 6.1

Исходные данные задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	α, град	β, град	R, м	r, м	i_z, м
1	10	20	8	20	$3(2+t^2)$	30	60	0,6	0,3	0,4
2	10	22	15	15	$4(t+3)$	30	30	0,8	0,4	0,6
3	5	18	10	6	$8(t^2+1)$	90	30	0,4	0,3	0,3
4	5	22	10	5	$14(t^2+t+1)$	30	–	0,6	0,5	0,6
5	5	20	16	9	$3(t^2+4)$	45	60	0,6	0,3	0,5
6	10	16	14	15	$4(5+t)$	60	30	1,0	0,6	0,8
7	6	20	20	8	$9(3t^2+2)$	45	–	0,8	0,6	0,8
8	16	25	15	12	$5(t^2+4)$	30	60	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	$4(3+5t)$	60	30	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	10	$5(3t+6)$	30	–	1,0	0,8	0,9
11	4	22	8	15	$2+ t^2$	45	45	0,8	0,4	0,6
12	15	18	15	10	$5(t+3)$	30	60	1,0	0,5	0,7
13	6	20	10	4	$5(t^2+2)$	30	60	0,6	0,5	0,4
14	10	25	15	8	$16(t+2)$	60	–	0,8	0,6	0,7
15	8	18	20	10	$6(t+2)$	30	90	1,2	0,6	1,0
16	8	18	12	12	$5(3+t^2)$	90	60	0,8	0,6	0,7
17	5	20	10	10	$2t^2+20$	60	–	0,9	0,6	0,8
18	20	15	20	15	$3(t+4)$	60	30	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	10	$4(3+t)$	45	45	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	6	$6(3t+4)$	45	–	1,0	0,6	0,9
21	15	25	12	12	$6+t^2$	60	60	0,6	0,3	0,5
22	20	22	18	15	$2(2t+9)$	45	45	0,8	0,4	0,6
23	8	24	12	8	$7(3t^2+2)$	30	45	0,8	0,5	0,6
24	12	20	18	10	$6(t+4)$	90	–	0,5	0,3	0,4
25	5	20	12	12	$9(2+t^2)$	60	30	1,4	0,7	1,2
26	10	12	10	8	$6(2+t)$	30	45	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	14	$8(2t^2+3)$	30	–	0,8	0,2	0,6
28	10	20	20	20	$3(t^2+3)$	45	30	0,6	0,3	0,5
29	10	18	8	12	$5(4+t+ t^2)$	30	60	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	15	$8(t^2+5)$	60	–	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д6. Исследование движения механической системы с применением общего уравнения динамики

Механическая система состоит из груза 1, движущегося поступательно, ступенчатого диска 2 (каток), катящегося по неподвижной поверхности цилин-

дрической ступенькой, и однородного диска 3 (блок), вращающегося вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс блока (рис. 6.6). Качение катка 2 без проскальзывания, скольжение груза 1 – без трения. Движение системы происходит под действием сил тяжести, силы $\vec{F}$, приложенной к грузу 1 и пары сил с моментом M, приложенной к диску 3.

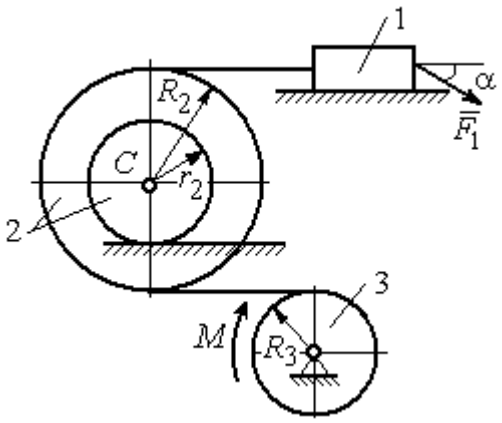


Рис. 6.6. Схема движения механической системы

Найти уравнение движения центра масс катка 2 если движение системы началось из состояния покоя. Определить реакцию шарнира диска 3 в момент t = 1 с, если: P_1 = 10 Н; $P_2 = 20$ Н; $P_3 =$ 15 Н; $F = 5(t+1)$ Н; $M = 6(1+2t)$ Н·м; R_2 = 0,8 м; r_2 = 0,2 м; R_3 = 0,4 м; i_{2C} = 0,6 м.

Решение

В рассматриваемой механической системе активными силами являются силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, сила $\vec{F}$ и пара сил с моментом M (рис. 6.7). Связи идеальные, так как скольжение груза 1 происходит по гладкой поверхности без трения, качение диска 2 без проскальзывания, а ось вращения блока 3 неподвижна.

Предположим, направление движения в системе задаёт пара сил с моментом M, приложенная к блоку 3. Обозначим ω_3, ε_3 – угловая скорость и угловое ускорение блока 3, V_C, a_C – скорость и ускорение центра масс катка 2, V_1, a_1 – скорость и ускорение груза 1. Направления векторов скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений тел в соответствии с выбранным направлением движения системы показаны на рис. 6.7.

Общее уравнение динамики имеет вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = 0 .$$

Присоединим к телам системы силы инерции. Груз 1 движется поступательно. Главный вектор сил инерции груза 1 $\vec{R}_1^{\text{и}}$ приложен в центре масс груза и направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_1$ груза 1. Модуль главного вектора сил инерции груза 1 $R_1^{\text{и}} = m_1 a_1$, где m_1 – масса груза 1; a_1 – величина ускорения груза 1.

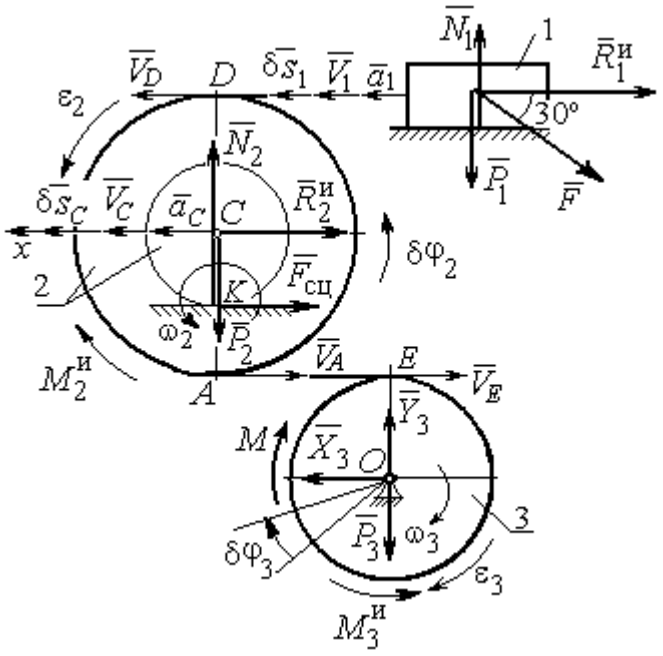


Рис. 6.7. Расчётная схема исследования движения механической системы

Система сил инерции катка 2, приводятся к силе, равной главному вектору сил инерции $\vec{R}_2^{\text{и}}$, приложенному в центре масс катка 2, и паре сил с моментом, равным главному моменту сил инерции $\vec{M}_2^{\text{и}}$ относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения. Главный вектор сил инерции направлен в сторону, противоположную ускорению $\vec{a}_C$, и составляет $R_2^{\text{и}} = m_2 a_C$, где m_2 – масса катка 2; a_C – величина ускорения центра масс. Главный момент сил инерции: $M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2$, где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно плоскости движения; ε_2 – угловое ускорение катка 2. Направлен главный момент сил инерции $M_2^{\text{и}}$ в сторону, противоположную угловому ускорению ε_2.

Главный вектор сил инерции, приложенных к блоку 3 и приведённых к центру масс блока, равен нулю, так как блок вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через центр масс, и ускорение центра масс блока равно нулю. В результате силы инерции блока 3 приводятся к паре сил, момент которой ра-

вен главному моменту сил инерции $\vec{M}_3^{\text{и}}$ относительно оси вращения. Главный момент сил инерции блока 3 равен по величине $M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3$, где J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения; ε_3 – угловое ускорение блока 3, и направлен в сторону, противоположную угловому ускорению ε_3. Главные векторы и главные моменты сил инерции показаны на рис. 6.8.

Определим кинематические соотношения между скоростями точек системы и выразим их через скорость V_C центра масс катка 2. Каток 2 катится по неподвижной поверхности без скольжения. Мгновенный центр скоростей катка находится в точке *K* касания катка с поверхностью (см. рис. 6.7). Угловая скорость катка 2 $\omega_2 = \dfrac{V_C}{CK} = \dfrac{V_C}{r_2}$. Скорость точки *A* катка 2: $V_A = \omega_2 \cdot AK = \omega_2(R_2 - r_2) = V_C \dfrac{R_2 - r_2}{r_2}$. Скорость точки *E* блока 3 равна скорости точки *A* катка 2, $V_E = V_A$. Тогда угловая скорость блока 3:

$$\omega_3 = \frac{V_E}{R_3} = \frac{V_A}{R_3} = V_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Скорость груза 1 равна скорости точки *D* катка 2:

$$V_1 = V_D = \omega_2 \cdot DK = \omega_2(R_2 + r_2) = V_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}.$$

Соотношения между ускорениями определяются путем дифференцирования установленных кинематических равенств:

$$a_1 = a_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \quad \varepsilon_2 = \frac{a_C}{r_2}, \quad \varepsilon_3 = a_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Для того чтобы найти соотношения между перемещениями, выразим кинематические равенства между скоростями в дифференциальном виде и, полагая, что действительное перемещение является возможным, т. е. $ds = \delta s$, $d\varphi = \delta\varphi$, получим соотношения между возможными перемещениями:

$$\delta s_1 = \delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2}, \ \ \delta\varphi_2 = \frac{\delta s_C}{r_2}, \ \ \delta\varphi_3 = \delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Сообщим системе возможное перемещение, совпадающее с действительным. Элементарная работа реакций связи на любом возможном перемещении системы равна нулю, так как связи в системе идеальные.

Найдем элементарные работы активных сил и выразим их через перемещение центра масс катка 2. Прежде заметим, что элементарные работы сил тяжести груза 1 и катка 2 равны нулю, так как направления перемещений точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил:

$$\delta A(\vec{P}_1) = P_1 \delta s_1 \cos 90^\circ = 0, \ \delta A(\vec{P}_2) = P_2 \delta s_C \cos 90^\circ = 0.$$

Элементарная работа силы тяжести блока 3 равна нулю, так как точка приложения силы тяжести блока 3 не перемещается: $\delta A(\vec{P}_3) = 0$.

Элементарная работа пары сил с моментом M, приложенных к блоку 3:

$$\delta A(\vec{M}) = M\delta\varphi_3 = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}.$$

Элементарная работа силы $\vec{F}$:

$$\delta A(\vec{F}) = F\delta s_1 \cos 150^\circ = -F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ.$$

Сумма элементарных работ всех активных сил:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) = \delta A(\vec{M}) + \delta A(\vec{F}) = M\delta s_C \frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2} - F\delta s_C \frac{(R_2 + r_2)}{r_2} \cos 30^\circ =$$

$$= \left[6(1 + 2t)\left(\frac{0{,}8 - 0{,}2}{0{,}4 \cdot 0{,}2} \right) - 5(t + 1)\left(\frac{0{,}8 + 0{,}2}{0{,}2} \right) 0{,}866 \right] \delta s_C = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C.$$

Определим модули главных векторов и главных моментов сил инерции в зависимости от ускорения a_C центра масс катка 2:

$$R_1^{\text{и}} = m_1 a_1 = \frac{P_1}{g} a_1 = \frac{P_1 (R_2 + r_2)}{g r_2} a_C, \quad R_2^{\text{и}} = m_2 a_C = \frac{P_2 a_C}{g},$$

$$M_2^{\text{и}} = J_{2C}\varepsilon_2 = m_2 i_{2C}^2 \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} i_{2C}^2 \frac{a_C}{r_2},$$

$$M_3^{\text{и}} = J_{3O}\varepsilon_3 = \frac{m_3 R_3^2}{2}\varepsilon_3 = \frac{P_3 R_3^2}{2g}\frac{(R_2 - r_2)}{R_3 r_2}a_C = \frac{P_3 R_3 (R_2 - r_2)}{2g r_2}a_C,$$

где J_{2C} – момент инерции катка 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{2C} = m_2 i_{2C}^2$; i_{2C} – радиус инерции катка 2; J_{3O} – момент инерции блока 3 относительно оси вращения, проходящей через его центр масс, $J_{3O} = \frac{m_3 R_3^2}{2}$.

Найдем элементарные работы сил инерции на возможном перемещении системы и выразим их в зависимости от перемещения δs_C центра масс катка 2:

$$\delta A(\vec{R}_1^{\text{и}}) = R_1^{\text{и}}\delta s_1 \cos 180^\circ = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{R}_2^{\text{и}}) = R_2^{\text{и}}\delta s_C \cos 180^\circ = -\frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C,\ \delta A(\vec{M}_2^{\text{и}}) = -M_2^{\text{и}}\delta\varphi_2 = -\frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C;$$

$$\delta A(\vec{M}_3^{\text{и}}) = -M_3^{\text{и}}\delta\varphi_3 = -\frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C.$$

Сумма элементарных работ сил инерции:

$$\sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = -\frac{P_1 (R_2 + r_2)^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_2 a_C}{g}\delta s_C - \frac{P_2 i_2^2 a_C}{g r_2^2}\delta s_C - \frac{P_3 (R_2 - r_2)^2 a_C}{2 g r_2^2}\delta s_C =$$

$$= -\frac{a_C \delta s_C}{g}\left[\frac{10(0{,}8 + 0{,}2)^2}{0{,}2^2} + 20 + \frac{20 \cdot 0{,}6^2}{0{,}2^2} + \frac{15(0{,}8 - 0{,}2)^2}{2 \cdot 0{,}2^2}\right] = -52{,}75\, a_C \delta s_C,$$

где $g = 9{,}81$ м/с^2.

С учетом проделанных вычислений общее уравнение динамики принимает вид:

$$\sum \delta A(\vec{F}_k^{\text{акт}}) + \sum \delta A(\vec{R}_k^{\text{и}}) = (23{,}35 + 68{,}35t)\delta s_C - 52{,}75\, a_C \delta s_C = 0,$$

откуда ускорение центра масс катка 2:

$$a_C = 0{,}44 + 1{,}29t.$$

Выберем ось x по направлению движения центра масс катка 2 (см. рис. 6.7). Проектируя вектор $\vec{a}_C$ ускорения точки C на ось x, получим дифференциальное уравнение $a_C = \ddot{x}_C = 0{,}44 + 1{,}29t$. Интегрируя дважды это уравнение, найдём закон движения: $x_C = 0{,}44\dfrac{t^2}{2} + 1{,}29\dfrac{t^3}{6} + C_1 t + C_2$. Подставляя сюда начальные условия: $t = 0$, $V_C = 0$, $x_C = 0$, найдём константы интегрирования: $C_1 = C_2 = 0$. Окончательно уравнение движения центра масс диска 2 представим в виде:

$$x_C = 0{,}22t^2 + 0{,}21t^3.$$

Рассмотрим вращательное движение блока 3, освободив его от связей. На блок действуют сила тяжести $\vec{P}_3$, реакция подшипника, разложенная на составляющие $\vec{X}_3$, $\vec{Y}_3$, пара сил с моментом M и реакция нити $\vec{H}_3$ (см. рис. 6.8). Реакция нити, равная силе натяжения нити, приложена к блоку 3, направлена вдоль нити, связывающей каток 2 и блок 3. Присоединим к блоку 3 силы инерции. Направления сил, моментов пар сил и главного момента сил инерции, действующих на блок 3, показаны на рис. 6.8.

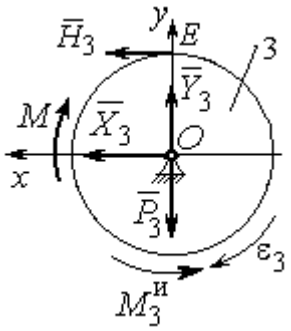


Рис. 6.8. Расчётная схема определения натяжения нити и реакции шарнира блока 3

По принципу Даламбера система сил, приложенных к блоку 3, включая силы инерции, находится в равновесии. Составим уравнение равновесия в виде равенства нулю суммарного момента всех сил (включая силы инерции) относительно оси вращения. Получим $M - H_3 R_3 - M_3^{и} = 0$, где $M_3^{и} = J_{3O}\varepsilon_3 = \dfrac{P_3 R_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2}$. Из уравнения находим величину натяжения нити:

$$H_3 = \frac{M}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2) a_C}{2 g r_2} = \frac{6(1 + 2t)}{R_3} - \frac{P_3 (R_2 - r_2)}{2 g r_2}(0{,}44 + 1{,}29t) = 13{,}99 + 27{,}04t.$$

В момент времени $t = 1$ с натяжение нити: $H_3 = 41{,}04$ Н.

Так как главный вектор сил инерции блока 3 равен нулю, то составленные по принципу Даламбера уравнения равновесия блока 3 в виде проекций сил на вертикальную и горизонтальную оси содержат только внешние силы. Имеем: $X_3 + H_3 = 0$, $Y_3 - P_3 = 0$ (см. рис. 6.8). Отсюда находим составляющие реакции шарнира блока 3 в момент времени t = 1 с: $X_3 = -H_3$= – 41,04 Н, $Y_3 = P_3$= 15 Н. Отрицательное значение горизонтальной составляющей реакции шарнира X_3 означает её противоположное направление.

Полная реакция шарнира $R_3 = \sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$ = 43,69 Н.

6.3. Уравнения Лагранжа II рода

Обобщенными координатами механической системы называется совокупность любых s независимых параметров $q_1, q_2, \ldots, q_S$, однозначно определяющих положение системы в любой момент времени.

Если системе сообщить возможное перемещение, при котором все обобщенные координаты изменяются на элементарные (бесконечно малые) величины $\delta q_1, \delta q_2, \ldots, \delta q_S$, называемые вариациями обобщенных координат, то все действующие активные силы совершат элементарную работу, которая может быть представлена в виде $\delta A = Q_1 \cdot \delta q_1 + Q_2 \cdot \delta q_2 + \ldots + Q_s \cdot \delta q_S$. Величина Q_k, равная коэффициенту при вариации δq_k обобщенной координаты, называется **обобщенной силой**, соответствующей данной обобщенной координате. Расчет обобщенных сил осуществляется путем последовательного придания системе возможных перемещений, при которых варьируется только одна из обобщенных координат, а вариации остальных координат равны нулю.

Для материальной системы с идеальными связями дифференциальные уравнения движения в обобщенных координатах – **уравнения Лагранжа II рода** – имеют вид:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, \quad k = 1, 2, \ldots, s,$$

где T – кинетическая энергия системы; $q_1, q_2, \ldots, q_S$ – обобщенные координаты; $\dot{q}_1, \dot{q}_2, \ldots, \dot{q}_S$ – обобщенные скорости; s – число степеней свободы системы.

6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус 1, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3. Радиусы ступеней ступенчатого диска и радиус однородного диска указаны на схеме.

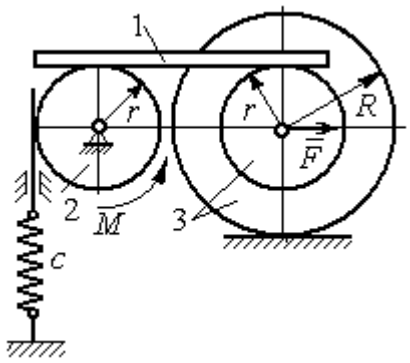
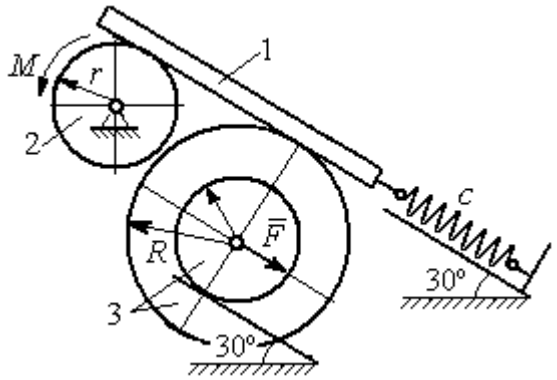
Качение катка 3 происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует. В задачах, где пружина соединяется с блоком 2, передача движения блоку 2 производится посредством невесомого стержня без скольжения.

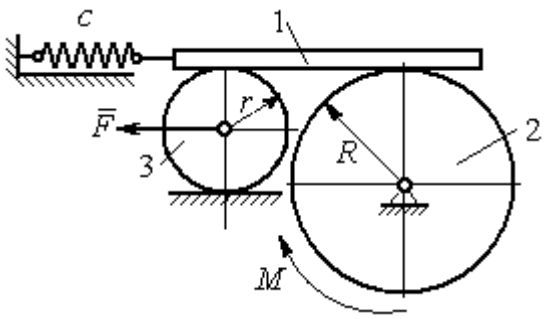
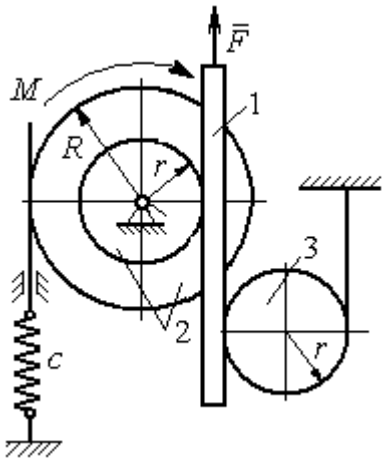
Радиус инерции ступенчатого диска относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, равен i_z.

Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M.

Определить закон движения бруса 1 и закон угловых колебаний блока 2, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость ω_{20}, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Варианты заданий даны на рис. 6.9, 6.10. Варианты исходных данных в табл. 6.2. Отрицательные значения величин F или M в табл. 6.2 означают, что при заданных модулях силы или момента направление вектора силы $\vec{F}$ или момента M на схеме следует изменить на противоположные.

Варианты № 1, 11, 21	Варианты № 2, 12, 22
	

Варианты № 3, 13, 23	Варианты № 4, 14, 24
	

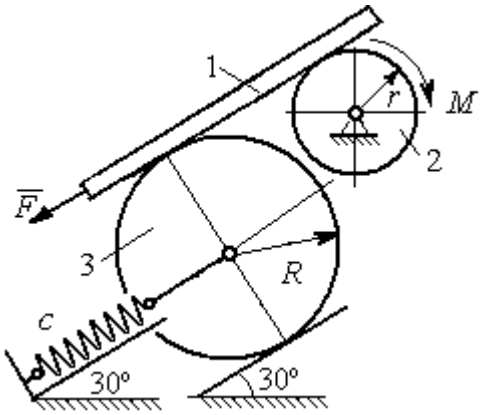
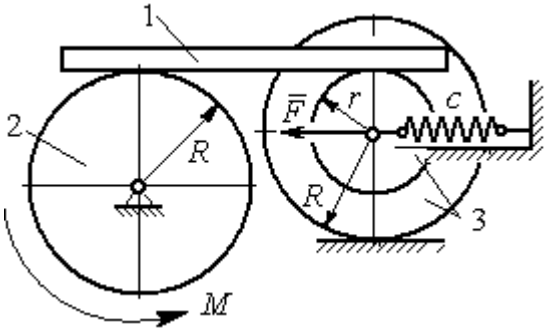
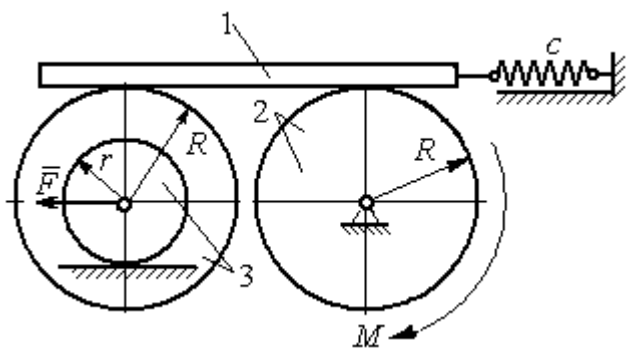
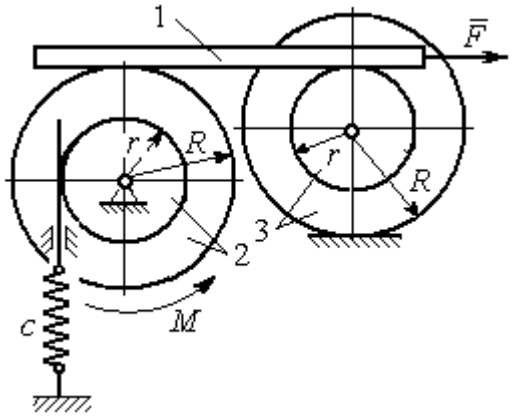
Варианты № 5, 15, 25	Варианты № 6, 16, 26
	

Рис. 6.9. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

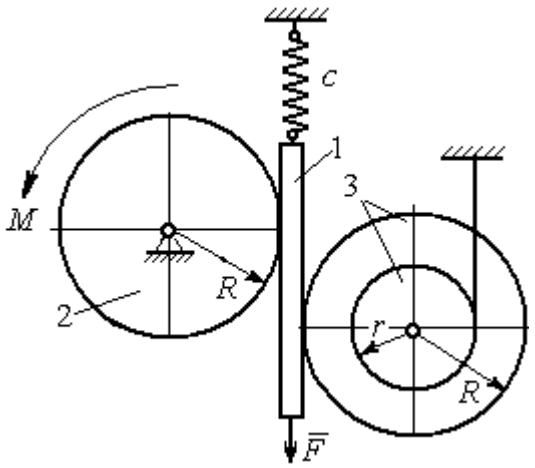
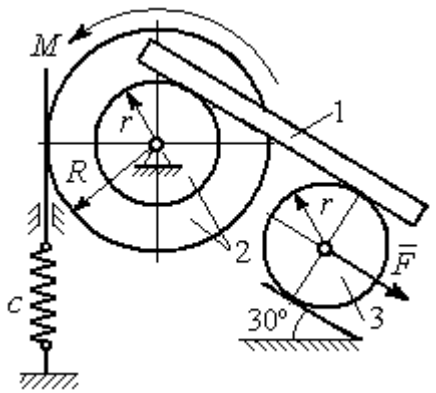
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.10. Задание Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.2

Исходные данные задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
1	8	12	18	15	3	50	0,3	0,6	0,3	0,4
2	10	8	15	12	5	55	0,4	0,8	0,5	0,6
3	5	18	10	8	4	60	0,2	0,5	0,3	–
4	5	20	12	10	6	70	0,5	0,6	0,5	0,6
5	5	8	16	8	8	65	0,2	0,6	0,3	–

Окончание табл. 6.2

Номер варианта задания	P_1, Н	P_2, Н	P_3, Н	F, Н	M, Н·м	c, Н/м	ω_{20}, рад/с	R, м	r, м	i_z, м
6	8	10	14	6	2	50	0,1	1,0	0,6	0,8
7	10	12	15	12	3	65	0,2	0,8	0,6	0,7
8	12	15	15	6	2	50	0,3	1,2	0,6	0,8
9	5	20	12	8	4	75	0,1	0,6	0,4	0,5
10	6	25	8	5	12	60	0,4	1,0	0,8	0,9
11	4	10	12	–10	–2	60	0,2	0,8	0,4	0,6
12	5	8	15	–8	3	50	0,5	1,0	0,5	0,7
13	6	15	8	–12	–4	65	0,4	0,6	0,5	–
14	10	25	10	6	10	55	0,1	0,8	0,6	0,7
15	8	6	20	–10	2	70	0,2	1,2	0,6	–
16	10	12	12	–5	6	60	0,3	0,8	0,6	0,7
17	12	16	12	–6	–2	55	0,4	0,9	0,6	0,8
18	10	20	20	10	4	60	0,1	0,8	0,4	0,7
19	8	20	12	–10	6	65	0,2	1,2	0,4	0,8
20	12	20	10	–3	6	50	0,24	1,0	0,6	0,9
21	5	12	15	12	–3	55	0,3	0,6	0,5	0,55
22	10	15	18	6	–2	65	0,1	0,8	0,4	0,6
23	8	20	12	–8	2	45	0,2	0,8	0,6	–
24	12	20	18	–4	–8	70	0,4	0,5	0,3	0,4
25	6	10	15	–6	–2	60	0,1	1,4	0,7	–
26	8	12	10	10	–3	65	0,2	1,2	0,8	0,9
27	6	18	16	5	–3	70	0,2	0,8	0,2	0,6
28	8	12	12	–6	2	65	0,3	0,6	0,3	0,5
29	10	18	20	–10	4	60	0,2	1,2	0,8	0,9
30	8	18	10	8	6	75	0,1	1,0	0,8	0,9

Пример выполнения задания Д7. Исследование движения механической системы с одной степенью свободы с применением уравнений Лагранжа

Механическая система состоит из трёх тел – бруса 1, блока 2, катка 3 и невесомой пружины жесткостью c. Брус, соединяющий каток 3 с блоком 2, расположен параллельно линии качения катка 3 (рис. 6.11). Радиусы ступеней ступенчатого диска R и r, радиус однородного диска r. Система движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом M. Движение катка 3 по неподвижной поверхности происходит без проскальзывания. Скольжение между брусом и дисками отсутствует.

Передача движения от пружины блоку 2 производится посредством невесомого вертикального стержня без скольжения. Радиус инерции блока 2 относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, i_z.

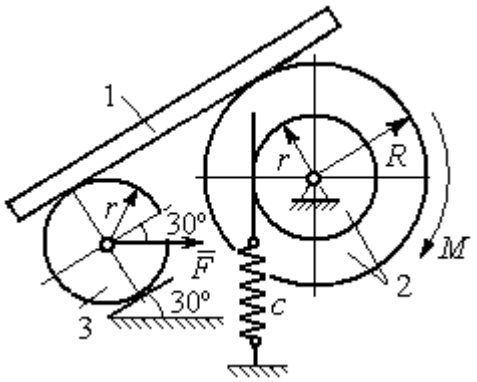


Рис. 6.11. Механическая система с одной степенью свободы

Исходные данные задачи: $P_1 = P$ Н, $P_2 = 2P$ Н, $P_3 = P$ Н, $F = 2P$ Н, $M = Pr$ Н·м, $R = 1{,}5r$ м, $i_z = r\sqrt{2}$ м, $c = P/r$ Н/м.

Определить законы движения блока 2 и бруса 1 при $P = 10$ Н, $r = 0{,}2$ м, если в начальный момент пружина находилась в нерастянутом состоянии, а блоку 2 придали угловую скорость $\omega_0 = 0{,}5$ рад/с, направленную в сторону заданного момента пары сил.

Решение

Рассматриваемая механическая система (рис. 6.11) имеет одну степень свободы, так как в системе не допускается независимое друг от друга движение тел. В качестве обобщённой координаты q выберем перемещение x верхнего края пружины, отсчитываемого от уровня, при котором пружина длиной l_0 находилась в нерастянутом состоянии (рис. 6.12). Обобщённая скорость $\dot{q} = \dot{x}$.

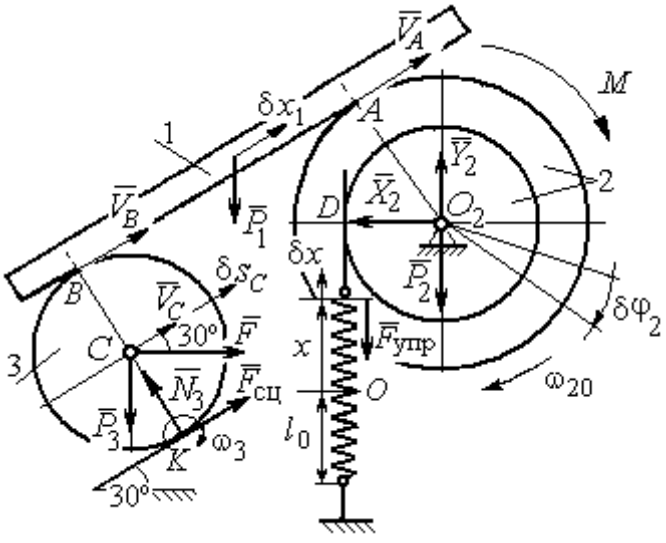


Рис. 6.12. Расчётная схема колебаний механической системы с одной степенью свободы

Уравнение Лагранжа II рода, описывающее движение системы с одной степенью свободы, имеет вид $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) - \dfrac{\partial T}{\partial x} = Q_x$, где T –

кинетическая энергия системы, Q_x – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате *x*.

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий бруса, блока и катка: $T = T_1 + T_2 + T_3$. Кинетическая энергия поступательного движения бруса 1: $T_1 = \frac{1}{2} m_1 V_1^2$, где m_1, V_1 – масса и скорость бруса. Энергия вращательного движения блока 2: $T_2 = \frac{1}{2} J_{2z} \omega_2^2$, где ω_2 – угловая скорость блока, J_{2z} – момент инерции блока 2 относительно оси *z*, $J_{2z} = m_2 i_z^2$.

Каток 3 совершает плоскопараллельное движение. Его кинетическая энергия $T_3 = \frac{1}{2} m_3 V_C^2 + \frac{1}{2} J_{zC} \omega_3^2$, где V_C – скорость центра масс катка 3; J_{zC} – момент инерции катка относительно оси, проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости движения, $J_{zC} = \frac{1}{2} m_3 r^2$; *r* – радиус катка; ω_3 – угловая скорость катка.

Выразим скорость V_1 бруса 1, угловые скорости ω_2, ω_3 блока 2 и катка 3, а также скорость V_C центра масс катка 3 через обобщённую скорость $\dot{x}$.

Заметим, что скорость точки *D* блока 2 равна скорости верхнего края пружины $V_D = \dot{x}$. Угловая скорость блока 2 $\omega_2 = \frac{V_D}{r} = \frac{\dot{x}}{r}$. Скорость бруса 1 равна скорости точки *A* блока 2 и вычисляется по формуле $V_1 = V_A = \omega_2 R = \frac{\dot{x} R}{r}$. Так как брус совершает поступательное движение, то $V_B = V_1$. Угловая скорость катка 3 $\omega_3 = \frac{V_B}{2r} = \frac{V_1}{2r} = \frac{\dot{x} R}{2r^2}$. Здесь при определении угловой скорости катка 3 учтено, что точка *K* касания катка 3 с неподвижной поверхностью является мгновенным центром скоростей катка. Скорость центра катка 3 $V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{\dot{x} R}{2r}$.

Подставляя исходные данные задачи с учётом найденных кинематических соотношений, получим кинетическую энергию тел системы

$$T_1=\frac{1}{2}m_1V_1^2=\frac{P}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{r}\right)^2=1{,}125\frac{P}{g}\dot{x}^2,\ \ T_2=\frac{1}{2}J_{2z}\omega_2^2=\ \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(r\sqrt{2}\right)^2\left(\frac{\dot{x}}{r}\right)^2=2\frac{P}{g}\dot{x}^2,$$

$$T_3=\frac{1}{2}m_3V_C^2+\frac{1}{2}J_{zC}\omega_3^2=\frac{1}{2}\frac{P}{g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r}\right)^2+\frac{1}{2}\frac{Pr^2}{2g}\left(\frac{\dot{x}R}{2r^2}\right)^2=0{,}422\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Тогда полная кинетическая энергия системы:

$$T=T_1+T_2+T_3=3{,}547\frac{P}{g}\dot{x}^2.$$

Произвольное положение системы определяется обобщённой координатой *x*, показывающей растяжение пружины. Дадим пружине, находящейся в произвольном положении, возможное (бесконечно малое) перемещение δx в положительном направлении оси *x* (см. рис. 6.12). При этом блок 2 повернётся на угол $\delta\varphi_2$: $\delta\varphi_2=\frac{\delta x}{r}$, брус 1 переместится на расстояние δx_1: $\delta x_1=\frac{\delta xR}{r}$, центр масс катка 3 сдвинется на расстояние δS_C: $\delta S_C=\frac{\delta xR}{2r}$. Все перемещения получены из установленных ранее кинематических соотношений и показаны на рис. 6.12.

При заданном возможном перемещении системы работу совершают силы тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_3$ бруса 1 и катка 3, пара сил с моментом *M*, сила $\vec{F}$ и сила упругости пружины (см. рис. 6.12). Элементарная работа вращающего момента *M*, приложенного к блоку 2, будет $\delta A(M)=M\delta\varphi_2=M\frac{\delta x}{r}$. Работа силы тяжести бруса 1 определяется равенством $\delta A(P_1)=P_1\delta x_1\cos120^\circ=-P_1\delta x_1\cos60^\circ=-\frac{P_1\delta xR}{2r}$. Работы силы тяжести катка 3 и силы *F*: $\delta A(P_3)=P_3\delta s_C\cos120^\circ=-P_3\frac{\delta xR}{4r}$, $\delta A(F)=F\frac{\delta xR}{2r}\cos30^\circ$. Модуль силы упругости пружины, растянутой из неде-

формированного положения на расстояние x: $F_{\text{упр}} = cx$. Сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ упругости направлена в сторону, противоположную растяжению (см. рис. 6.12). Работа силы упругости при перемещении вдоль линии действия на расстояние δx вычисляется по формуле $\delta A(\vec{F}_{\text{упр}}) = F_{\text{упр}}\delta x\cos 180^\circ = -cx\delta x$.

Сумма работ сил на рассматриваемом возможном перемещении системы с учётом данных задачи составляет

$$\delta A = \delta A(M) + \delta A(P_1) + \delta A(P_3) + \delta A(F) + \delta A(F_{\text{упр}}) =$$

$$= M\frac{\delta x}{r} - \frac{P_1\delta xR}{2r} - P_3\frac{\delta xR}{4r} + F\frac{\delta xR}{2r}\cos 30^\circ - cx\delta x = P(1{,}174 - 5x)\delta x,$$

откуда обобщённая сила $Q_x = P(1{,}174 - 5x)$.

Составим уравнения Лагранжа. Вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенной скорости $\dot{x}$ и координате x: $\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = 7{,}094\frac{P}{g}\dot{x}$, $\frac{\partial T}{\partial x} = 0$. Определим полную производную по времени: $\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}}\right) = 7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x}$. Результаты расчетов подставим в уравнения Лагранжа II рода и получим дифференциальное уравнение колебаний верхнего края пружины:

$$7{,}094\frac{P}{g}\ddot{x} = P(1{,}174 - 5x), \text{ или при } g = 9{,}81 \text{ м/с}^2,\ \ddot{x} + 6{,}91x = 1{,}62.$$

Решение дифференциального уравнения представляется в виде суммы общего решения однородного уравнения и частного решения неоднородного: $x = x_{\text{одн}} + x_{\text{частн}}$. Общее решение однородного уравнения имеет вид $x_{\text{одн}} = C_1\sin kt + C_2\cos kt$, где C_1, C_2 – произвольные постоянные; k – круговая частота собственных колебаний пружины, $k = \sqrt{6{,}91} = 2{,}63$ рад/с. Частное решение неоднородного уравнения ищется в виде константы $x_{\text{частн}} = b$. Подставив его в уравнение колебаний, получим $b = 0{,}23$. Таким образом, общее решение неоднородного уравнения имеет вид $x(t) = C_1\sin 2{,}63t + C_2\cos 2{,}63t + 0{,}23$.

Произвольные постоянные C_1, C_2 находятся из начальных условий. По условию задачи в начальный момент пружина была в нерастянутом состоянии. Тогда начальная координата пружины (её верхнего края) $x(0) = 0$. Скорость верхнего края пружины в начальный момент времени $\dot{x}(0)$ равна начальной скорости $V_D(0)$ точки *D* блока 2. Поскольку в начальный момент времени блоку 2 сообщили угловую скорость ω_{20}, то $\dot{x}(0) = V_D(0) = \omega_{20} r = 0{,}1$ м/с.

Подставляя значение начальной координаты в общее решение неоднородного уравнения при $t = 0$, получим $C_2 = -0{,}23$.

Вычисляем скорость движения пружины, взяв производную: $\dot{x}(t) = 2{,}63C_1 \cos 2{,}63t - 2{,}63C_2 \sin 2{,}63t$. Подставляя начальное значение скорости, получим $C_1 = 0{,}038$. Окончательно уравнение движения верхнего края пружин: $x(t) = 0{,}038 \sin 2{,}63t - 0{,}23 \cos 2{,}63t + 0{,}23$ м.

Уравнения колебательных движений бруса 1 и блока 2 найдём из ранее полученных кинематических соотношений:

$$x_1 = \frac{xR}{r} = 1{,}5\, x(t) = 0{,}057 \sin 2{,}63t - 0{,}34 \cos 2{,}63t + 0{,}34 \text{ м};$$

$$\varphi_2 = \frac{x}{r} = 5\, x(t) = 0{,}19 \sin 2{,}63t - 1{,}15 \cos 2{,}63t + 1{,}15 \text{ рад}.$$

Амплитуда колебаний бруса $A = \sqrt{0{,}057^2 + 0{,}34^2} = 0{,}35$ м.

6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы

Механическая система, состоящая из четырёх тел, из состояния покоя движется в вертикальной плоскости под действием сил тяжести $\vec{P}_1$, $\vec{P}_2$, $\vec{P}_3$, $\vec{P}_4$, силы $\vec{F}$ и пары сил с моментом *M*. Качение тел во всех случаях происходит без проскальзывания, скольжение грузов по поверхностям – без трения. Радиусы дисков одинаковы и равны *R*. Найти уравнения движения системы в обоб-

щённых координатах. Варианты заданий и рекомендуемые обобщённые координаты даны на рис. 6.13, 6.14, варианты исходных данных – в табл. 6.3.

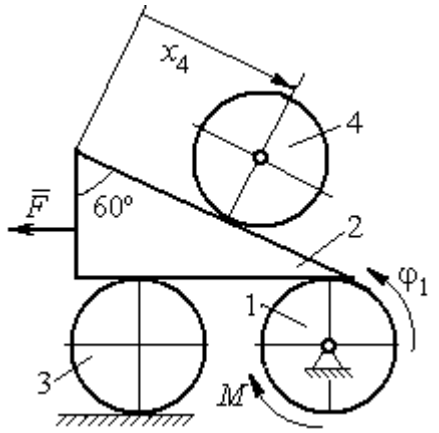
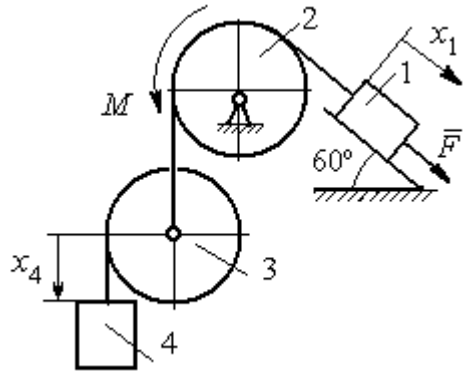
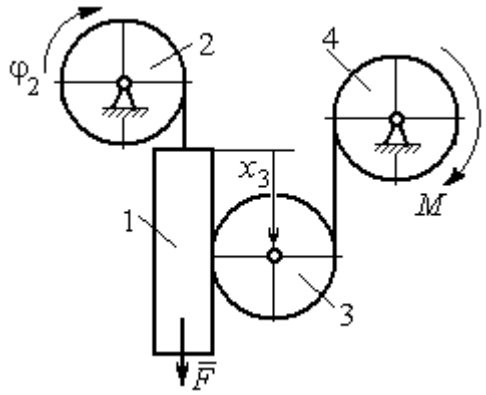
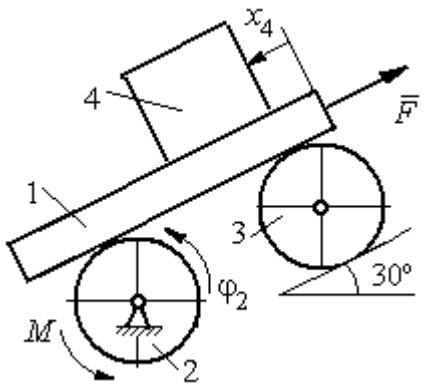
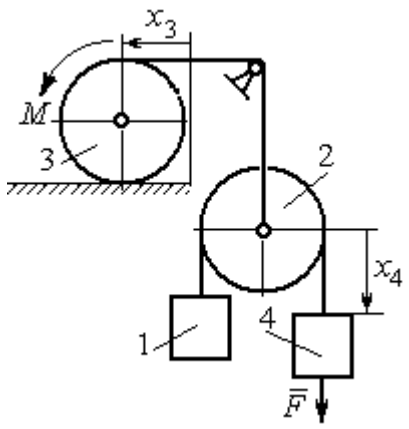
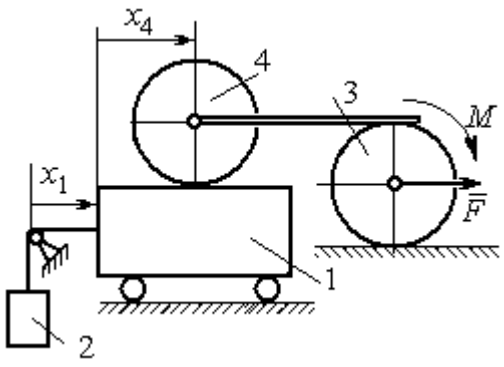
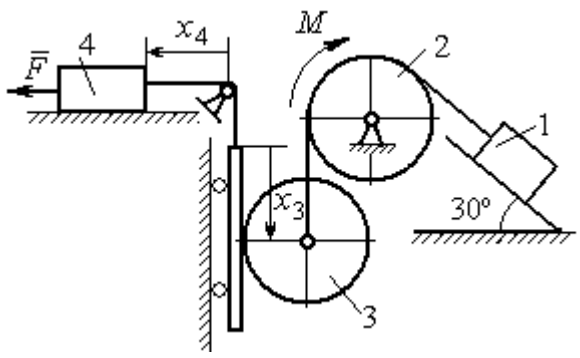
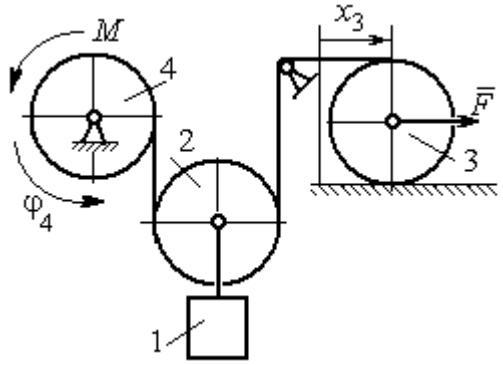
Варианты № 1, 11, 21	**Варианты № 2, 12, 22**
	
Варианты № 3, 13, 23	**Варианты № 4, 14, 24**
	
Варианты № 5, 15, 25	**Варианты № 6, 16, 26**
	

Рис. 6.13. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 1 – 6, 11 – 16, 21 – 26

Окончание вариантов задания Д8

Варианты № 7, 17, 27	**Варианты № 8, 18, 28**
	

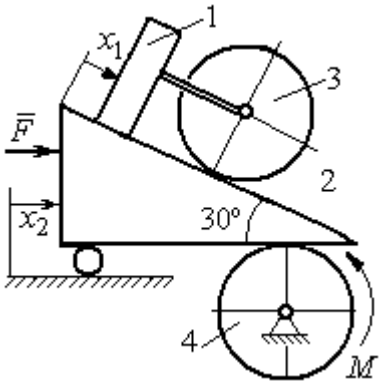
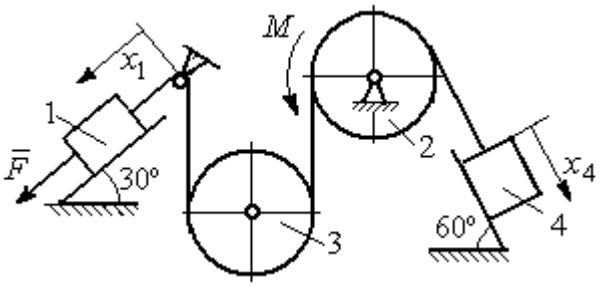
Варианты № 9, 19, 29	**Варианты № 10, 20, 30**
	

Рис. 6.14. Задание Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы. Номера вариантов задания 7 – 10, 17 – 20, 27 – 30

Таблица 6.3

Исходные данные задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Номер варианта задания	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
P_1, Н	P	$2P$	P	$1{,}5P$	P	$3P$	P	$1{,}2P$	$3P$	P	$2P$	P	P	$2P$	P
P_2, Н	$3P$	$3P$	$4P$	$3P$	$2P$	P	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$3P$	$4P$	$3P$
P_3, Н	$2P$	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	$3P$	P	$2P$	$3P$	$2P$	$2P$	$2P$	P	$2P$
P_4, Н	$2P$	P	P	$2P$	$3P$	$3P$	P	P	$2P$	P	P	P	$2P$	$2P$	$2P$
R, м	$2r$	$1{,}5r$	$2{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	r	$1{,}5r$	r	$2r$	r	$1{,}5r$	$1{,}2r$	$2r$	$2r$	$2r$
F, Н	P	$2P$	P	$3P$	P	P	$2P$	$4P$	P	$2P$	P	$2P$	$1{,}5P$	$4P$	$2P$
M, Н·м	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$2Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$2Pr$	$3Pr$	$4Pr$	$3Pr$	$3Pr$	$2Pr$

Окончание табл. 6.3

Номер варианта задания	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
P_1, Н	4P	1,5P	P	2P	P	P	1,5P	1,5P	2P	P	P	2P	1,2P	3P	1,2P
P_2, Н	2P	2P	2P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	2P	2P	1,2P	2P	3P	2P
P_3, Н	2P	2P	3P	2P	2P	3P	2P	2P	P	2P	3P	2P	P	P	3P
P_4, Н	1,5P	2P	3P	P	2P	2P	2P	P	2P	3P	P	P	2P	P	2P
R, м	1,5r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r	1,5r	2r	r	1,5r	2r	r	1,2r	2r
F, Н	2P	2P	P	3P	4P	2P	3P	2P	3P	P	3P	1,5P	4P	2P	3P
M, Н·м	3Pr	2Pr	4Pr	Pr	4Pr	4Pr	2Pr	Pr	4Pr	2Pr	4Pr	2Pr	2Pr	3Pr	2Pr

Пример выполнения задания Д8. Исследование движения механической системы с двумя степенями свободы

Платформа 3 лежит горизонтально на катке 5 и блоке 4 одинакового радиуса R (рис. 6.15). На платформу действует горизонтальная сила $\vec{F}$. К блоку 4, вращающемуся вокруг неподвижной оси, приложена пара сил с моментом M. Каток 5 катится по горизонтальной поверхности. К краю платформы одним концом прикреплена горизонтальная нить, а к другому концу, перекинутому через невесомый блок, прикреплён груз 6, движущийся вертикально. На платформе 3 установлен каток 2 радиуса R. К центру катка прикреплена нить, расположенная параллельно платформе и натянутая грузом 1, движущимся вертикально (см. рис. 6.15). Движение системы началось из состояния покоя. Качение тел без проскальзывания. Определить уравнения движения системы в обобщённых координатах, если $R = 2r$, веса тел $P_1 = P_6 = P$, $P_3 = 3P$, $P_4 = P_5 = P_2 = 2P$, $F = P$, $M = 3Pr$.

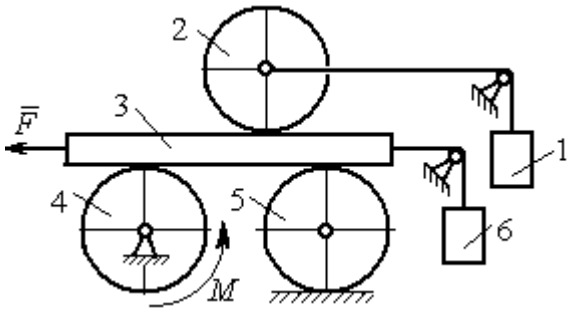


Рис. 6.15. Механическая система с двумя степенями свободы

Решение

Рассматриваемая механическая система, включающая катки 2, 5, платформу 3, блок 4 и грузы 1, 6, имеет две степени свободы, так как перемещение

катка 2 относительно платформы 3 не зависит от перемещения самой платформы. За обобщенные координаты выберем перемещение x_2 центра масс катка 2 относительно края платформы и перемещение x_3 платформы 3 относительно произвольной неподвижной вертикальной плоскости (рис. 6.16). Обобщенные скорости – скорость $\dot{x}_2$ центра масс катка 2 относительно края платформы и скорость платформы $\dot{x}_3$ относительно неподвижной вертикали. Уравнения Лагранжа II рода, описывающие движение системы:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_2}=Q_{x_2}, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right)-\frac{\partial T}{\partial x_3}=Q_{x_3},$$

где T – кинетическая энергия системы; Q_{x_2}, Q_{x_3} – обобщенные силы, соответствующие указанным обобщенным координатам.

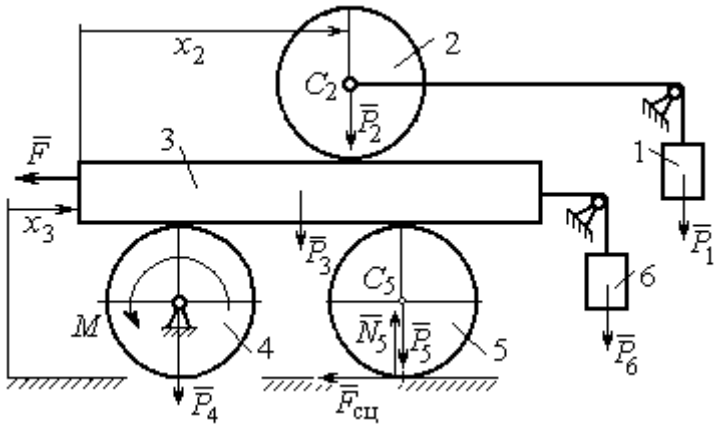


Рис. 6.16. Действующие силы
и обобщённые координаты механической системы

Вычислим кинетическую энергию системы как сумму кинетических энергий тел.

Платформа 3 совершает поступательное движение. Кинетическая энергия платформы $T_3=\frac{P_3}{2g}V_3^2$, где V_3 – скорость платформы, причём, в соответствии с выбором обобщённых координат и скоростей, $V_3=\dot{x}_3$.

Блок 4 вращается вокруг неподвижной оси. Энергия вращательного движения блока $T_4=\frac{1}{2}J_4\omega_4^2$, где J_4, ω_4 – осевой момент инерции блока 4 и его угловая скорость. Угловая скорость блока 4 $\omega_4=\frac{V_3}{R_4}=\frac{\dot{x}_3}{2r}$.

Каток 5 совершает плоскопараллельное движение, его кинетическая энергия вычисляется по формуле: $T_5 = \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2$, где J_5 – момент инерции катка относительно оси вращения, проходящей через его центр масс; ω_5, V_{C_5} – угловая скорость и скорость центра масс катка 5. Для определения скорости центра масс катка 5 заметим, что точка касания катка с платформой имеет скорость, равную скорости платформы, а точка *K* касания катка с неподвижной горизонтальной поверхностью является его мгновенным центром скоростей. Следовательно, скорость центра катка равна половине скорости платформы: $V_{C_5} = \frac{1}{2}V_3 = \frac{1}{2}\dot{x}_3$. Угловая скорость катка 5 $\omega_5 = \frac{V_3}{2R_5} = \frac{\dot{x}_3}{4r}$ (рис. 6.17, *a*).

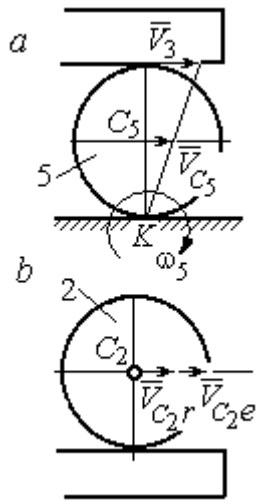


Рис. 6.17. Скорости центров катков 2 и 5

При расчёте кинетической энергии катка 2 необходимо учитывать, что каток совершает сложное движение. Качение катка по поверхности платформы является относительным движением, перемещение его вместе с платформой – переносным. Абсолютная скорость V_{C_2} центра масс катка 2 представляется в виде векторной суммы $\vec{V}_{C_2} = \vec{V}_{C_2r} + \vec{V}_{C_2e}$ (рис. 6.17, *b*), где $\vec{V}_{C_2e}$ – вектор переносной скорости катка, равный по модулю скорости платформы, $V_{C_2e} = V_3 = \dot{x}_3$; $\vec{V}_{C_2r}$ – вектор относительной скорости центра масс катка, равный по величине скорости центра масс катка 2 относительно края платформы, $V_{C_2r} = \dot{x}_2$. Модуль абсолютной скорости центра масс катка 2 равен сумме $V_{C_2} = V_{C_2r} + V_{C_2e} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$ (рис. 6.17, *b*).

Угловая скорость переносного движения катка 2 равна нулю, поскольку переносное движение катка – это поступательное движение платформы. В результате угловая скорость катка 2 равна его угловой скорости в относительном

движении: $\omega_2 = \dfrac{V_{C_2 r}}{R_2} = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$. Кинетическая энергия катка 2 рассчитывается по формуле: $T_2 = \dfrac{1}{2}\dfrac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \dfrac{1}{2}J_2\omega_2^2$, где J_2 – осевой момент инерции катка 2; ω_2 – угловая скорость катка; V_{C_2} – абсолютная скорость центра масс катка 2.

Движение грузов 1 и 6 поступательное, их кинетические энергии вычисляются по формулам: $T_1 = \dfrac{P_1}{2g}V_1^2$, $T_6 = \dfrac{P_6}{2g}V_6^2$. При этом скорость груза 1 равна абсолютной скорости центра катка 2: $V_1 = V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, а скорость груза 6 равна скорости платформы: $V_6 = V_3 = \dot{x}_3$.

Выразим кинетическую энергию системы через обобщённые скорости. Кинетическая энергия:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 =$$

$$= \frac{P_1}{2g}V_1^2 + \frac{1}{2}\frac{P_2}{g}V_{C_2}^2 + \frac{1}{2}J_2\omega_2^2 + \frac{P_3}{2g}V_3^2 + \frac{1}{2}J_4\omega_4^2 + \frac{1}{2}\frac{P_5}{g}V_{C_5}^2 + \frac{1}{2}J_5\omega_5^2 + \frac{P_6}{2g}V_6^2,$$

где значения скоростей: $V_1 = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $V_{C_2} = \dot{x}_2 + \dot{x}_3$, $\omega_2 = \dfrac{\dot{x}_2}{2r}$, $V_3 = \dot{x}_3$, $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$, $V_{C_5} = \dfrac{1}{2}\dot{x}_3$, $\omega_5 = \dfrac{\dot{x}_3}{4r}$, $V_6 = \dot{x}_3$. Значения осевых моментов инерции катков: $J_2 = \dfrac{P_2 R_2^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_4 = \dfrac{P_4 R_4^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$, $J_5 = \dfrac{P_5 R_5^2}{2g} = \dfrac{4Pr^2}{g}$. Подставляя значения скоростей, моментов инерции и данные задачи, получим выражение кинетической энергии системы в виде

$$T = \frac{P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_2}{2r}\right)^2 + \frac{3P}{2g}\dot{x}_3^2 +$$

$$+\frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2r}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{2P}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{2}\right)^2 + \frac{1}{2}\cdot\frac{4Pr^2}{g}\left(\frac{\dot{x}_3}{4r}\right)^2 + \frac{P}{2g}\dot{x}_3^2 =$$

$$= \frac{1}{2}\frac{P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{2g}(\dot{x}_2 + \dot{x}_3)^2 + \frac{23P}{8g}\dot{x}_3^2 = \frac{2P}{g}\dot{x}_2^2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_2\dot{x}_3 + \frac{35P}{8g}\dot{x}_3^2.$$

Дадим системе возможное перемещение по координате x_3, оставляя координату x_2 без изменения: $\delta x_3 > 0, \delta x_2 = 0$ (рис. 6.18). При таком перемещении каток 2 стоит на платформе и движется поступательно вместе с ней. В этом случае работа сил тяжести $\vec{P}_2$, $\vec{P}_5$, $\vec{P}_3$ катков 2, 5 и платформы 3 равна нулю, так как перемещения точек приложения этих сил перпендикулярны векторам сил (см. рис. 6.18). Работа силы тяжести $\vec{P}_4$ равна нулю, так как точка приложения силы лежит на неподвижной оси вращения блока 4.

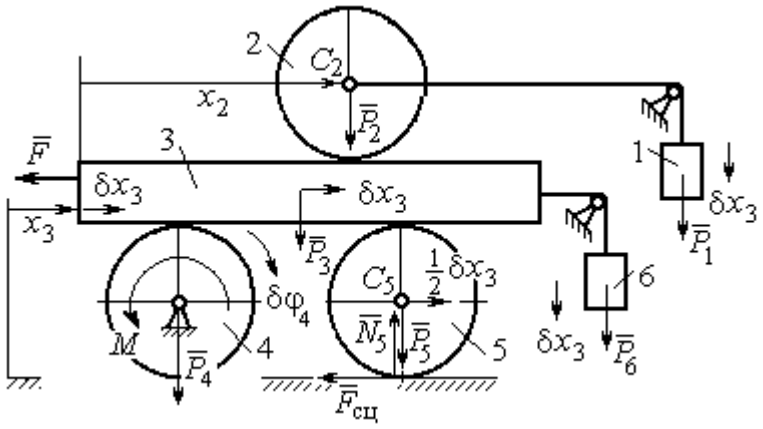


Рис. 6.18. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_3 > 0$, $\delta x_2 = 0$

Работу будут производить сила $\vec{F}$, пара сил с моментом M и силы тяжести грузов $\vec{P}_1$ и $\vec{P}_6$. Суммарная работа сил на перемещении δx_3: $\delta A = -F\delta x_3 - M\delta\varphi_4 + P_1\delta x_3 + P_6\delta x_3$.

Представим полученное ранее соотношение $\omega_4 = \dfrac{\dot{x}_3}{2r}$ в дифференциальном виде: $d\varphi_4 = \dfrac{dx_3}{2r}$. Поскольку дифференциалы координат также являются возможными перемещениями, получим нужное соотношение $\delta\varphi_4 = \dfrac{\delta x_3}{2r}$. Теперь элементарную работу сил на возможном перемещении δx_3 с учётом значений сил можно представить в виде:

$$\delta A = -P\delta x_3 - 3Pr\frac{\delta x_3}{2r} + P\delta x_3 + P\delta x_3 = -\frac{1}{2}P\delta x_3,$$

отсюда обобщённая сила, соответствующая координате x_3: $Q_{x_3} = -\dfrac{1}{2}P$.

Дадим системе другое независимое перемещение – по координате x_2, оставляя координату x_3 без изменения: $\delta x_2 > 0, \delta x_3 = 0$ (рис. 6.19).

При этом возможном перемещении вся система стоит, кроме катка 2, который катится по поверхности неподвижной платформы, и груза 1, который опускается вертикально вниз. Работу совершает только сила тяжести груза 1. Выражая работу в виде $\delta A = P_1 \delta x_2 = P \delta x_2$, найдём обобщённую силу, соответствующую координате x_2: $Q_{x_2} = P$.

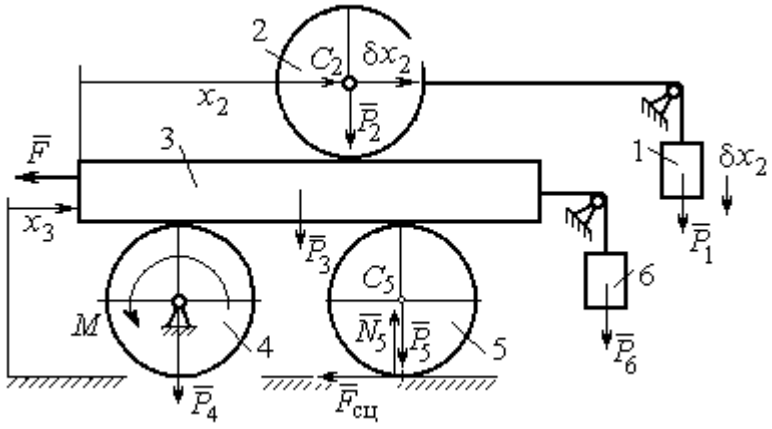


Рис. 6.19. Возможное перемещение системы при вариации обобщённых координат $\delta x_2 > 0$, $\delta x_3 = 0$

Составим уравнения Лагранжа. С этой целью вычислим частные производные от кинетической энергии по обобщенным скоростям $\dot{x}_3$ и $\dot{x}_2$:

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3} = \frac{3P}{g}\dot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\dot{x}_3, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2} = \frac{4P}{g}\dot{x}_2 + \frac{3P}{g}\dot{x}_3$$

и по обобщённым координатам: $\frac{\partial T}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_4} = 0.$

Определим полные производные по времени от частных производных кинетической энергии по скоростям:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_3}\right) = \frac{3P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{35P}{4g}\ddot{x}_3, \quad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_2}\right) = \frac{4P}{g}\ddot{x}_2 + \frac{3P}{g}\ddot{x}_3.$$

Подставляя результаты расчётов в уравнения Лагранжа с учётом вычисленных значений обобщённых сил, получим систему дифференциальных уравнений, описывающих движение системы в обобщённых координатах:

$$12\ddot{x}_2 + 35\ddot{x}_3 = -2g, \quad 4\ddot{x}_2 + 3\ddot{x}_3 = g.$$

Алгебраическим решением системы служат значения ускорений:

$$\ddot{x}_3 = -\frac{5}{26}g = -0{,}19g \quad \text{и} \quad \ddot{x}_2 = \frac{41}{104}g = 0{,}39g.$$

Полученные выражения представляют собой дифференциальные уравнения, проинтегрировав которые дважды с нулевыми начальными условиями (движение началось из состояния покоя), найдём уравнения абсолютного движения платформы и относительного движения центра масс катка 2:

$$x_3 = -0{,}095gt^2, \quad x_2 = 0{,}195gt^2.$$

Отрицательное значение координаты x_3 означает, что движение платформы происходит в отрицательном направлении оси x_3 (см. рис. 6.16).

Абсолютное движение центра катка 2 представляется суммой относительного и переносного движений: $x_{C_2} = x_2 + x_3 = 0{,}1gt^2$.

Уравнение вращательного движения катка 2 находится на основании выражения $\varphi_2 = \frac{1}{R_2}x_2 = \frac{1}{2r}x_2 = 0{,}097\frac{gt^2}{r}$. Вращение блока 4 описывается уравнением $\varphi_4 = \frac{1}{R_4}x_3 = \frac{1}{2r}x_3 = -0{,}047\frac{gt^2}{r}$.

Движение катка 5 описывается двумя уравнениями: уравнением движения центра масс катка $x_{C_5} = \frac{1}{2}x_3 = -0{,}047gt^2$ и уравнением вращательного движения катка $\varphi_5 = \frac{x_3}{2R_5} = -0{,}024\frac{gt^2}{r}$.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бать М. И., *Джанелидзе Г. Ю.*, *Кельзон А. С.* Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 1–2.– СПб.: Лань, 2010.

Бутенин Н. В., *Лунц Я. Л.*, *Меркин Д. Р.* Курс теоретической механики: в 2-х томах.– М.: Наука, 2009.

Вебер Г. Э., *Ляпцев С. А*. Лекции по теоретической механике. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008.

Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебн. для втузов. – М.: Высшая школа, 2010.

Учебное издание

Евгений Борисович Волков
Юрий Михайлович Казаков

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

сборник заданий для расчетно-графических работ

Учебно-методическое пособие
для самостоятельной работы студентов

Редактор *Л.В. Устьянцева*

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60×84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л. 9,75 Уч. изд. л. 6,5 Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30
Уральский государственный горный университет.
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

4. ДИНАМИКА ТОЧКИ 73
4.1. Дифференциальные уравнения движения точки. 73
4.2. Задание Д1. Интегрирование дифференциальных уравнений движения точки 73
4.3. Колебания материальной точки 80
4.4. Задание Д2. Исследование колебаний точки 84
4.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки. 95
4.6. Задание Д3. Исследование движения точки
с применением теоремы об изменении кинетической энергии 96
5. ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ 103
5.1. Описание движений твёрдых тел на основе общих теорем динамики системы . 103
5.2. Задание Д4. Динамический расчет механической системы 104
5.3. Теорема об изменении кинетической энергии системы. 112
5.4. Задание Д5. Исследование движения механической системы
с применением теоремы об изменении кинетической энергии 114
6. АНАЛИТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА 124
6.1. Принципы механики. Общее уравнение динамики 124
6.2. Задание Д6. Исследование механической системы
с применением общего уравнения динамики 126
6.3. Уравнения Лагранжа II рода 136
6.4. Задание Д7. Исследование механической системы с одной степенью свободы
с применением уравнений Лагранжа 137
6.5. Задание Д8. Исследование механической системы с двумя степенями свободы 145
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 155

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров
14.10.2020

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Дружинин А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

_____
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации необходимы для студентов специалистиата по направлению подготовки 21.05.04 – «Горное дело» при организации самостоятельной работы по дисциплине «Прикладное программное обеспечение» в рамках подготовки и защиты контрольной работы.

В методических рекомендациях содержатся особенности организации подготовки контрольной работы в виде реферата, требования к его оформлению, а также порядок защиты и критерии оценки.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

Общая характеристика реферата

Написание реферата практикуется в учебном процессе в целях приобретения студентом необходимой профессиональной подготовки, развития умения и навыков самостоятельного научного поиска: изучения литературы по выбранной теме, анализа различных источников и точек зрения, обобщения материала, выделения главного, формулирования выводов и т. п. С помощью реферата студент может глубже постигать наиболее сложные проблемы дисциплины, учится лаконично излагать свои мысли, правильно оформлять работу, докладывать результаты своего труда.

В «Толковом словаре русского языка» дается следующее определение: «**реферат** – краткое изложение содержания книги, статьи, исследования, а также доклад с таким изложением».

Различают два вида реферата:

- *репродуктивный* – воспроизводит содержание первичного текста в форме реферата-конспекта или реферата-резюме. В реферате-конспекте содержится фактическая информация в обобщённом виде, иллюстрированный материал, различные сведения о методах исследования, результатах исследования и возможностях их применения. В реферате-резюме содержатся только основные положения данной темы;
- *продуктивный* – содержит творческое или критическое осмысление реферируемого источника и оформляются в форме реферата-доклада или реферата-обзора. В реферате-докладе, наряду с анализом информации первоисточника, дается объективная оценка проблемы, и он имеет развёрнутый характер. Реферат-обзор составляется на основе нескольких источников и в нем сопоставляются различные точки зрения по исследуемой проблеме.

Студент для изложения материала должен выбрать продуктивный вид реферата.

Выбор темы реферата

Студенту предоставляется право выбора темы реферата из рекомендованного преподавателем дисциплины списка. Выбор темы должен быть осознанным и обоснованным с точки зрения познавательных интересов автора, а также полноты освещения темы в имеющейся научной литературе.

Если интересующая тема отсутствует в рекомендованном списке, то по согласованию с преподавателем студенту предоставляется право самостоятельно предложить тему реферата, раскрывающую содержание изучаемой дисциплины. Тема не должна быть слишком общей и глобальной, так как небольшой объем работы (до 20-25 страниц без учёта приложений) не позволит раскрыть ее.

Начинать знакомство с избранной темой лучше всего с чтения обобщающих работ по данной проблеме, постепенно переходя к узкоспециальной литературе. При этом

следует сразу же составлять библиографические выходные данные используемых источников (автор, название, место и год издания, издательство, страницы).

На основе анализа прочитанного и просмотренного материала по данной теме следует составить тезисы по основным смысловым блокам, с пометками, собственными суждениями и оценками. Предварительно подобранный в литературных источниках материал может превышать необходимый объем реферата.

Формулирование цели и составление плана реферата

Выбрав тему реферата и изучив литературу, необходимо сформулировать цель работы и составить план реферата.

Цель – это осознаваемый образ предвосхищаемого результата. Возможно, формулировка цели в ходе работы будет меняться, но изначально следует ее обозначить, чтобы ориентироваться на нее в ходе исследования. Формулирование цели реферата рекомендуется осуществлять при помощи глаголов: исследовать, изучить, проанализировать, систематизировать, осветить, изложить (представления, сведения), создать, рассмотреть, обобщить и т. д.

Определяясь с целью дальнейшей работы, параллельно необходимо думать над составлением плана, при этом четко соотносить цель и план работы. Правильно построенный план помогает систематизировать материал и обеспечить последовательность его изложения.

Наиболее традиционной является следующая **структура реферата:**

Титульный лист.

Оглавление (план, содержание).

Введение.

1. (полное наименование главы).
   1.1. (полное название параграфа, пункта);
   1.2. (полное название параграфа, пункта).
2. (полное наименование главы).
   2.1. (полное название параграфа, пункта);
   2.2. (полное название параграфа, пункта).

Заключение (выводы).

} Основная часть

Библиография (список использованной литературы).

Приложения (по усмотрению автора).

Титульный лист оформляется в соответствии с Приложением**.**

Оглавление (план, содержание) включает названия всех глав и параграфов (пунктов плана) реферата и номера страниц, указывающие их начало в тексте реферата.

Введение. В этой части реферата обосновывается актуальность выбранной темы, формулируются цель и задачи работы, указываются используемые материалы и дается их краткая характеристика с точки зрения полноты освещения избранной темы. Объем введения не должен превышать 1-1,5 страницы.

Основная часть реферата может быть представлена двумя или тремя главами, которые могут включать 2-3 параграфа (пункта).

Здесь достаточно полно и логично излагаются главные положения в используемых источниках, раскрываются все пункты плана с сохранением связи между ними и последовательности перехода от одного к другому.

Автор должен следить за тем, чтобы изложение материала точно соответствовало цели и названию главы (параграфа). Материал в реферате рекомендуется излагать своими словами, не допуская дословного переписывания из литературных источников. В тексте обязательны ссылки на первоисточники, т. е. на тех авторов, у которых взят данный материал в виде мысли, идеи, вывода, числовых данных, таблиц, графиков, иллюстраций и пр.

Работа должна быть написана грамотным литературным языком. Сокращение слов в тексте не допускается, кроме общеизвестных сокращений и аббревиатуры. Каждый раздел рекомендуется заканчивать кратким выводом.

Заключение (выводы). В этой части обобщается изложенный в основной части материал, формулируются общие выводы, указывается, что нового лично для себя вынес автор реферата из работы над ним. Выводы делаются с учетом опубликованных в литературе различных точек зрения по проблеме, рассматриваемой в реферате, сопоставления их и личного мнения автора реферата. Заключение по объему не должно превышать 1,5-2 страниц.

Библиография (список использованной литературы) – здесь указывается реально использованная для написания реферата литература, периодические издания и электронные источники информации. Список составляется согласно правилам библиографического описания.

Приложения могут включать графики, таблицы, расчеты.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РЕФЕРАТА

Общие требования к оформлению реферата

Рефераты, как правило, требуют изучения и анализа значительного объема статистического материала, формул, графиков и т. п. В силу этого особое значение приобретает правильное оформление результатов проделанной работы.

Текст реферата должен быть подготовлен в печатном виде. Исправления и помарки не допускаются. Текст работы оформляется на листах формата А4, на одной стороне листа, с полями: левое – 25 мм, верхнее – 20 мм, правое – 15 мм и нижнее – 25 мм. При компьютерном наборе шрифт должен быть таким: тип шрифта Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5.

Рекомендуемый объем реферата – не менее 20 страниц. Титульный лист реферата оформляется студентом по образцу, данному в приложении 1.

Текст реферата должен быть разбит на разделы: главы, параграфы и т. д. Очередной раздел нужно начинать с нового листа.

Все страницы реферата должны быть пронумерованы. Номер страницы ставится снизу страницы, по центру. Первой страницей является титульный лист, но на ней номер страницы не ставится.

Таблицы

Таблицы по содержанию делятся на аналитические и неаналитические. Аналитические таблицы являются результатом обработки и анализа цифровых показателей. Как правило, после таких таблиц делается обобщение, которое вводится в текст словами: «таблица позволяет сделать вывод о том, что…», «таблица позволяет заключить, что…» и т. п.

В неаналитических таблицах обычно помещаются необработанные статистические данные, необходимые лишь для информации и констатации фактов.

Таблицы размещают после первого упоминания о них в тексте таким образом, чтобы их можно было читать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке.

Каждая таблица должна иметь нумерационный и тематический заголовок. Тематический заголовок располагается по центру таблицы, после нумерационного, размещённого в правой стороне листа и включающего надпись «Таблица» с указанием арабскими цифрами номера таблицы. Нумерация таблиц сквозная в пределах каждой главы. Номер таблицы состоит из двух цифр: первая указывает на номер главы, вторая – на номер таблицы в главе по порядку (например, «Таблица 2.2» – это значит, что представленная таблица вторая во второй главе).

Цифры в графах таблиц должны проставляться так, чтобы разряды чисел во всей графе были расположены один под другим. В одной графе количество десятичных знаков должно быть одинаковым. Если данные отсутствуют, то в графах ставят знак тире. Округление числовых значений величин до первого, второго и т. д. десятичного знака для различных значений одного и того же наименования показателя должно быть одинаковым.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другую страницу, при этом заголовок таблицы помещают только над ее первой частью, а над переносимой частью пишут «Продолжение таблицы» или «Окончание таблицы». Если в работе несколько таблиц, то после слов «Продолжение» или «Окончание» указывают номер таблицы, а само слово «таблица» пишут сокращенно, например, «Продолжение табл. 1.1», «Окончание табл. 1.1».

На все таблицы в тексте реферата должны быть даны ссылки с указанием их порядкового номера, например, «…в табл. 2.2».

Формулы

Формулы – это комбинации математических знаков, выражающие какие-либо предложения.

Формулы, приводимые в реферате, должны быть наглядными, а обозначения, применяемые в них, соответствовать стандартам.

Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой, в той последовательности, в какой они даны в формуле. Значение каждого символа и числового коэффициента дается с новой строки. Первую строку объяснения начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Формулы и уравнения следует выделять из текста свободными строками. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства (=) или после знака (+), минус (–), умножения (х) и деления (:).

Формулы нумеруют арабскими цифрами в пределах всей реферата или главы. В пределах реферата используют нумерацию формул одинарную, в пределах главы – двойную. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В тексте ссылки на формулы приводятся с указанием их порядковых номеров, например: «…в формуле (2.2)» (второй формуле второй главы).

Иллюстрации

Иллюстрации позволяют наглядно представить явление или предмет такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но без лишних деталей и подробностей.

Основными видами иллюстраций являются схемы, диаграммы и графики.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных обозначений и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Диаграмма – один из способов изображения зависимости между величинами. Наибольшее распространение получили линейные, столбиковые и секторные диаграммы.

Для построения линейных диаграмм используется координатное поле. По горизонтальной оси в изображенном масштабе откладывается время или факториальные признаки, на вертикальной – показатели на определенный момент (период) времени или размеры результативного независимого признака. Вершины ординат соединяются отрезками – в результате получается ломаная линия.

На столбиковых диаграммах данные изображаются в виде прямоугольников (столбиков) одинаковой ширины, расположенных вертикально или горизонтально. Длина (высота) прямоугольников пропорциональна изображенным ими величинам.

Секторная диаграмма представляет собой круг, разделенный на секторы, величины которых пропорциональны величинам частей изображаемого явления.

График – это результат обработки числовых данных. Он представляет собой условные изображения величин и их соотношений через геометрические фигуры, точки и линии.

Количество иллюстраций в работе должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Иллюстрации обозначаются словом «Рис.» и располагаются после первой ссылки на них в тексте так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота работы или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации должны иметь номер и наименование, расположенные по центру, под ней. Иллюстрации нумеруются в пределах главы арабскими цифрами, например: «Рис. 1.1» (первый рисунок первой главы). Ссылки на иллюстрации в тексте реферата приводят с указанием их порядкового номера, например: «…на рис. 1.1».

При необходимости иллюстрации снабжаются поясняющими данными (подрисуночный текст).

Приложения

Приложение – это часть основного текста, которая имеет дополнительное (обычно справочное) значение, но, тем не менее, необходима для более полного освещения темы. По форме они могут представлять собой текст, таблицы, графики, карты. В приложении помещают вспомогательные материалы по рассматриваемой теме: инструкции, методики, положения, результаты промежуточных расчетов, типовые проекты, имеющие значительный объем, затрудняющий чтение и целостное восприятие текста. В этом случае в тексте приводятся основные выводы (результаты) и делается ссылка на приложение, содержащее соответствующую информацию. Каждое приложение должно начинаться с новой страницы. В правом верхнем углу листа пишут слово «Приложение» и указывают номер приложения. Если в реферате больше одного приложения, их нумеруют последовательно арабскими цифрами, например: «Приложение 1», «Приложение 2» и т. д.

Каждое приложение должно иметь заголовок, который помещают ниже слова «Приложение» над текстом приложения, по центру.

При ссылке на приложение в тексте реферата пишут сокращенно строчными буквами «прил.» и указывают номер приложения, например: «…в прил. 1».

Приложения оформляются как продолжение текстовой части реферата со сквозной нумерацией листов. Число страниц в приложении не лимитируется и не включается в общий объем страниц реферата.

Библиографический список

Библиографический список должен содержать перечень и описание только тех источников, которые были использованы при написании реферата.

В библиографическом списке должны быть представлены монографические издания отечественных и зарубежных авторов, материалы профессиональной периодической печати (экономических журналов, газет и еженедельников), законодательные и др. нормативно-правовые акты. При составлении списка необходимо обратить внимание на достижение оптимального соотношения между монографическими изданиями, характеризующими глубину теоретической подготовки автора, и периодикой, демонстрирующей владение современными экономическими данными.

Наиболее распространенным способом расположения наименований литературных источников является алфавитный. Работы одного автора перечисляются в алфавитном порядке их названий. Исследования на иностранных языках помещаются в порядке латинского алфавита после исследований на русском языке.

Ниже приводятся примеры библиографических описаний использованных источников.

Статья одного, двух или трех авторов из журнала

Зотова Л. А., Еременко О. В. Инновации как объект государственного регулирования // Экономист. 2010. № 7. С. 17–19.

Статья из журнала, написанная более чем тремя авторами

Валютный курс и экономический рост / С. Ф. Алексашенко, А. А. Клепач, О. Ю. Осипова [и др.] // Вопросы экономики. 2010. № 8. С. 18–22.

Книга, написанная одним, двумя или тремя авторами

Олейник А. Н. Институциональная Горное дело: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2011. 416 с.

Книга, написанная более чем тремя авторами

Экономическая теория: учебник / В. Д. Камаев [и др.]. М.: ВЛАДОС, 2011. 143 с.

Сборники

Актуальные проблемы экономики и управления: сборник научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. 146 с.

Статья из сборника

Данилов А. Г. Система ценообразования промышленного предприятия // Актуальные проблемы экономики и управления: сб. научных статей. Екатеринбург: УГГУ, 2010. Вып. 9. С. 107–113.

Статья из газеты

Крашаков А. С. Будет ли обвал рубля // Аргументы и факты. 2011. № 9. С. 3.

Библиографические ссылки

Библиографические ссылки требуется приводить при цитировании, заимствовании материалов из других источников, упоминании или анализе работ того или иного автора, а также при необходимости адресовать читателя к трудам, в которых рассматривался данный вопрос.

Ссылки должны быть затекстовыми, с указанием номера соответствующего источника (на который автор ссылается в работе) в соответствии с библиографическим списком и соответствующей страницы.

Пример оформления затекстовой ссылки

Ссылка в тексте: «Под трансакцией понимается обмен какими-либо благами, услугами или информацией между двумя агентами» [10, С. 176].

В списке использованных источников:

10. *Сухарев О. С.* Институциональная Горное дело: учебник и практикум для специалистиата и магистратуры /О.С. Сухарев. М.: Издательство Юрайт, 2016. 501 с.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ РЕФЕРАТА

Необходимо заранее подготовить тезисы выступления (план-конспект).

Порядок защиты реферата.

1.Краткое сообщение, характеризующее цель и задачи работы, ее актуальность, полученные результаты, вывод и предложения.

2.Ответы студента на вопросы преподавателя.

3.Отзыв руководителя-консультанта о ходе выполнения работы.

Советы студенту:

- Готовясь к защите реферата, вы должны вспомнить материал максимально подробно, и это должно найти отражение в схеме вашего ответа. Но тут же необходимо выделить главное, что наиболее важно для понимания материала в целом, иначе вы сможете проговорить все 15-20 минут и не раскрыть существа вопроса. Особенно строго следует отбирать примеры и иллюстрации.
- Вступление должно быть очень кратким – 1-2 фразы (если вы хотите подчеркнуть при этом важность и сложность данного вопроса, то не говорите, что он сложен и важен, а покажите его сложность и важность).

- Целесообразнее вначале показать свою схему раскрытия вопроса, а уж потом ее детализировать.
- Рассказывать будет легче, если вы представите себе, что объясняете материал очень способному и хорошо подготовленному человеку, который не знает именно этого раздела, и что при этом вам обязательно нужно доказать важность данного раздела и заинтересовать в его освоении.
- Строго следите за точностью своих выражений и правильностью употребления терминов.
- Не пытайтесь рассказать побольше за счет ускорения темпа, но и не мямлите.
- Не демонстрируйте излишнего волнения и не напрашивайтесь на сочувствие.
- Будьте особенно внимательны ко всем вопросам преподавателя, к малейшим его замечаниям. И уж ни в коем случае его не перебивайте!
- Не бойтесь дополнительных вопросов – чаще всего преподаватель использует их как один из способов помочь вам или сэкономить время. Если вас прервали, а при оценке ставят в вину пропуск важной части материала, не возмущайтесь, а покажите план своего ответа, где эта часть стоит несколько позже того, на чем вы были прерваны.
- Прежде чем отвечать на дополнительный вопрос, необходимо сначала правильно его понять. Для этого нужно хотя бы немного подумать, иногда переспросить, уточнить: правильно ли вы поняли поставленный вопрос. И при ответе следует соблюдать тот же принцип экономности мышления, а не высказывать без разбора все, что вы можете сказать.
- Будьте доброжелательны и тактичны, даже если к ответу вы не готовы (это вина не преподавателя, а ваша).

ТЕМЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

1. Хост-компьютеры.
2. Локальные сети и персональные компьютеры.
3. Каналы связи.
4. Хранение и предоставление доступа к информации.
5. Управление передачей сообщений.
6. Каналы связи, обеспечивающие взаимодействие между хост-компьютерами.
7. Обмен информацией между абонентами сети.
8. Использование баз данных сети.
9. Классификация прикладного программного обеспечения.
10. Пакеты прикладных программ.
11. Методо-ориентированные пакеты.
12. Системы реального времени.
13. Офисные приложения.
14. Инструменты электронных таблиц для решения экономических задач.
15. Классификация баз данных (БД).
16. Системы управления базами данных (СУБД). Классификация СУБД.
17. Локальные и глобальные сети. Intranet и Internet. Сетевые службы.
18. Поисковые системы: Яndex, Rambler, Google, ПОИСК@mail.ru.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ (РЕФЕРАТА)

Проверяемые компетенции: ОПК-5

Знать:

- офисные приложения;
- основы создания баз данных;
- принципы работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

Уметь:

- использовать офисные приложения;
- создавать базы данных средствами офисных приложений;
- использовать электронную почту и другие средства коммуникаций с помощью Интернета.

Владеть:

- инструментарием офисных приложений;
- технологией разработки баз данных;
- навыками работы в разных поисковых системах интернет и в системах коммуникации.

Критерии оценивания:

достижение поставленной цели и задач исследования (новизна и актуальность поставленных в реферате проблем, правильность формулирования цели, определения задач исследования, правильность выбора методов решения задач и реализации цели; соответствие выводов решаемым задачам, поставленной цели, убедительность выводов);

уровень эрудированности автора по изученной теме (знание автором состояния изучаемой проблематики, цитирование источников, степень использования в работе результатов исследований);

личные заслуги автора реферата (новые знания, которые получены помимо основной образовательной программы, новизна материала и рассмотренной проблемы, научное значение исследуемого вопроса);

культура письменного изложения материала (логичность подачи материала, грамотность автора);

культура оформления материалов работы (соответствие реферата всем стандартным требованиям);

знания и умения на уровне требований стандарта данной дисциплины: знание фактического материала, усвоение общих понятий и идей;

степень обоснованности аргументов и обобщений (полнота, глубина, всестороннее раскрытие темы, корректность аргументации и системы доказательств, характер и достоверность примеров, иллюстративного материала, наличие знаний интегрированного характера, способность к обобщению);

качество и ценность полученных результатов (степень завершенности реферативного исследования, спорность или однозначность выводов);

использование профессиональной терминологии;

использование литературных источников.

Правила оценивания:

Каждый показатель оценивается в 1 балл

Критерии оценки:

9-10 баллов (90-100%) - оценка «отлично»;

7-8 баллов (70-89%) - оценка «хорошо»;

5-6 баллов (50-69%) - оценка «удовлетворительно»;

0-4 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно».

Приложение

Образец оформления титульного листа контрольной работы (реферата)

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»

Инженерно-экономический факультет

Кафедра информатики

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА (РЕФЕРАТ)

по дисциплине
«Прикладное программное обеспечение»

на тему:

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ СООБЩЕНИЙ

Руководитель:
Дружинин А.В.
Студент гр. Х-20
Артёмова Елена Юрьевна

Екатеринбург – 2020

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____С.А. Упоров
14.10.2020

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

квалификация выпускника: **специалист**

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Дружинин А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

_____
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 10
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров» 10
Создание файла базы данных Access 10
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 19
Работа с простыми запросами 19
Конструирование запросов на выборку с условием отбора 19
Вычисляемые поля в запросах 22
Параметры в запросах 24
Групповые операции в запросах 26
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3 30
Работа с многотабличными запросами 30
Запросы на изменение 34
Задание для самостоятельной работы 37
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4 38
Работа с формами 38
Условное форматирование элементов управления 39
Создание разделенной формы 41
Многотабличные формы 42
Создание многотабличной формы с помощью мастера 43
Одиночная многотабличная форма 46
Задание для самостоятельной работы 50
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5 50
Работа с отчетами 50
Задание для самостоятельной работы 52
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6 53
Создание главной кнопочной формы 53
с использованием макросов 53
Создание управляющих кнопок на экране 56
ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 61
Указания к выполнению работы 61
Варианты заданий 61
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 73

ВВЕДЕНИЕ

Система управления базами данных

СУБД (система управления базами данных) является универсальным программным инструментом создания и обслуживания баз данных и приложений пользователя в самых разных предметных областях. СУБД обеспечивает создание, многоаспектный доступ к данным и использование одних и тех же данных различными задачами и приложениями пользователей.

СУБД поддерживаются различные модели данных. *Модель данных* – это метод (принцип) логической организации данных, используемый СУБД. Наиболее известными являются иерархическая, сетевая и реляционная модели.

В СУБД для персональных компьютеров (настольных СУБД) поддерживается преимущественно *реляционная модель*, которую отличает простота и единообразие представления данных простейшими *двумерными таблицами.*

Основной логической структурной единицей манипулирования данными является *строка* таблицы – *запись*. *Структура записи* определяется составом входящих в неё *полей*. Совокупность полей записи соответствует логически связанным реквизитам, характеризующим некоторую сущность предметной области.

Типовыми функциями СУБД по манипулированию данными являются выборка, добавление, удаление, изменение данных.

- *Выборка данных* – выборка записей из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц в соответствии с заданными условиями.
- *Добавление* и *удаление* данных – добавление новых записей в таблицы и удаление существующих.
- *Изменение данных* – изменение значений данных в полях существующих записей.

Данные из одной или нескольких взаимосвязанных таблиц могут подвергаться обработке. К операциям *обработки* относятся, например, расчеты в пределах каждой записи, группировка записей в соответствии с *заданным* критерием группировки и обработка записей выделенных групп с помощью статистических функций, таких как суммирование, определение максимального, подсчет числа записей в группе и т. п.

СУБД Access включает разнообразные и многочисленные относительно автономные инструментальные средства, ориентированные на создание объектов базы данных и приложений пользователя.

- *Разнообразие мастера* в режиме ведения диалога с пользователем позволяют создавать объекты и выполнять разнообразные функции по реорганизации объектов базы данных и приложений пользователя.
- *Средства программирования* СУБД включают язык запросов *SQL*, язык макрокоманд и язык объектно-ориентированного программирования для приложений *Microsoft Visual Basic for Applications (VBA).*
- *Средства графического конструирования* позволяют создавать объекты базы данных и объекты приложения с помощью многочисленных графических элементов, не прибегая непосредственно к программированию. Среди многочисленных средств графического конструирования и диалоговых средств Access следует выделить средства для создания:
- таблиц и схем баз данных, отображающих их связи;
- запросов выборки, отбирающих и объединяющих данные нескольких таблиц в виртуальную таблицу, которая может использоваться во многих задачах приложения;
- запросов на изменение данных базы;
- экранных форм, предназначенных для ввода, просмотра и обработки данных в диалоговом режиме;
- отчетов, предназначенных для ввода, просмотра и вывода на печать данных из базы и результатов их обработки в удобном для пользователя виде.

Реляционная база данных

База данных является организованной на машинном носителе совокупностью взаимосвязанных данных и содержит сведения о различных сущностях одной предметной области: реальных объектах, процессах, событиях или явлениях.

Реляционная база данных представляет собой множество взаимосвязанных двумерных таблиц – *реляционных таблиц*, называемых также *отношениями*, в каждой из которых содержаться сведения об одной сущности автоматизируемой предметной области.

Логическую структуру реляционной базы данных образует совокупность реляционных таблиц, между которыми установлены логические связи.

В таблицах базы должны сохраняться все данные, необходимые для решения задач предметной области, причем каждый элемент данных должен храниться в базе только в одном экземпляре. Для создания таблиц,

соответствующих реляционной модели данных, используется процесс, называемый нормализацией данных. *Нормализация* – это удаление из таблиц повторяющихся данных путем их переноса в новые таблицы, записи которых не содержат повторяющихся значений.

Структура реляционной таблицы определяется составом полей. Каждое *поле* отражает определенную характеристику сущности. Для поля указывается *тип* и *размер* элементарного данного, размещаемого в нем, и ряд др. свойств. Содержимое поля отображается в столбце таблицы. Столбец таблицы содержит данные одного типа.

Содержание таблицы заключено в её строках, однотипных по структуре, каждая строка таблицы содержит данные о конкретном экземпляре сущности и называется *записью*.

Для однозначного определения (*идентификации)* каждой записи таблица должна иметь *уникальный (первичный) ключ.* По значению ключа таблицы отыскивается единственная запись в таблице. Ключ может состоять из одного или нескольких полей таблицы. Значение уникального ключа не может повторяться в нескольких записях.

Логические связи между таблицами дают возможность объединять данные из разных таблиц. Связь каждой пары таблиц задается одинаковыми полями в них – *ключом связи*. Таким образом, обеспечивается рациональное хранение недублированных данных и их объединение в соответствии с требованиями решаемых задач.

В нормализованной реляционной базе данных связь двух таблиц характеризуется отношениями записей типа «один-к-одному» (1:1) или «один-ко-многим» (1:M). Отношение 1:1 предполагает, что каждой записи одной таблицы соответствует одна запись другой таблицы. Отношение типа 1:M предполагает, что каждой записи первой таблицы соответствует много записей во второй, но каждой записи второй таблицы соответствует только одна запись в первой.

Для двух таблиц, находящихся в отношении типа 1:M, связь устанавливается по уникальному ключу таблицы, представляющей в отношении сторону «один», – *главной таблицы* в связи. Во второй таблице, представляющей в отношении сторону «многие» и называемой *подчиненной*, этот ключ связи может быть либо частью уникального ключа, либо не входить в состав ключа. В подчиненной таблице ключ связи называется ещё *внешним ключом*.

Схема данных

В СУБД Access процесс создания реляционной базы данных включает создание *схемы данных*. Схема данных наглядно отображает логическую структуру базы данных: таблицы и связи между ними, а также обеспечивает использование установленных в ней связей при обработке данных.

Для нормализованной базы данных, основанной на одно-многозначных и однозначных отношениях между таблицами, в схеме данных для связей таких таблиц по первичному ключу или уникальному индексу главной таблицы могут устанавливаться параметры *связной целостности*.

При поддержании целостности взаимосвязанных данных не допускается наличия записи в подчиненной таблице, если в главной таблице отсутствует связанная с ней запись. Соответственно при первоначальной загрузке базы данных, а также корректировке, добавлении и удалении записей система допускает выполнение операции только в том случае, если она не приводит к нарушению целостности. Связи, определенные в схеме данных, автоматически используются для объединения таблиц при разработке многотабличных форм, запросов, отчетов, существенно упрощая процесс их конструирования. В схеме связи могут устанавливаться для любой пары таблиц, имеющих одинаковое поле, позволяющее объединять эти таблицы. **Объекты Access**

База данных Access включает следующие сохраняемые в одном accdbфайле объекты:

- *таблицы, запросы, схемы данных,* непосредственно имеющие отношение к базе данных;
- *формы, отчеты, макросы* и *модули*, называемые *объектами приложения.*

Формы и отчеты предназначены для типовых процессов обработки данных: просмотра, обновления, поиска по заданным критериям, получения отчетов. Эти объекты приложений конструируются из графических элементов, называемых *элементами управления*. Основные элементы управления служат для отображения полей таблиц, являющихся источниками данных объекта.

Для автоматизации доступа к объектам и их взаимодействия используется программный код. Только с помощью программного кода получается полноценное приложение пользователя, функции которого доступны через меню, панели инструментов и формы. Для создания программного кода служат модули на языке *VBA* и макросы.

Каждый объект и элемент управления имеет свои свойства, определяя которые можно настраивать их. С каждым объектом и элементом управления связывается набор событий, которые могут обрабатываться макросами или

процедурами обработки событий на VBA, входящими в состав модулей форм, отчетов.

Объекты представлены в области навигации окна базы данных Access. Все операции по работе с объектами и приложениями начинаются в этом окне.

- *Таблицы* создаются пользователем для хранения данных об одной сущности – одном информационном объекте модели данных предметной области. Таблица состоит из полей (столбцов) и записей (строк). Каждое поле содержит одну характеристику информационного объекта предметной области. В записи собраны сведения об одном экземпляре информационного объекта. База данных Access может включать до 32768 объектов (в том числе формы, отчеты и т. д.). Одновременно может открываться до 2048 таблиц.
- *Запросы*. Запросы на выборку служат для выборки нужных данных из одной или нескольких связанных таблиц. Результатом выполнения запроса является виртуальная таблица. В запросе можно указать, какие поля исходных таблиц следует включить в запись таблицы запроса и как отобрать нужные записи. Таблица запроса может быть использована с другими таблицами базы при обработке данных. Запросы на изменение позволяют обновлять, удалять или добавлять данные в таблицы, а также создавать новые таблицы на основе уже существующих.
- *Схема данных* определяет, с помощью каких полей таблицы связываются между собой, как будет выполняться объединение данных этих таблиц, нужно ли проверять связную целостность при добавлении и удалении записей, изменение ключей таблиц. Схемы данных в области навигации в окне базы данных отображаются только в проектах Access, работающих с базами данных сервера. Для отображения схемы данных в базах данных Access используется команда **Схема данных**, размещенная на вкладке ленты **Работа с базами данных** в группе **Отношения.**
- *Формы* являются основным средством создания диалогового интерфейса приложения пользователя. Форма может создаваться для работы с электронными документами, сохраняемыми в таблицах базы данных. Вид таких документов может соответствовать привычному для пользователя бумажному документу. Форма используется для разработки интерфейса по управлению приложением. Включаемые в форму процедуры обработки событий позволяют управлять процессом обработки данных в приложении. Такие процедуры хранятся в модуле формы. В формы могут вставляться рисунки, диаграммы, звуковые фрагменты, видео. Возможна разработка форм с набором вкладок, с

каждой из которых связано выполнение той или иной функции приложения.

- *Отчеты* предназначены для формирования на основе данных базы выходных документов любых форматов, содержащих результаты решения задач пользователя, и вывода их на печать. Как и формы, отчеты могут включать процедуры обработки событий. Использование графических объектов позволяет дополнять данные отчета иллюстрациями. Отчеты обеспечивают возможность анализа данных при использовании фильтрации, агрегирования и представления данных источника в различных разрезах. □ *Макросы* являются программами, состоящими из последовательностей макрокоманд, которые выполняются по вызову или при наступлении некоторого события в объекте приложения или его элементе управления. Макросы данных выполняются при наступлении некоторого события в исходных таблицах. Макросы позволяют автоматизировать некоторые действия в приложении пользователя. Создание макросов осуществляется в диалоговом режиме путем выбора нужных макрокоманд и задания параметров, используемых ими при выполнении.
- *Модули* содержат процедуры на языке *Visual Basic for Applications*. Могут создаваться процедуры-программы, процедуры-функции, которые разрабатываются пользователем, и процедуры для обработки событий.

Интерфейс пользователя Access

Для Access 2013 разработан интерфейс пользователя, упрощающий доступ к многочисленным функциональным возможностям в процессе создания и работы с объектами базы данных и приложений пользователя.

Основу этого интерфейса составляют *ленты* и *область навигации.* Собранные на одной ленте команды четко соответствуют задачам, выполняемым в Access, что позволяет легко находить нужную команду.

Основные элементы интерфейса пользователя в Access 2013:

- *страницы*, предназначенные для управления файлами баз данных. Стартовая страница отображается при запуске Access и позволяет открыть существующие файлы баз данных или создать новые. В процессе работы доступны страницы, открываемые при щелчке на цветном значке **Файл.**

Они содержат команды для сохранения, сжатия и восстановления базы данных, определения параметров и ряд др.;

• *лента* – широкая полоса, расположенная в верхней части окна Access. Она содержит стандартные вкладки с группами наиболее часто используемых команд, контекстные вкладки, которые появляются только тогда, когда их использование допустимо, и *панель быстрого доступа* – небольшую панель инструментов, на которую можно добавить нужные команды. Лента является основой интерфейса пользователя и обеспечивает быстрый доступ к набору команд, применимых к выполняемым в базе данных в текущий момент работам;

• *коллекция (галерея)* – элемент интерфейса, который не просто отображает команды, а показывает набор результатов выполнения этих команд с отображением внешнего вида вариантов выбора;

• *диалоговые окна* могут выводиться при выполнении команд для уточнения операции и передачи параметров. В некоторых группах вкладок ленты имеются кнопки вызова диалоговых окон;

• *контекстное меню* вызывается щелчком правой кнопкой мыши на элементе объекта. Содержит команды, зависящие от контекста – элемента объекта, с которым работает пользователь, или выполняемой задачи; □ *панель быстрого доступа* – единственная панель инструментов, предусмотренная в интерфейсе. Она обеспечивает доступ одним нажатием кнопки к наиболее часто используемым командам. Это панель настраивается в соответствии с предпочтениями пользователя;

• *область навигации* расположена в левой части окна. В ней отображаются объединенные в группы объекты базы данных;

• *вкладки документов* – таблицы, запросы, формы, отчеты и макросы отображаются на вкладках в рабочем пространстве окна Access – окне документов;

• *строка состояния* – полоса в нижней части окна программы, в которой отображаются сведения о состоянии объекта и располагаются кнопки, позволяющие изменить режим его представления;

• *мини-панель инструментов* – прозрачный элемент, подключенный к объекту, который появляется над выбранным текстом и позволяет легко отформатировать его;

• *панель сообщений* – это единственное средство вывода всех предупреждений системы безопасности. Отображается, когда в открываемой базе данных имеется любое потенциально опасное выполняемое содержимое.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1
Создание таблиц базы данных «Реализация товаров»

Создать базу данных для учета реализации товаров со складов. Организовать хранение информации в создаваемой базе данных с помощью четырех таблиц: «Товары», «Фирмы», «Склады» и «Продажи».

Этапы проектирования базы данных:

1. Исследование предметной области и формулировка основных допущений (накладываемых условий). На этом этапе составляется список всех форм и отчетов, которые могут быть затребованы пользователями вашей БД.
2. Анализ данных. Составить перечень всех элементов данных, входящих в формы и отчеты, и сгруппировать их в таблицы БД.
3. Установить, какие взаимосвязи существуют между элементами данных. Определить первичные и вторичные (внешние) ключи отношений. Организовать поля данных в таблицах.

Создать базу данных «Реализация товаров», при условии, что на одном складе может храниться только один вид товара.

Создание файла базы данных Access

Для создания файла новой локальной базы данных щелкните в области создания базы данных стартового окна Access на элементе **Пустая база данных** (рис. 1.1). В открывшемся окне введите имя файла в поле **Имя файла** – например, ***Реализация товаров***.

Щелчком по кнопке **Создать,** завершите процесс создания пустого файла новой базы данных. В результате по умолчанию откроется окно созданной базы данных с пустой таблицей с именем **Таблица1** в режиме таблицы (рис. 1.2).

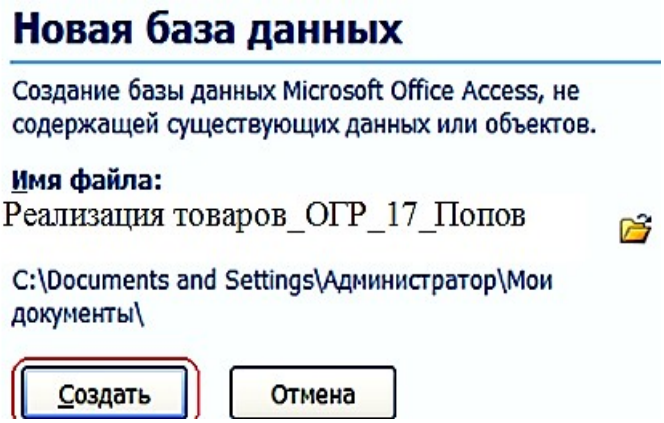


Рис. 1.1. Определение имени и местоположения файла новой базы данных

Так как создание таблиц будет происходить при помощи конструктора таблиц, поэтому закройте таблицу при помощи щелчка по значку «**Закрыть**».



Рис. 1.2. **Таблица1** в режиме таблицы

Задание 1. Создание таблицы базы данных «Реализация товаров»

Рассмотрим последовательность действий при создании таблиц. Для этого начнем создание таблицы «Товар» с определения её структуры в режиме конструктора таблиц. На вкладке ленты **Создание** в группе **Таблицы** выполним команду **Конструктор таблиц** (рис. 1.3).

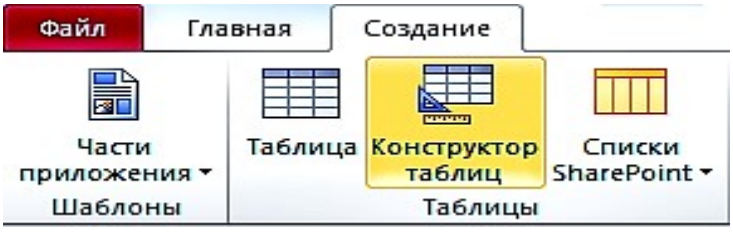


Рис. 1.3. Лента с открытой вкладкой **Создание**

В окне конструктора **Таблица1** определим все поля таблицы «Товар». Для каждого поля таблицы «Товар» определим **Имя поля**, **Тип данных.**



Рис. 1.4. Таблица «Товары» в режиме «**Конструктор**»

Теперь определим первичный ключ таблицы. Выделим поле «**Код товара»**, щелкнув кнопкой мыши на области маркировки, слева от имени поля, и нажмем кнопку **Ключевое поле** на вкладке ленты **Конструктор** в группе **Сервис**. Признаком установки ключа является изображение ключа слева от имени поля  .

Сохраним созданную структуру таблицы и присвоим имя новой таблице – «Товар». Для этого выполним команду **Сохранить** на Панели быстрого доступа или на вкладке **ФАЙЛ**. В окне **Сохранение** введем имя таблицы.

При сохранении таблицы происходит обновление файла базы данных, в которую помещается созданная таблица. Таблица «Товар» появиться в списке объектов **Таблицы** в области навигации открытой базы данных «Реализация товаров».

После сохранения структуры таблицы переходите ко второму этапу создания таблицы – созданию записей. Для этого переключитесь в режим таблицы нажатием кнопки **Режим** на ленте конструктора или выбором нужного режима при открытии списка данной кнопки (рис. 1.5).

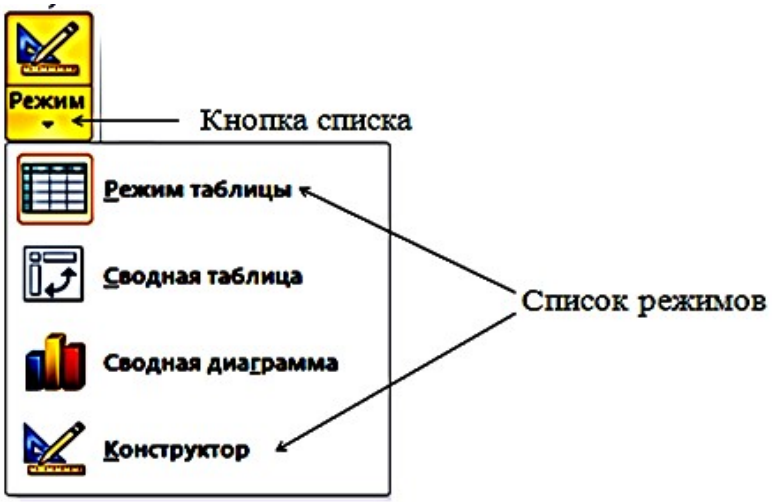


Рис. 1.5. Выбор режима представления таблицы

Как и в режиме конструктора, в режиме таблицы можно удалить столбец. При этом следует помнить, что удаляются все данные столбца, и отменить удаление невозможно. Удаление поля первичного ключа в режиме таблицы невозможно. Для этого необходимо использовать режим конструктора.

Открыть таблицу для ввода исходных данных. Установить курсор в первую строку таблицы и ввести исходные данные. Ввод данных в каждое поле таблицы завершать нажатием клавиши **Enter.** По окончании ввода данных при необходимости увеличить ширину полей. Записать таблицу «Товар» на диск.

Товары

Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	319 463,00 ₽
2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	357 487,00 ₽
3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽
4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	240 000,00 ₽
5	Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽
6	Теодолит	4Т15П	3	5	58 764,00 ₽
7	Теодолит	4Т30П	3	8	50 625,00 ₽
8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽
9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽
10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	12 500,00 ₽
(№)					

Рис. 1.6. Таблица «Товары» в режиме таблицы

Задание 2. Создание таблицы «Фирмы»

Для поля Телефон следует задать маску ввода: **(# # #) # # # - # # - # #**



Рис. 1.7. Таблица «Фирмы» в режиме «**Конструктор**»



Рис. 1.8. Таблица «Фирмы» в режиме таблицы

Задание 3. Создание таблицы «Склады»

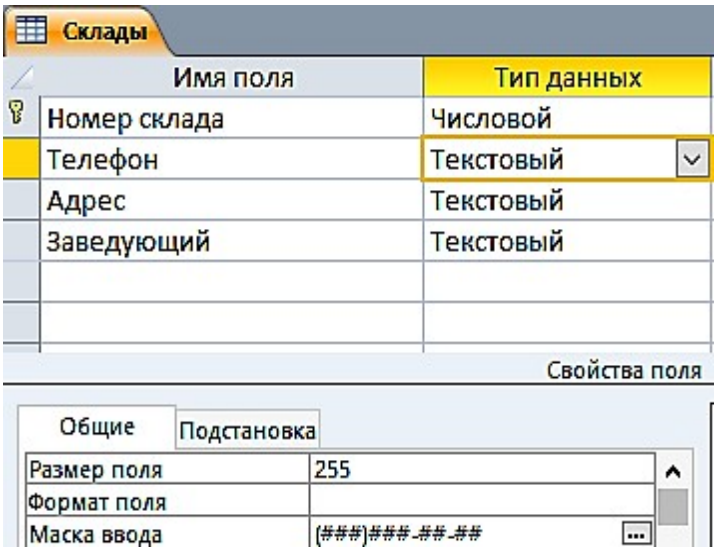


Рис. 1.9. Таблица «**Склады**» в режиме «**Конструктор**»



Склады

Номер склада	Телефон	Адрес	Заведующий
1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
2	(343)379-51-62	В-Пышма, пер. Индустриальный, 1	Мясников Д.О.
3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.

Рис. 1.10. Таблица «**Склады**» в режиме «**Таблицы**»

Задание 4. Создание таблицы «Продажи»

1. Ввести в первой строке имя поля: **Дата продажи** и выбрать для него тип Дата/время.
2. Сформировать поле **Код фирмы** и выбрать для него числовой тип.
3. Указать в качестве источника данных для поля **Код фирмы** список кодов фирмы, внесенных в поле с таким же названием в таблицу «Фирмы», рис. 1.11.
4. Не переводя курсор со строки **Код фирмы**, щелкнуть мышью по закладке **Подстановка.**
5. Щелкнуть мышью по слову **Поле** в строке **Тип элемента управления**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
6. Выбрать щелчком мыши из раскрывшегося списка строку **Поле со списком**.
7. Щелкнуть мышью по незаполненному полю в строке **Источник строк**, а затем – по появившейся при этом кнопке **Раскрыть список**.
8. Щелчком мыши выбрать строку с названием таблицы «Фирмы».

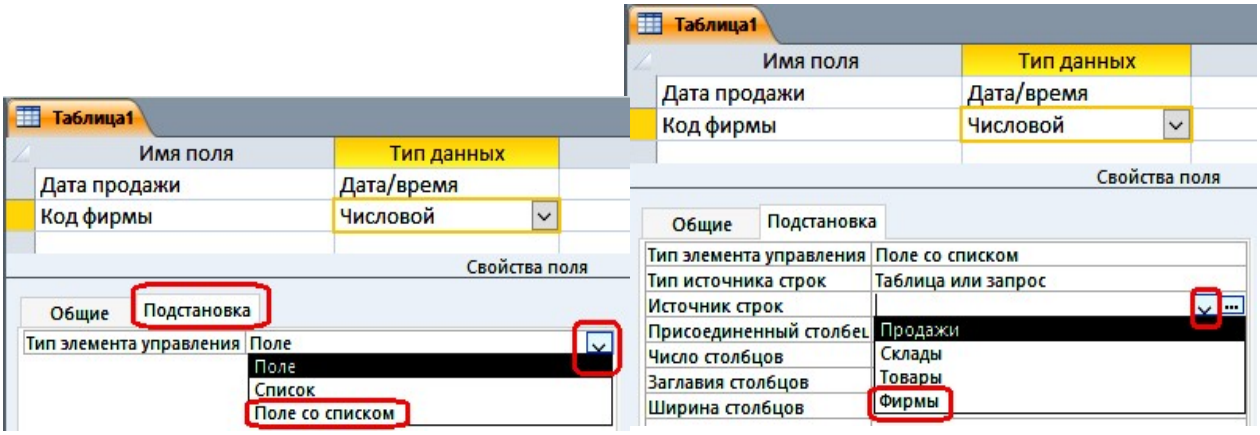


Рис. 1.11. Окно таблицы с подстановкой в режиме «**Конструктора**»

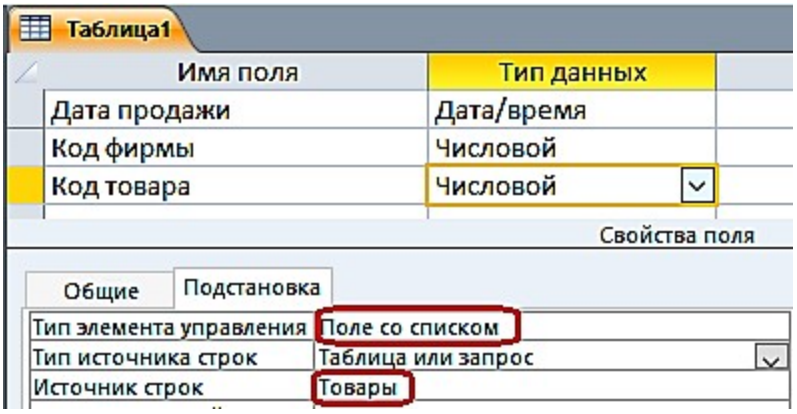


Рис. 1.12. Окно таблицы с выбором источника строк



Рис. 1.13. Окно таблицы «**Продажи**» в режиме «**Конструктора»**



Дата прода	Код фирмы	Код товара	Количество	Скидки
15.01.2018	4	10	10	5
19.01.2018	1	2	6	10
20.01.2018	3	5	8	5
25.01.2018	2	4	4	10
27.01.2018	1	1	4	15
30.01.2018	3	7	4	10
02.02.2018	2	3	5	5
05.02.2018	4	9	10	10
10.02.2018	3	8	9	10
15.02.2018	3	5	8	10

Рис. 1.14. Таблица «**Продажи**» в режиме «**Таблицы**»

Задание 5. Создание схемы данных

Создание схемы данных начинается с выполнения команды **Схема данных** в группе **Отношения** на вкладке ленты **Работа с базами данных**. В результате выполнения этой команды открывается окно схемы данных и диалоговое окно **Добавление таблицы**, в котором осуществляется выбор таблиц, включаемых в схему (рис. 1.15).

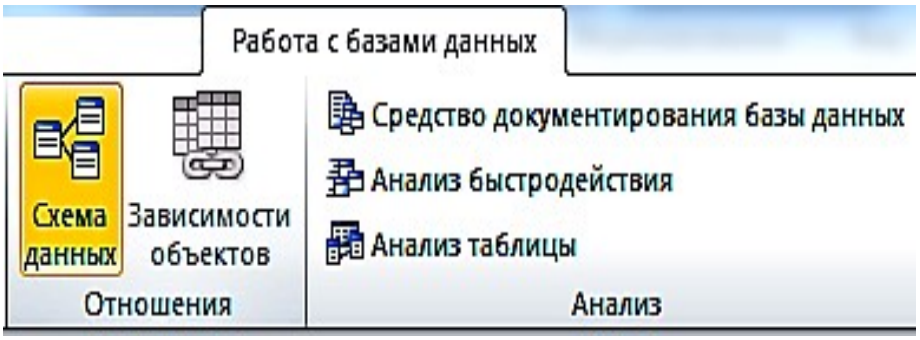


Рис. 1.15. Вкладка ленты **Работа с базами данных**

В окне **Добавление таблицы** отображаются все таблицы и запросы, содержащиеся в базе данных. Выберем вкладку **Таблицы** и с помощью кнопки **Добавить** разместим в окне **Схема данных** все ранее созданные таблицы базы данных «Реализация товаров». При создании связей в схеме данных используется проект структуры реляционной базы данных, в котором показаны все одно-многозначные связи таблиц. Реализуются связи с помощью добавления в связанные таблицы общих полей, называемых *ключом связи.*

На рис. 1.16 в созданной схеме данных БД «Реализация товаров» все связи отмечены символами **1** или ∞. Это свидетельствует о том, что одно-многозначные связи установлены правильно (по простому и составному ключу).

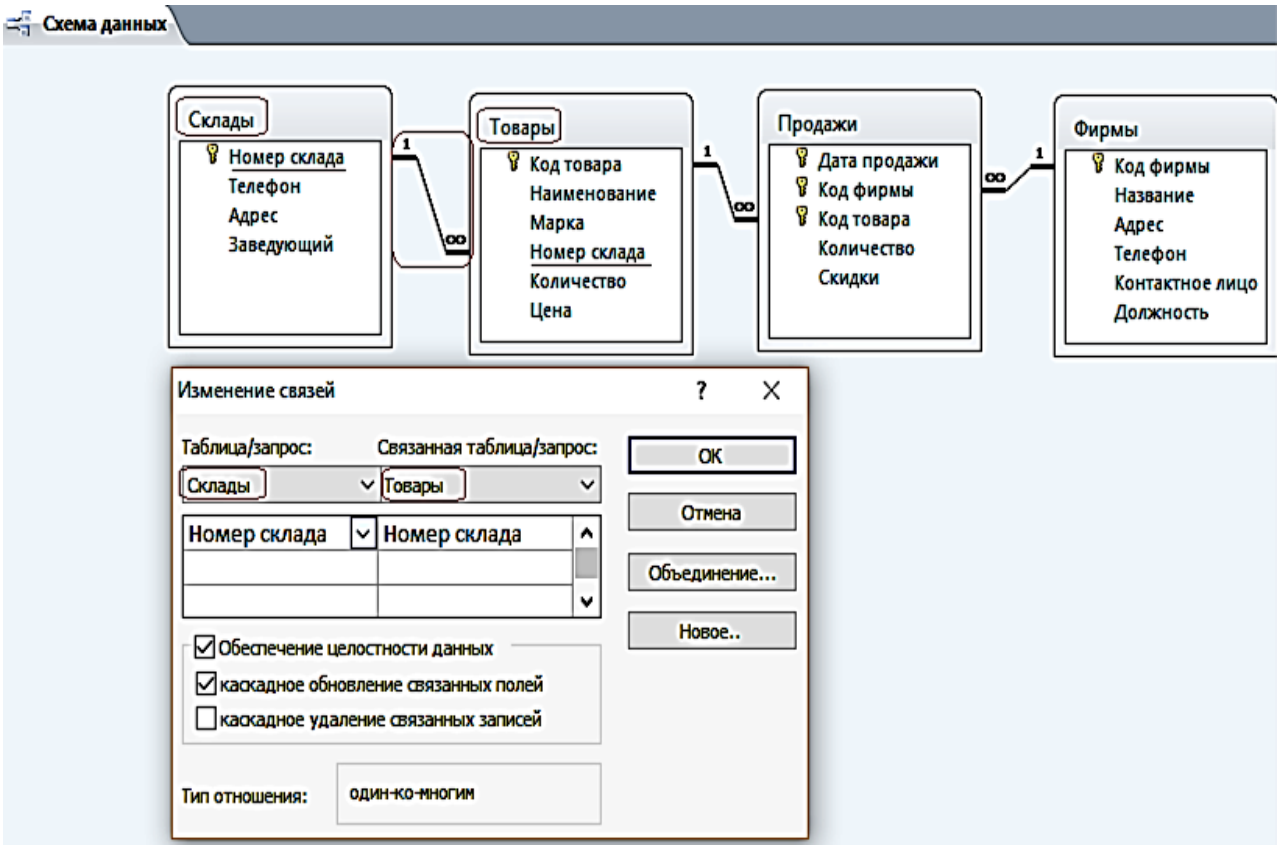


Рис. 1.16. Схема данных БД «**Реализация товаров**»

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Работа с простыми запросами

Конструирование запросов на выборку с условием отбора

Задание 1. Выбрать товар по его наименованию

1. Для создания запроса в окне базы данных выберите вкладку ленты – **Создание** и в группе **Запросы** нажмите кнопку **Конструктор запросов**.

2. В окне **Добавление таблицы** выберите таблицу «Товар» и нажмите кнопку добавить. Выбранная таблица будет отображена в области схемы данных запроса. Закройте окно **Добавление таблицы**, нажав кнопку **Закрыть.** На ленте появляется и автоматически активизируется новая вкладка **Работа с запросами / Конструктор**, на которой цветом выделен тип создаваемого запроса – **Выборка.**

3. В окне конструктора (рис. 2.1) последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» поля **Наименование, Марка и Цена** в столбцы бланка запроса в строку **Поле**. Для этого необходимо щелкнуть двойным щелчком на имени поля таблицы в схеме данных запроса.

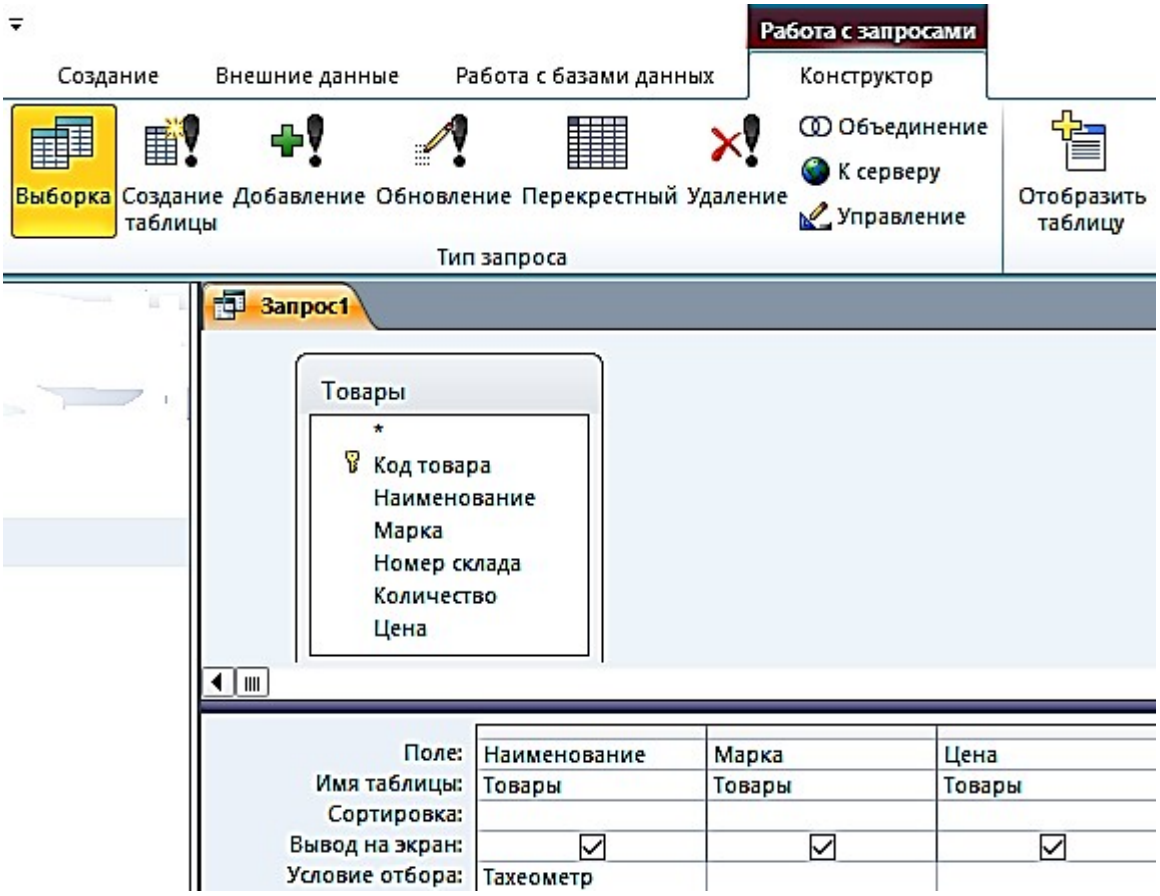


Рис. 2.1. Окно конструктора запроса на выборку

4. Запишите в строке **Условия отбора** наименование товара – Тахеометр. Используемое в выражении текстовое значение вводится в двойных кавычках, которые добавляются автоматически.

5. Выполните запрос, щелкнув по кнопке **Выполнить !** или на кнопке **Режим**  в группе **Результаты**. На экране откроется окно запроса в режиме таблицы с записью из таблицы «Товар», отвечающий заданным условиям (рис. 2.2). Дайте ему имя **2_По наименованию Тахеометр.**

1_По наименованию Тахеометр

Наименование	Марка	Цена
Тахеометр	SP FOKUS 6	319 463,00 ₽
Тахеометр	SP FOKUS 6W	357 487,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	225 000,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	240 000,00 ₽

Рис. 2.2. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы»**

Задание 2. Выбрать товары, цена которых менее 100 000 руб. и более 20 000 руб., и количество больше или равно 9

1. Создайте новый запрос в режиме конструктора, добавьте таблицу «Товар». В окне конструктора последовательно перетащите из списка полей таблицы «Товар» в бланк запроса поля (рис. 2.3).

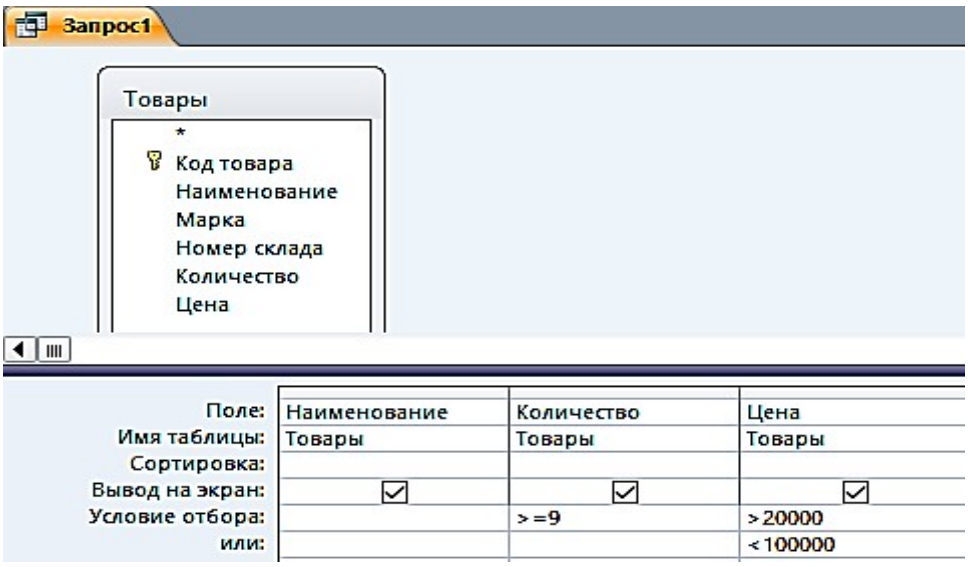


Рис. 2.3. Окно конструктора запроса на выборку с логическими операциями в условии отбора

2. Запишите **Условия отбора**, как показано в бланке запроса. Между условиями, записанными в одной строке, выполняется логическая операция AND. Между условиями, записанными в разных строках, выполняется логическая операция OR.

3. Выполните запрос. Дайте ему имя **2_Цена_количество** (рис. 2.4).

2_Цена_количество

Наименование	Количество	Цена
Теодолит	9	84 193,00 ₽
Теодолит	5	58 764,00 ₽
Теодолит	8	50 625,00 ₽
Теодолит	10	30 000,00 ₽
Нивелир	15	16 680,00 ₽
Нивелир	18	12 500,00 ₽

Рис. 2.4. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

Задание 3. Выбрать скидки, равные 10, за заданный период (после 25 января 2018 г.) (рис. 2.5, 2.6)

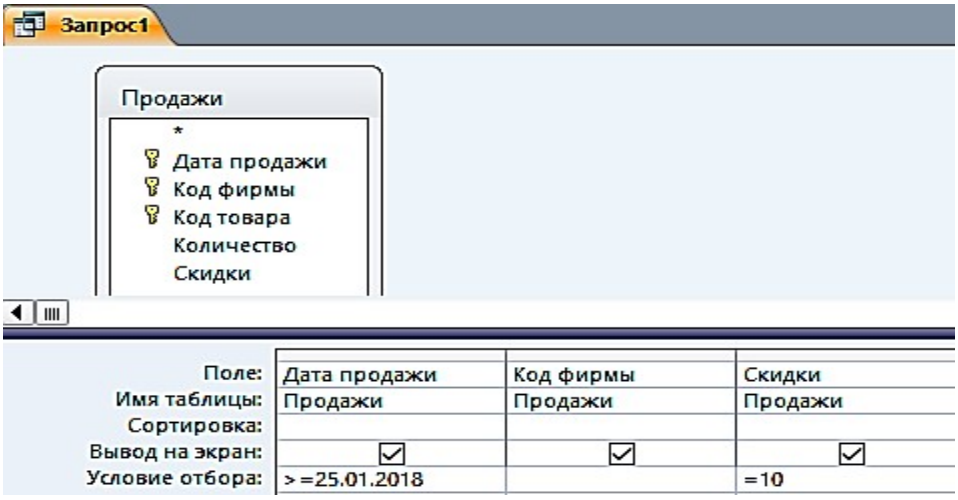


Рис. 2.5. Окно конструктора запроса на выборку
с логическими операциями в условии отбора

3_Дата_скидка

Дата прода	Код фирмы	Скидки
25.01.2018	2	10
30.01.2018	3	10
05.02.2018	4	10
10.02.2018	3	10
15.02.2018	3	10

Рис. 2.6. Просмотр запроса в режиме «**Таблицы**»

Вычисляемые поля в запросах

В запросе, как и в таблице, для каждой записи могут производиться вычисления с числовыми, строковыми значениями или со значениями дат с использованием данных из одного или нескольких полей. Результат вычисления образует в таблице запроса новое вычисляемое поле (рис. 2.7).

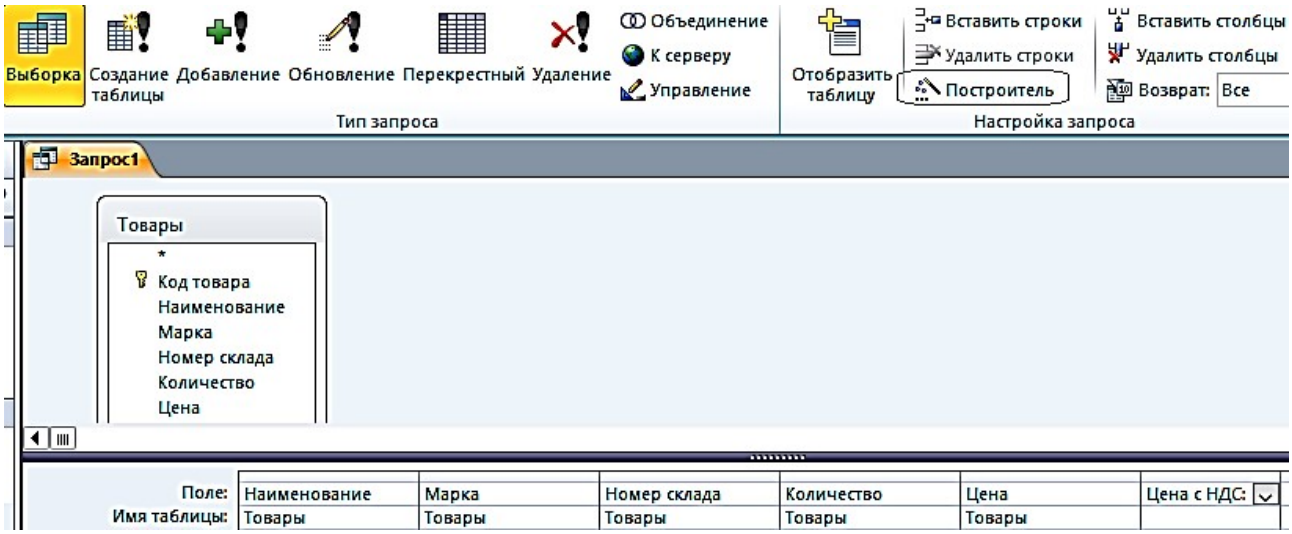


Рис. 2.7. Запрос с вычисляемым полем

Задание 4. В таблице «Товар» вычислить Цену с НДС, при ставке НДС 35 %

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товары». Перетащите в бланк запроса поля **Наименование, Марка, Номер склада, Количество, Цена** (рис. 2.8).

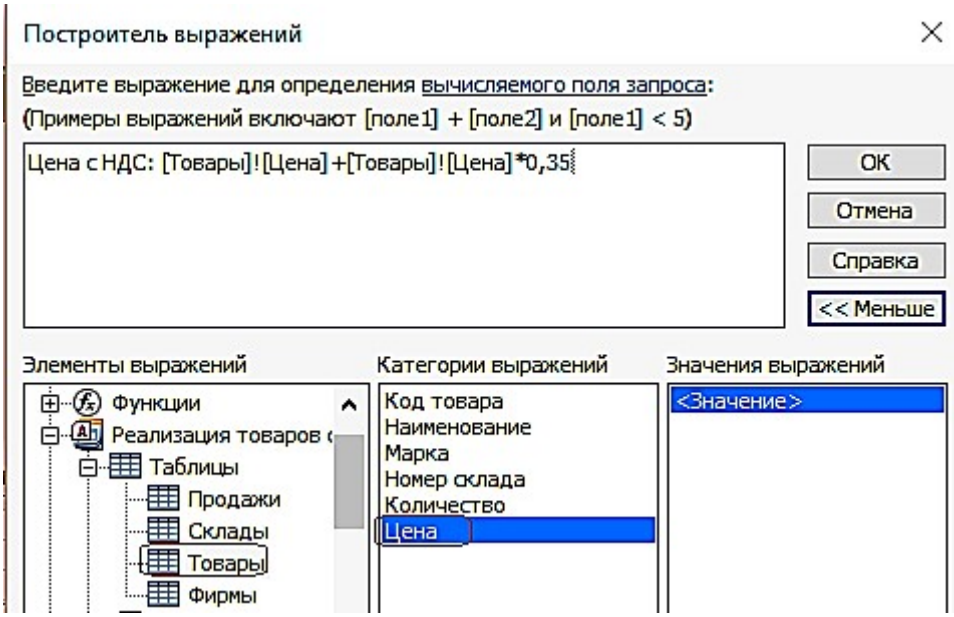


Рис. 2.8. Построитель выражений

2. Для подсчета цены с учетом НДС создайте после поля Цена вычисляемое поле **Цена с НДС** (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель**  в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения.

4. В левой верхней части окна **Построитель выражений** (см. рис. 2.8) выберите свою базу данных «Реализация товаров со складов», далее выберите таблицу «**Товары**», на которой построен запрос. Справа отобразится список её полей. Последовательно выбирайте нужные поля и операторы, двойным щелчком вставляя в выражение. Выражение сформируется в верхней части окна. Обратите внимание – построитель перед именем поля указал имя таблицы, которой оно принадлежит, и отделил его от имени поля восклицательным знаком.

5. Слово «Выражение» удаляйте, иначе оно выдает, синтаксическую ошибку.

Полученный запрос «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»** изображен на рис. 2.9.

4_Цена с НДС

Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена	Цена с НДС
Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	319 463,00 ₽	431 275,05 ₽
Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	357 487,00 ₽	482 607,45 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽	303 750,00 ₽
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	240 000,00 ₽	324 000,00 ₽
Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽	113 660,55 ₽
Теодолит	4Т15П	3	5	58 764,00 ₽	79 331,40 ₽
Теодолит	4Т30П	3	8	50 625,00 ₽	68 343,75 ₽
Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽	40 500,00 ₽
Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽	22 518,00 ₽
Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	12 500,00 ₽	16 875,00 ₽

Рис. 2.9. Просмотр запроса «**4_Цена с НДС**» в режиме «**Таблицы»**

Задание 5. В вычисляемых полях и условиях отбора можно использовать встроенные функции. Необходимо выбрать количество продаж, в заданном месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку по таблице «Продажи».

2. Создайте вычисляемое поле **Заданный месяц** (в правой) пустой ячейке строки, записав туда одно из выражений: а Format([Продажи]![Дата продажи];"mmmm") – эта функция возвратит полное название месяца;

b или Format([Продажи]![Дата продажи];"mm") – эта функция возвратит номер месяца;

3. Для отбора продаж в заданном месяце, в вычисляемом поле в строку **Условие отбора** введите название месяца, например, – Январь, или номер месяца, например, 1, в соответствии с параметром в функции Format (рис. 2.10, 2.11).

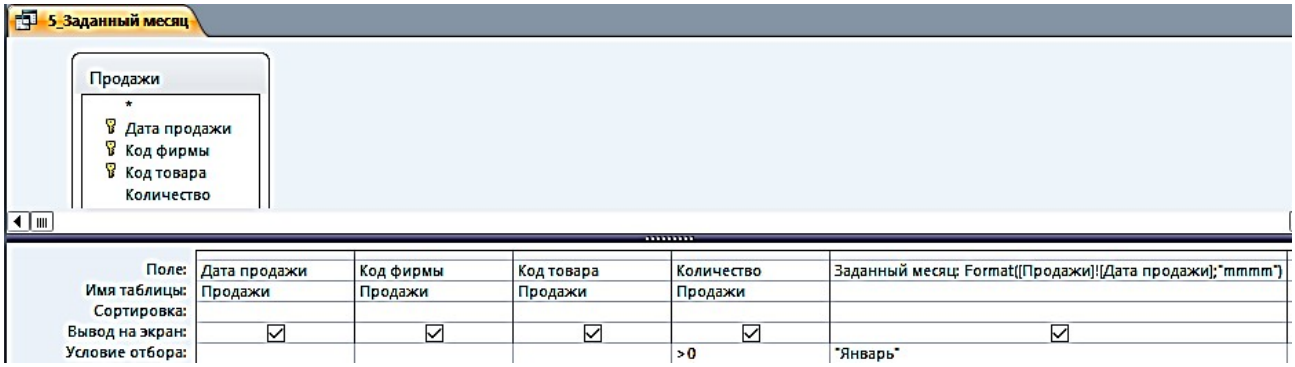


Рис. 2.10. Запрос с функцией выделения из даты полного названия месяца в вычисляемом поле

5_Заданный месяц

Дата продажи	Код фирмы	Код товара	Количество	Заданный месяц
15.01.2018	4	10	10	Январь
19.01.2018	1	2	6	Январь
20.01.2018	3	5	8	Январь
25.01.2018	2	4	4	Январь
27.01.2018	1	1	4	Январь
30.01.2018	3	7	4	Январь

Рис. 2.11. Просмотр запроса «**5_Заданный месяц**» в режиме «**Таблицы**»

Параметры в запросах

При решении практических задач удобнее вводить выражение в условие отбора в процессе выполнения запроса в диалоге с пользователем, не переходя в режим конструктора. Обеспечить такой диалог можно с помощью *параметра запроса.* Имя параметра запроса задается в строке **Условие отбора** в квадратных скобках. При выполнении запроса это имя появиться в диалоговом окне **Введите значение параметра.**

Задание 6. Скопируйте запрос «5_Заданный месяц» и переименуйте его в «6_Параметрический запрос»

1. Замените в условии отбора рассмотренного запроса название месяца Январь на имя параметра – [Название месяца].

2. Выполните запрос. Открывшееся диалоговое окно (рис. 2.12) позволит ввести значение параметра запроса – **Название месяца.**

3. Введите Январь и получите результат.

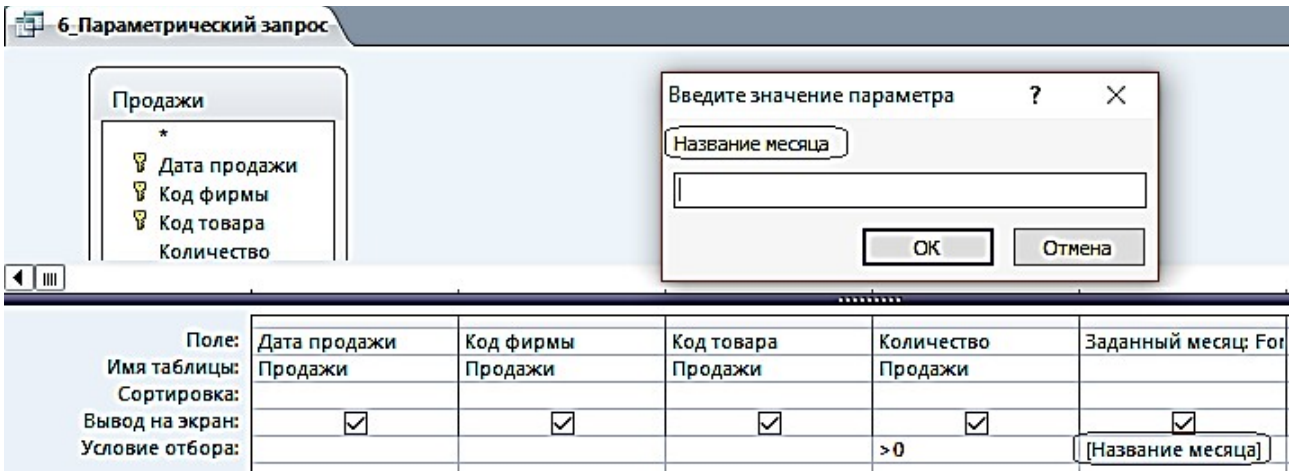


Рис. 2.12. Диалоговое окно ввода значения параметра

Параметры запроса могут быть использованы не только в выражениях условий отбора, но и для ввода значений операндов в вычисляемых полях.

Задание 7. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблицы «Товар»

Перетащите в бланк запроса поля Наименование и Цена. Для увеличения цены на заданный процент в вычисляемое поле запишите выражение с параметром запроса [На сколько процентов увеличить?]/100 (рис. 2.13).

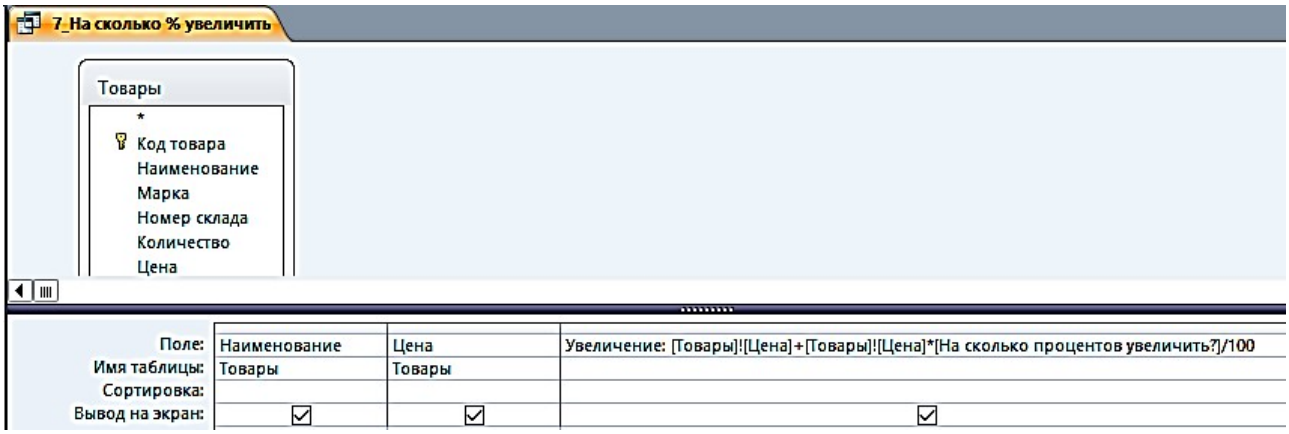


Рис. 2.13. Использование параметра в выражении вычисляемого поля

Задание 8. Скопируйте запрос «**7_На сколько % увеличить**» и переименуйте его в «**8_Проценты**» (рис. 2.14)

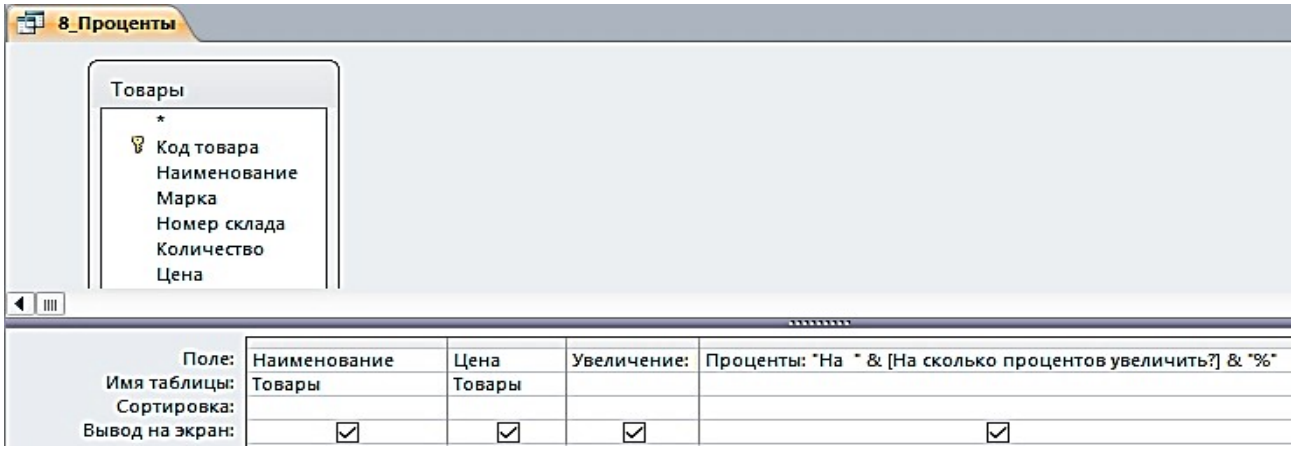


Рис. 2.14. Использование параметра в выражении вычисляемого поля «**Проценты**»

После выполнения предыдущего запроса в таблице отображается результат вычисления с использованием введенного значения параметра. Однако значение параметра при этом не выводится. Для отображения в таблице запроса введенного значения параметра дополните запрос ещё одним вычисляемым полем, в котором запишите выражение:

Проценты: "На " & [На сколько процентов увеличить?] & "%".

Теперь в таблице запроса появится поле «**Проценты»**, в котором будет записано, например, при вводе 35 – **На 35 %** (рис. 2.15).

8_Проценты

Наименование	Цена	Увеличение	Проценты
Тахеометр	319 463,00 ₽	431 275,05 ₽	На 35%
Тахеометр	357 487,00 ₽	482 607,45 ₽	На 35%
Тахеометр	225 000,00 ₽	303 750,00 ₽	На 35%
Тахеометр	240 000,00 ₽	324 000,00 ₽	На 35%
Теодолит	84 193,00 ₽	113 660,55 ₽	На 35%
Теодолит	58 764,00 ₽	79 331,40 ₽	На 35%
Теодолит	50 625,00 ₽	68 343,75 ₽	На 35%
Теодолит	30 000,00 ₽	40 500,00 ₽	На 35%
Нивелир	16 680,00 ₽	22 518,00 ₽	На 35%
Нивелир	12 500,00 ₽	16 875,00 ₽	На 35%

Рис. 2.15. Просмотр запроса «**8_Проценты**» в режиме «**Таблицы**»

Групповые операции в запросах

Групповые операции позволяют выделить группы записей с одинаковыми значениями в указанных полях и вычислить итоговые данные для каждой из групп по др. полям, используя одну из статистических функций. Статистические функции применимы к полям с типом данных **Числовой, Денежный, Дата и время**.

Задание 9. Запрос с функцией **Sum**

Определите суммарное количество и цену каждого из товаров.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «**Товары**».
2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Наименование**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.
3. Перетащите в бланк запроса поля «**Количество**» и «**Цена**», по которым будет подсчитываться суммарное количество каждого из товаров.
4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.
5. В столбцах «**Количество**» и «**Цена**» замените слово **Группировка** на функцию **Sum**. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию (рис. 2.16).

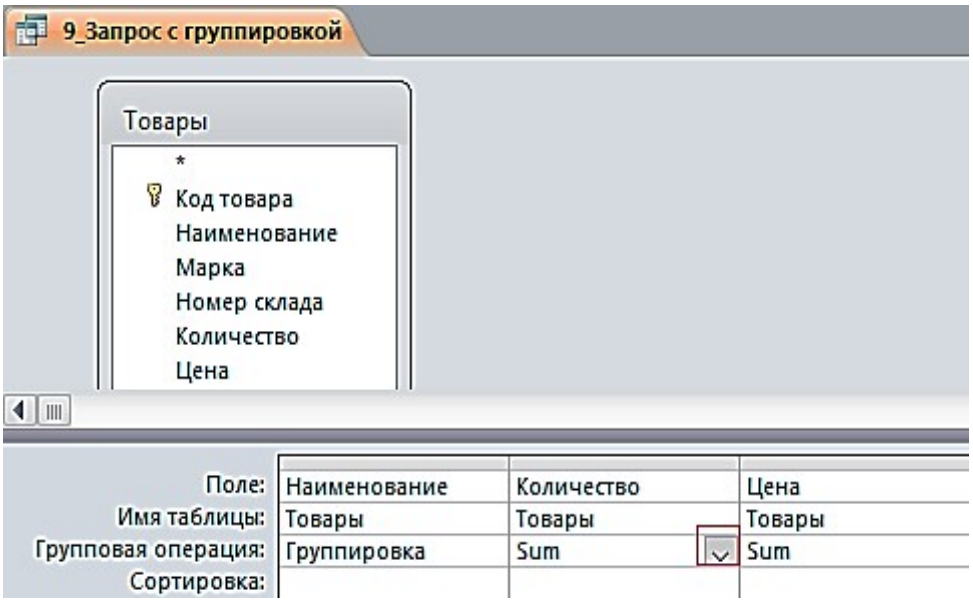


Рис. 2.16. Запрос с группировкой по коду товара и суммированием количества и цены в группе

6. Для отображения результата запроса (рис. 2.17) щелкните по кнопке **Выполнить** в группе **Результаты**.

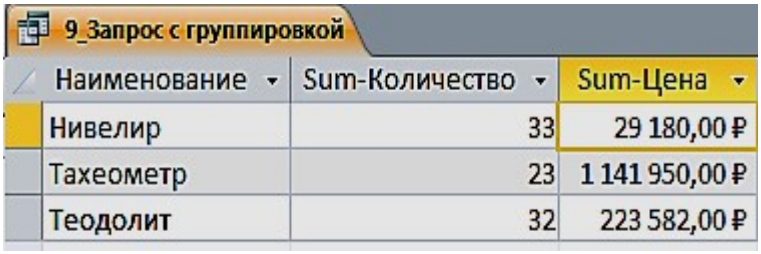


Рис. 2.17. Результат подсчета суммарного количества и цены

Задание 10. Запрос с функцией **Count**

Определите, сколько раз продавался товар по коду фирмы.

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку из таблицы «Продажи».

2. Из списка таблицы перетащите в бланк запроса поле «**Код фирмы**». По этому полю будет производиться группировка записей таблицы.

3. Перетащите в бланк запроса поле «**Количество**», по которому будет происходить подсчет числа товаров с одинаковыми номерами фирм.

4. Выполните команду **Итоги** из группы **Показать или Скрыть**. В бланке запроса появится новая строка **Групповая операция** со значением **Группировка** во всех полях запроса.

5. В столбце «**Количество**» замените слово **Группировка** на функцию Count. Для этого вызовите раскрывающийся список и выберите эту функцию
(рис. 2.18).

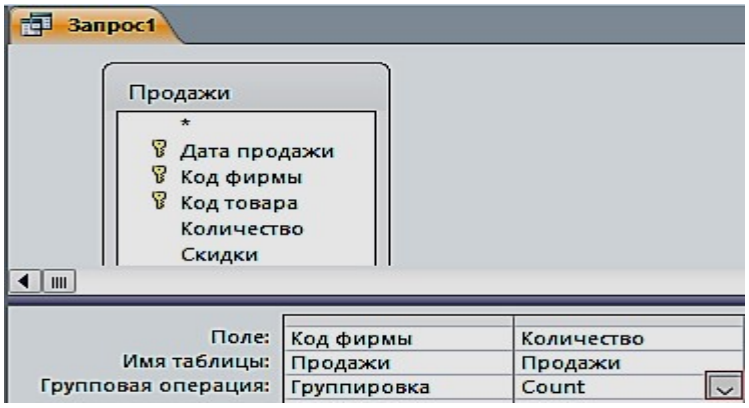


Рис. 2.18. Запрос для подсчета количества товара по коду фирмы

6. Сохраните запрос под именем «**10_Число продаж по коду фирмы**». Результат запроса показан на рис. 2.19.



Рис. 2.19. Результат подсчета количества товара по коду фирмы

Задание 11. Запрос с отображением строки итогов по столбцу

Строка итогов используется для быстрого расчета и отображения в столбце таблицы или запроса в режиме таблицы таких значений, как итоговая сумма, среднее, минимальное и максимальное, количество значений.

1. Для добавления строки итогов в таблицу запроса откройте запрос «**1_По наименованию тахеометр»** в режиме таблицы. На вкладке ленты **Главная** в группе **Записи** выполните команду **Итоги**. В таблице отобразится строка **Итог**.

2. В строке **Итог** нажмите кнопку раскрывающегося списка в столбце «**Цена**», для которого требуется выполнить расчет, и выберите в списке **Сумма** (рис. 2.20).

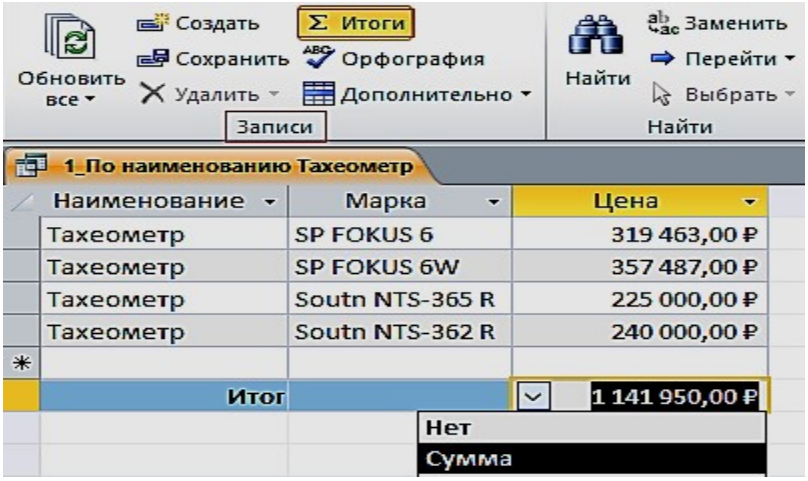


Рис. 2.20. Результат отображения строки итогов с расчетом суммы по столбцу

3. Для того, чтобы скрыть строку итогов, повторно выполните команду **Итоги.**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3
Работа с многотабличными запросами

Многотабличный запрос позволяет сформировать записи результата путем объединения взаимосвязанных записей из таблиц базы данных и выбора из них нужных полей и записей. Многотабличный запрос часто осуществляет объединение данных, которые на этапе проектирования были разделены на множество таблиц, отвечающих требованиям нормализации.

При конструировании многотабличного запроса важнейшим условием является правильное представление о том, как идет объединение записей таблиц при формировании результата.

Рассмотрим технологию конструирования многотабличного запроса на выборку для расчета разности количества товаров и количества проданных товаров.

Задание 1. Запрос с вычисляемым полем «**Остаток**»

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Количество**», и из таблицы «**Продажи**» поле «**Количество**».

2. Для подсчета разности количества товаров создайте после поля «**Количество**», вычисляемое поле «**Остаток**» (с правой стороны), при помощи построителя (рис. 3.1).

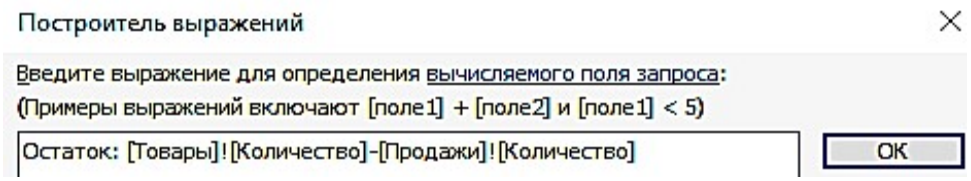


Рис. 3.1. Построитель выражений

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения (рис. 3.2).

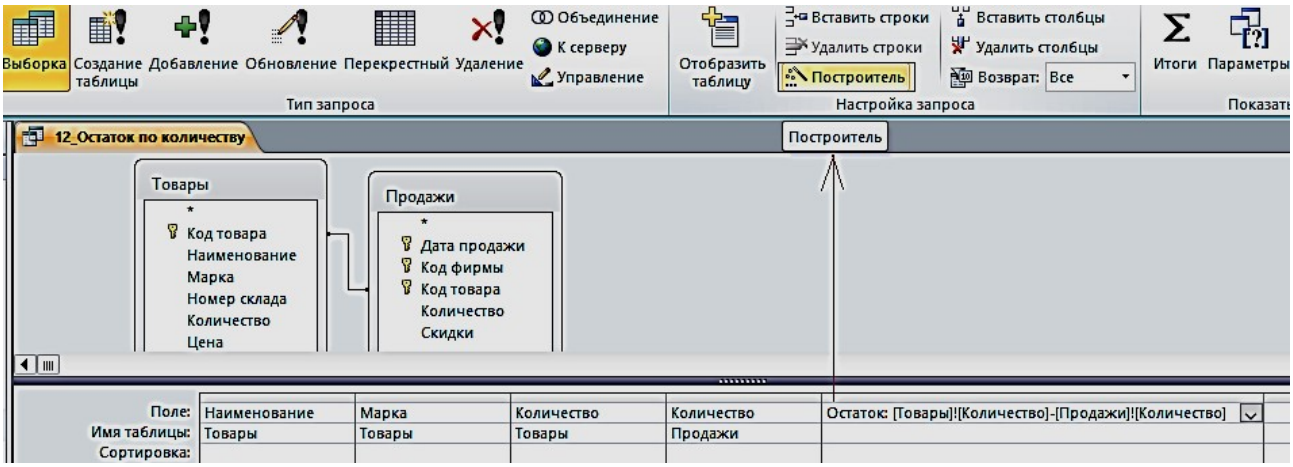


Рис. 3.2. Запрос с вычисляемым полем

4. В левой части окна **Построитель выражений** выберите свою базу данных «**Реализация товаров со складов**», далее выберите таблицу «**Товары**». Справа отобразится список её полей. Выберите поле «**Количество**» и знак минус, двойным щелчком вставляя в выражение. Снова выберите таблицу «**Продажи**» и поле «**Количество**» (рис. 3.3).

12_Остаток по количеству

Наименование	Марка	Товары.Количество	Продажи.Количество	Остаток
Тахеометр	SP FOKUS 6	5	4	1
Тахеометр	SP FOKUS 6W	7	6	1
Тахеометр	Soutn NTS-365 R	6	5	1
Тахеометр	Soutn NTS-362 R	5	4	1
Теодолит	3Т2КП	9	8	1
Теодолит	3Т2КП	9	8	1
Теодолит	4Т30П	8	4	4
Теодолит	VEGA TEO 5	10	9	1
Нивелир	4Н -2КЛ	15	10	5
Нивелир	4Н-3КЛ	18	10	8

Рис. 3.3 Результат запроса «**Остаток по количеству**»

5. Слово «Выражение» удаляйте, оно выдает, синтаксическую ошибку.

Задание 2. Формирование запроса об увеличении цены на 15 % в феврале месяце

1. Создайте в режиме конструктора запрос на выборку для таблиц «**Товары**» и «**Продажи**». Перетащите в бланк запроса из таблицы «**Продажи**» поле «**Дата продажи**», а из таблицы «**Товары**» поля «**Наименование**», «**Марка**», «**Номер склада**», «**Количество**», «**Цена**».

2. Создайте новое поле «**Новая цена**». Для этого создайте после поля Цена, вычисляемое поле «**Новая Цена**» (с правой стороны) при помощи построителя.

3. Вызовите построитель выражений, нажав кнопку **Построитель** в группе **Настройка запроса** ленты «**Конструктор**». Курсор мыши должен быть установлен предварительно в ячейке ввода выражения. В окне «**Построитель выражений**» выбрать «**Элементы выражений**», в нем найти название своей базы данных, затем Таблицы «**Товары**» и в поле «**Категории выражений**» выбрать «**Цена**», а с клавиатуры набрать «*1,05».

4. В поле «**Дата продажи**» введите условие отбора >=01.02.2018 (рис. 3.4).

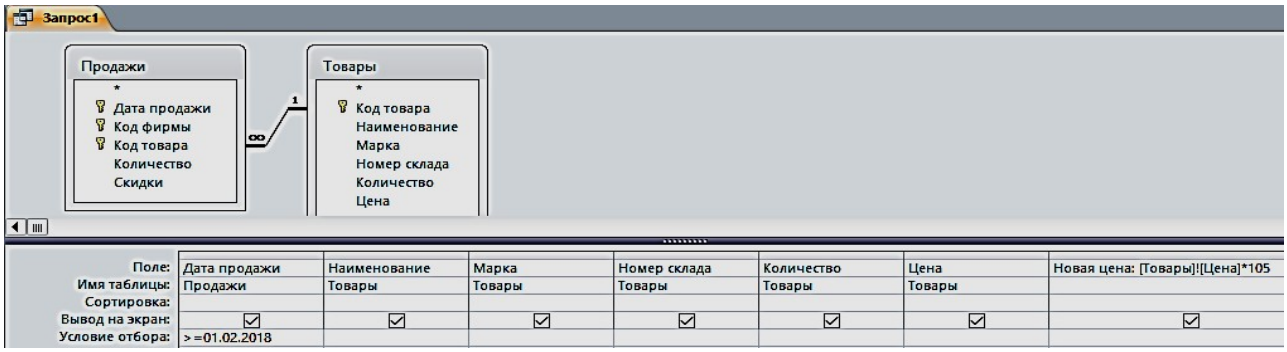


Рис. 3.4. Запрос «**Новая цена**» в режиме конструктора

5. Сохранить запрос с именем «**Новая цена**» (рис. 3.5).

13_Цена в феврале

Дата прода.	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена	Новая цена
02.02.2018	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	225 000,00 ₽	23 625 000,00 ₽
15.02.2018	Теодолит	3Т2КП	3	9	84 193,00 ₽	8 840 265,00 ₽
10.02.2018	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	30 000,00 ₽	3 150 000,00 ₽
05.02.2018	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	16 680,00 ₽	1 751 400,00 ₽

Рис. 3.5. Результат запроса «**Новая цена**»

Задание 3. Создание запроса о товарах на складе в г. Екатеринбурге (рис. 3.6, 3.7)

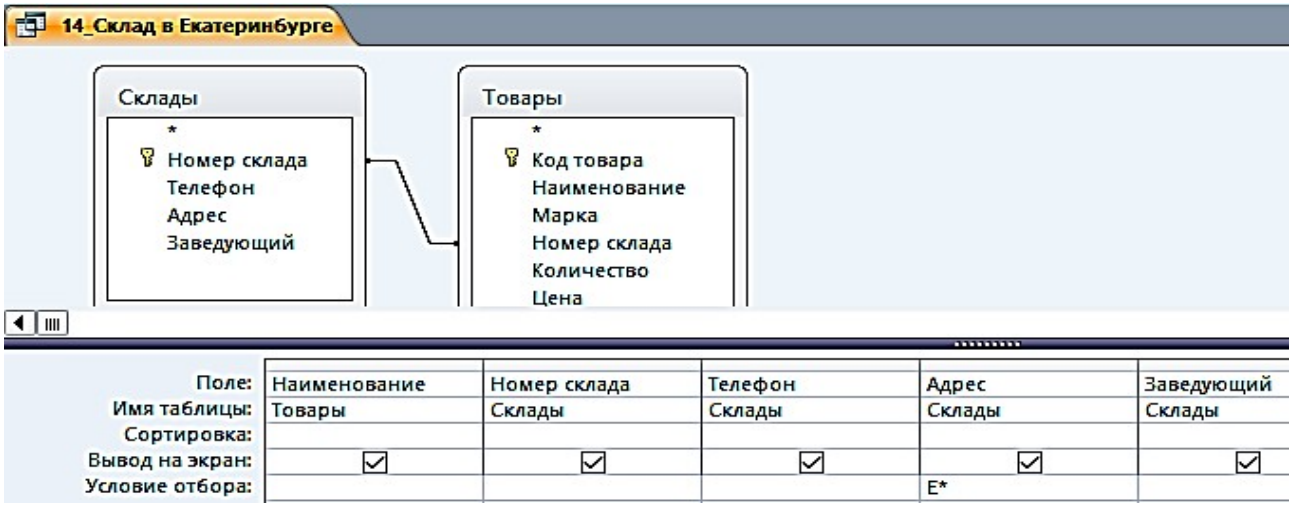


Рис. 3.6. Запрос «**Склад в Екатеринбурге**» в режиме Конструктора

14_Склад в Екатеринбурге

Наименование	Номер склада	Телефон	Адрес	Заведующий
Тахеометр	1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
Тахеометр	1	(343)381-88-88	Екатеринбург, пер. Базовый, 7	Амелина И.В.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Теодолит	3	(343)275-18-22	Екатеринбург, Монтажников, 18а	Куликова А.Н.
Нивелир	4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.
Нивелир	4	(343)310-22-22	Екатеринбург, Радищева, 4	Ромашенко К.Д.

Рис. 3.7. Результат запроса «**Склад в Екатеринбурге**»

Задание 4. Создание запроса о товарах в феврале, с вычисляемым полем «**Сумма**» и отображения строки итогов с расчетом суммы по этому столбцу (рис. 3.8, 3.9)

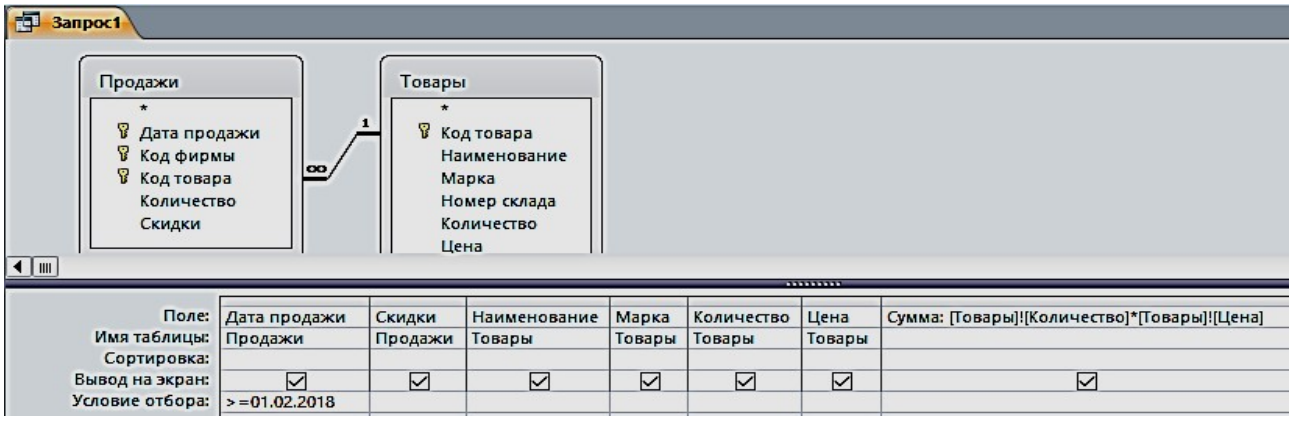


Рис. 3.8. Запрос «**Стоимость**» в режиме Конструктора

15_Стоимость

Дата прода	Скидки	Наименование	Марка	Количество	Цена	Сумма
02.02.2018	5	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	6	225 000,00 ₽	1 350 000,00 ₽
15.02.2018	10	Теодолит	3Т2КП	9	84 193,00 ₽	757 737,00 ₽
10.02.2018	10	Теодолит	VEGA TEO 5	10	30 000,00 ₽	300 000,00 ₽
05.02.2018	10	Нивелир	4Н -2КЛ	15	16 680,00 ₽	250 200,00 ₽
Итог						2 657 937,00 ₽

Нет
Сумма

Рис. 3.9. Результат запроса «**Стоимость**» и итог с расчетом суммы по столбцу

Задание 5. Создание запроса из четырех таблиц (рис. 3.10, рис. 3.11)

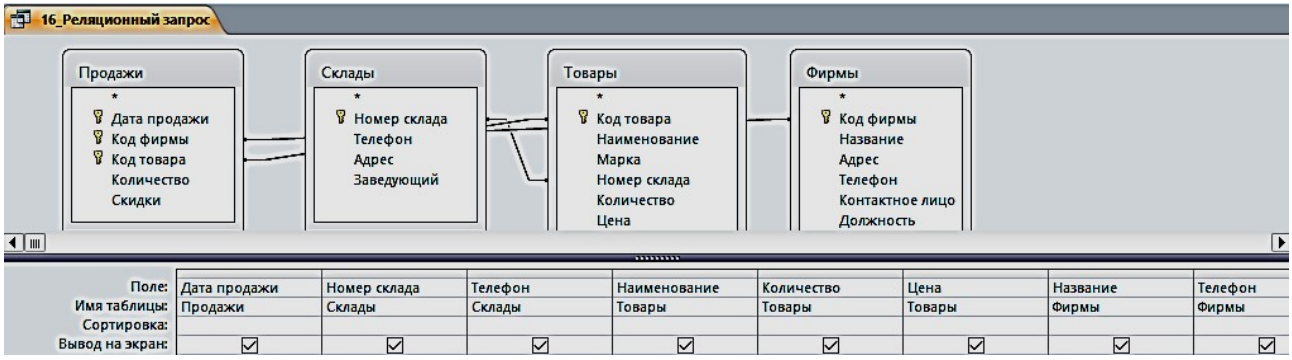


Рис. 3.10. Реляционный запрос в режиме Конструктора

16_Реляционный запрос

Дата продажи	Номер склада	Склады.Телефон	Наименование	Количество	Цена	Название	Фирмы.Телефон
15.01.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	18	12 500,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
19.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	7	357 487,00 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
20.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	84 193,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
25.01.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	5	240 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
27.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	5	319 463,00 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
30.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	8	50 625,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
02.02.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	6	225 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
05.02.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	15	16 680,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
10.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	10	30 000,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
15.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	84 193,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45

Рис. 3.11. Результат сложного запроса

Запросы на изменение

К запросам на изменение относятся запросы на обновление данных в записях таблицы базы, на добавление и удаление записей из таблицы, а также запросы на создание таблицы из записей, сформированных в нем.

Задание 6. Создать запрос на обновление таблицы «Товары». Увеличьте цену товара на 20 %:

1. Создайте запрос на выборку, путем отбора соответствующих полей. Присвойте ему имя «**17_Обновление**».

2. Откройте этот запрос в режиме Конструктора. Выполните команду **Запрос – Обновление** – Введите в строке «**Обновление**» выражение для новых значений [Цена]*1,2 (рис. 3.12). Закройте запрос. У запроса изменится вид значка. Проверьте правильность его выполнения (рис. 3.13).

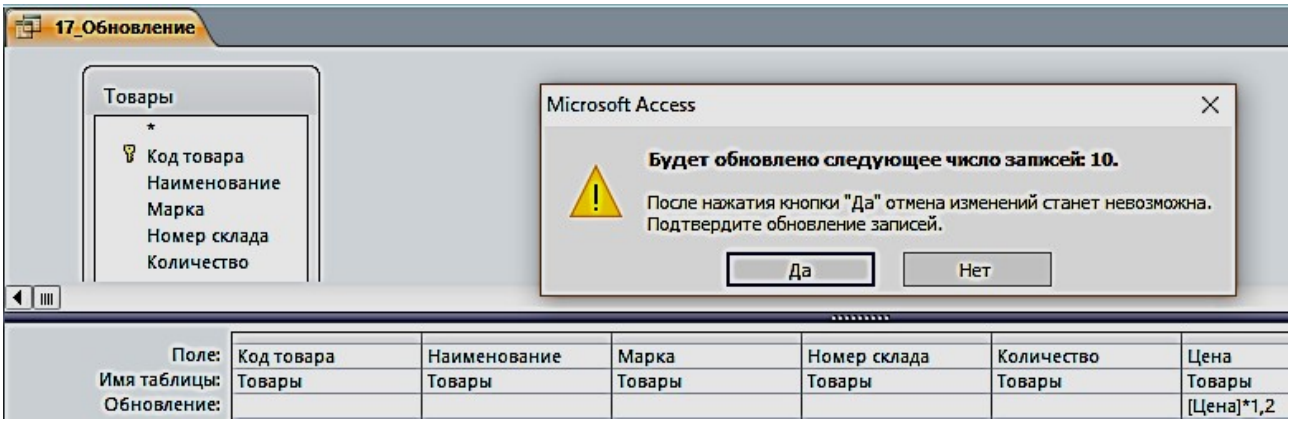


Рис. 3.12. Запрос на обновление в режиме Конструктора

Рис. 3.13. С правой стороны результат обновления таблицы

Цена
319 463,00 ₽
357 487,00 ₽
225 000,00 ₽
240 000,00 ₽
84 193,00 ₽
58 764,00 ₽
50 625,00 ₽
30 000,00 ₽
16 680,00 ₽
12 500,00 ₽

17_Обновление

Цена
383 355,60 ₽
428 984,40 ₽
270 000,00 ₽
288 000,00 ₽
101 031,60 ₽
70 516,80 ₽
60 750,00 ₽
36 000,00 ₽
20 016,00 ₽
15 000,00 ₽

Задание 6. Создать запрос на создание новой таблицы «18_Создание таблицы»:

1. Создайте запрос на выборку по всем таблицам путем отбора нужных полей. Присвойте ему имя и проверьте правильность его выполнения.

2. В области навигации выделите названный запрос и с помощью команды контекстного меню откройте его в режиме Конструктора.

3. Преобразуйте этот запрос на выборку в запрос на создание таблицы, выполнив команду **Создание таблицы** в группе **Тип запроса** на

вкладке Конструктора, или выбрав команду контекстного меню запроса **Тип запроса – Создание таблицы.**

4. В окне **Создание таблицы** введите имя создаваемой таблицы «Объединенная» (рис. 3.14).

5. Для того чтобы просмотреть, какие записи будут помещены в новую таблицу, щелкните по кнопке **Режим** на ленте Конструктора запросов в группе **Результаты**.

6. Выполните запрос. Откроется окно сообщений с запрашиваемым разрешением (рис. 3.15). Подтвердите согласие на создание новой таблицы. После этого таблицу можно увидеть в списке таблиц области навигации (рис. 3.16).

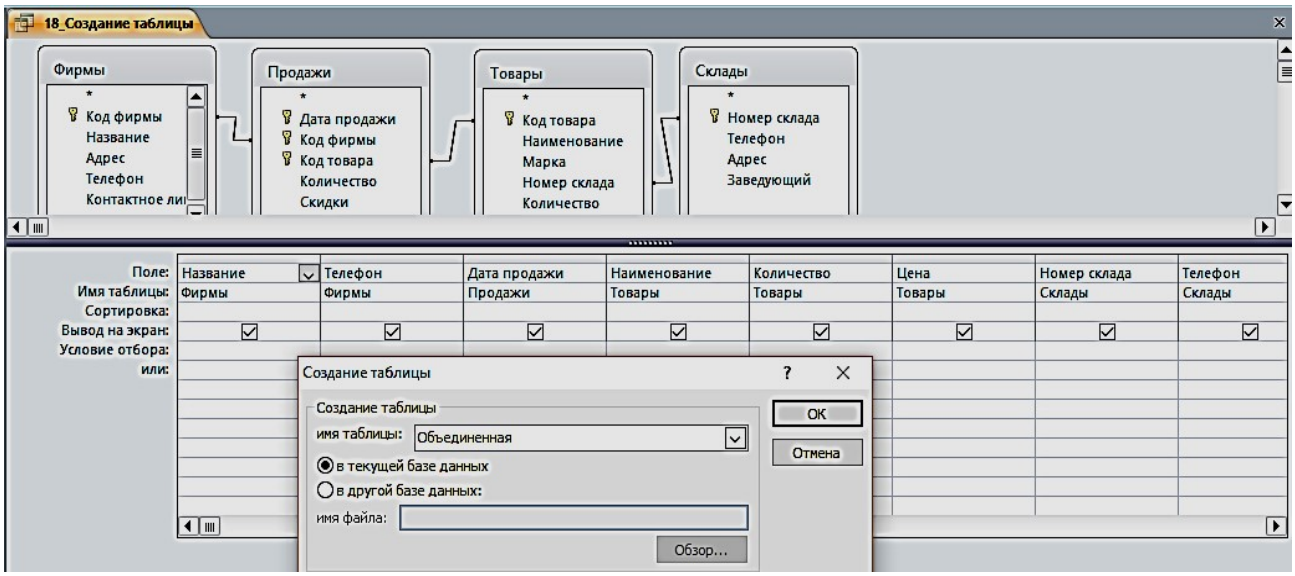


Рис. 3.14. Определение имени таблицы, создаваемой в запросе

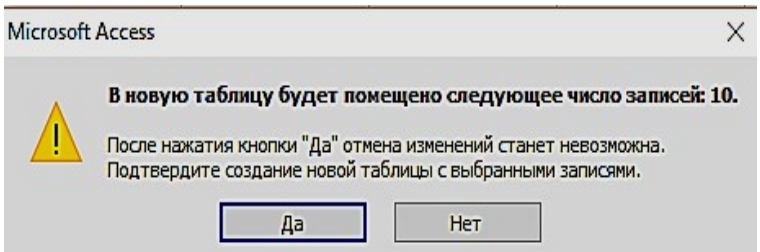


Рис. 3.15. Окно сообщений

Объединенная

Название	Фирмы_Телефон	Дата продажи	Наименование	Количество	Цена	Номер склада	Склады_Телефон
ООО "Геомар Недра"	4956180510	19.01.2018	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	1	3433818888
ООО "Геомар Недра"	4956180510	27.01.2018	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	1	3433818888
ООО "Навгеоком"	3432535355	25.01.2018	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	2	3433795162
ООО "Навгеоком"	3432535355	02.02.2018	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795162
ООО "А-ГЕО"	9040957045	20.01.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	30.01.2018	Теодолит	8	60 750,00 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	10.02.2018	Теодолит	10	36 000,00 ₽	3	3432751822
ООО "А-ГЕО"	9040957045	15.02.2018	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
ГеоСтройПрибор	4732712144	15.01.2018	Нивелир	18	15 000,00 ₽	4	3433102222
ГеоСтройПрибор	4732712144	05.02.2018	Нивелир	15	20 016,00 ₽	4	3433102222

Рис. 3.16. Результат запроса на создание новой таблицы

Задание для самостоятельной работы

1. По таблице «Товары» сформировать запрос по наименованию товаров на букву Т.
2. По таблице «Товары» сформировать запрос на выборку товаров, цена которых более 100 000 рублей и количество больше или равно 5.
3. По таблице «Продажи» сформировать запрос на выборку товаров, скидки которых равны 5, за период меньше или равный 02 февраля 2018 г.
4. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить цену с НДС, при ставке 18 %.
5. Создать параметрический запрос, в котором выдавалось бы сообщение «**Введите наименование товара**».
6. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, об увеличении цены на 10 % в январе месяце.
7. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, вычислить сумму за январь.
8. По таблице «**Товары**» сформировать запрос с вычисляемым полем, найти увеличение количества нивелиров в 2 раза.
9. Создать новую таблицу, состоящую из таблиц «**Продажи**» и «**Фирмы**», с полями на ваш выбор (поле – количество обязательно).
10. По новой созданной таблице создать запрос на обновление количества товара в 3 раза.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4
Работа с формами

Формы являются основой разработки диалоговых приложений пользователя с базой данных. Работая с формой, пользователь может добавлять, удалять и изменять записи таблиц, получать расчетные данные. Форма состоит из элементов управления, которые отображают поля таблиц и графические элементы, не связанные с полями таблиц. Элементы управления предназначены для разработки макета формы: размещение полей таблиц и запросов, надписей, внедряемых объектов (рисунков, диаграмм), вычисляемых полей, кнопок, выполняющих печать и открывающих др. объекты или задачи.

Однотабличная форма предназначена для загрузки, просмотра и корректировки данных одной таблицы. Источником данных такой формы служит единственная таблица. Она может быть создана одним щелчком мыши с помощью команд автоматического создания формы: **Форма, Разделенная форма** или **Несколько элементов**, размещенных на вкладке **Создание** в группе **Формы** (рис. 4.1).

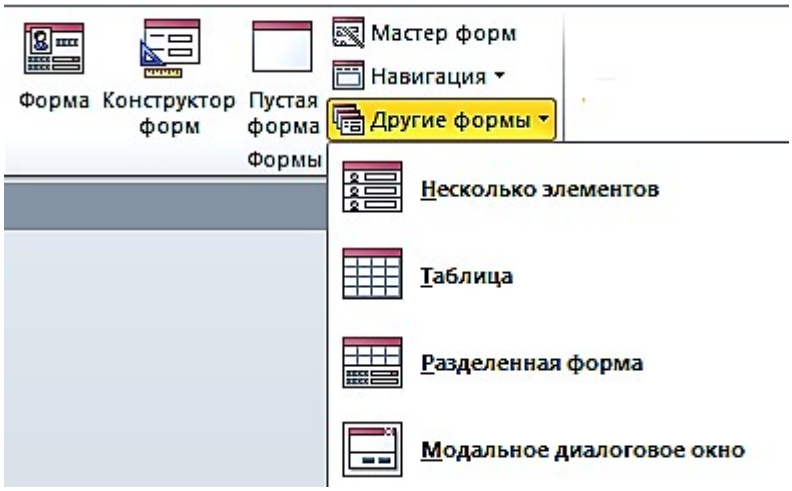


Рис. 4.1. Команды группы формы на вкладке ленты **Создание**

Задание 1. Создать однотабличную форму «**Товары для ввода, просмотра и корректировки данных»** таблицы «**Товары**». Чтобы источником записей формы стала таблица «**Товары»**, выберите её в области навигации и выполните команду форма на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только выбранной таблицы (рис. 4.2).

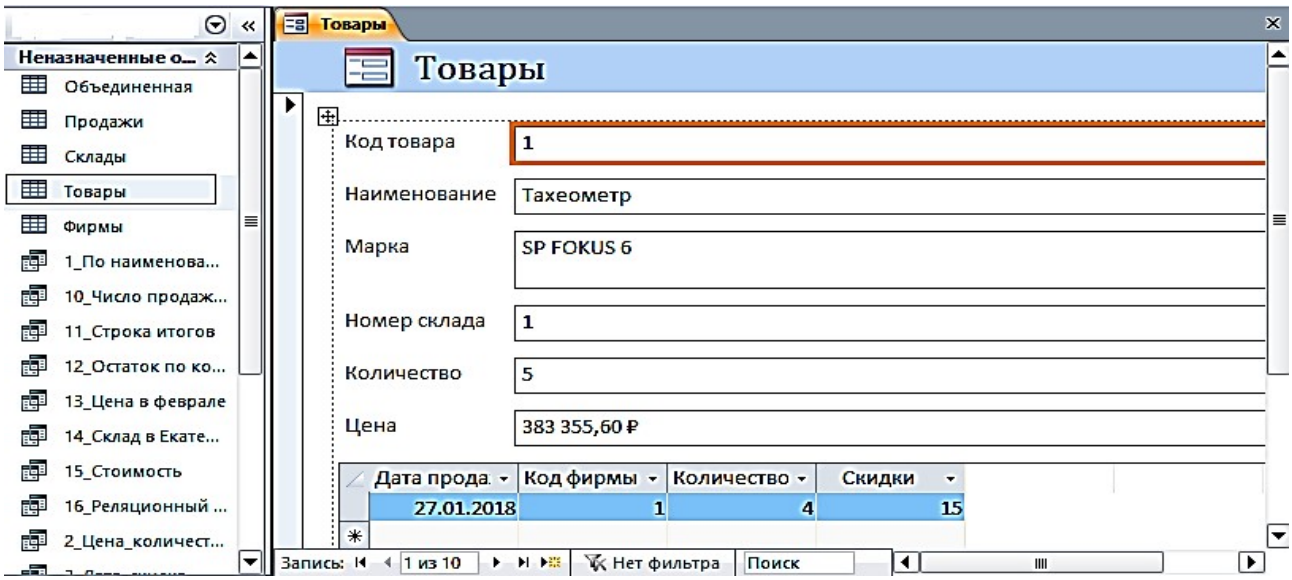


Рис. 4.2. Форма, полученная по команде **Форма**, для работы с таблицей «**Товары**»

Условное форматирование элементов управления

Для изменения внешнего вида элемента управления в форме**,** в зависимости от одного или нескольких условий используйте условное форматирование.

Задание 2. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на красный, заливку на желтый, шрифт жирный, когда они оказываются выше заданной величины, например, 100 000 руб.

1. Выберите поле Цена, в котором нужно произвести изменения. На вкладке ленты **Формат** в группе **Форматирование элементов управления** выберите команду **Условное форматирование**. Откроется диалоговое окно **Диспетчер правил условного форматирования** (рис. 4.3).

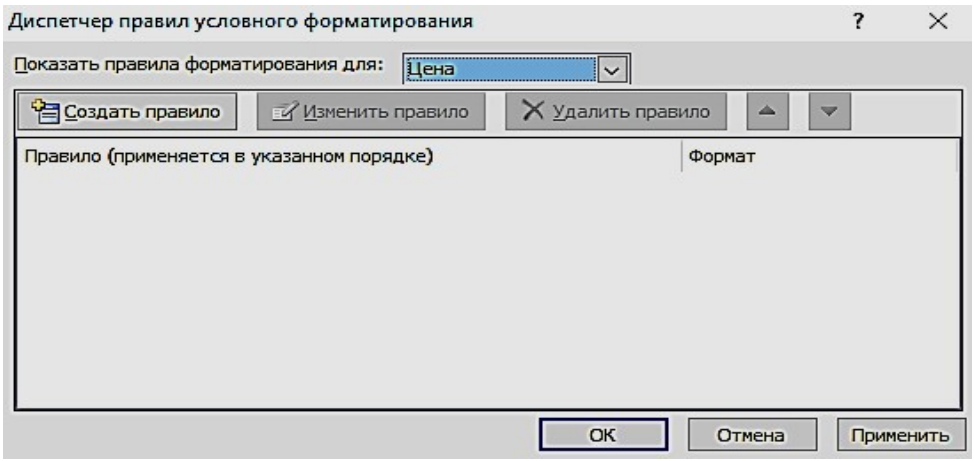


Рис. 4.3. Окно с пустым списком правил форматирования

2. Чтобы создать первое правило условного форматирования щелкните по кнопке **Создать правило.**

3. В окне **Новое правило форматирования** выберите тип правила и сформируйте описание правил, согласно которым будет производиться заданное форматирование поля.

4. В первом поле со списком выберите пункт **Значения поля**, во втором выберите тип сравнения – **больше** и введите постоянное значение в третье поле – 100000, не используя знака денежных единиц.

5. Выберите начертание шрифта, цвет и другие параметры форматирования. Нажмите кнопку ОК (рис. 4.4).

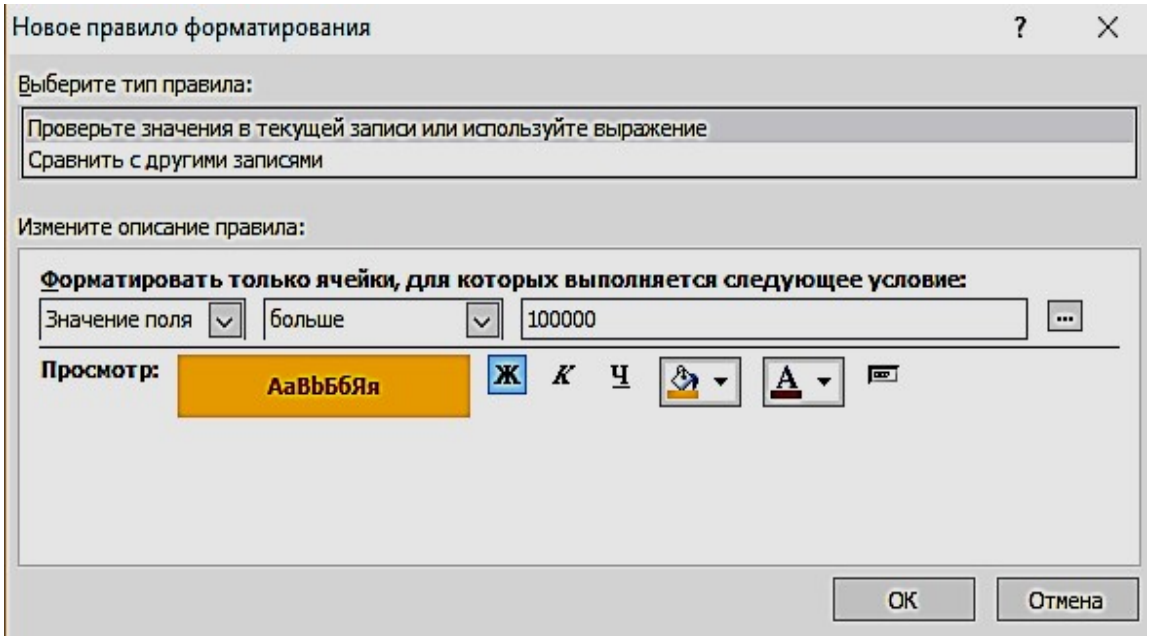


Рис. 4.4. Окно определения условий форматирования

Задание 3. Создать однотабличную форму «**Склады**». Для создания выбрать таблицу «**Склады**», использовать команду **Форма**, автоматически будет создана форма, содержащая встроенную подчиненную таблицу «**Товары**». Источником записей главной формы будет таблица «**Склады**». Такое поведение команды **Форма** вызвано тем, что таблица «**Склады**» имеет подчиненную таблицу «**Товары**», с которой она находиться в отношении 1:∞, и эта связь определена в схеме данных (рис. 4.5).

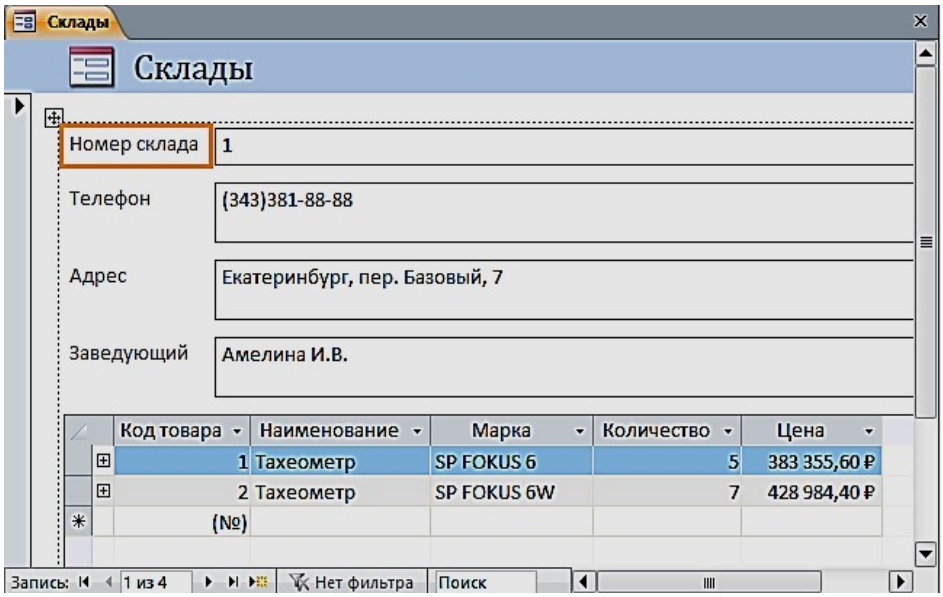


Рис. 4.5. Форма по таблице «**Склады**» с встроенной подчиненной «**Товары**»

Создание разделенной формы

Разделенная форма позволяет синхронно отображать данные одного источника в двух представлениях: в режиме формы и в режиме таблицы.

Задание 4. Создать однотабличную разделенную форму для работы с данными таблицы «**Продажи**». Выберите таблицу «**Продажи**» в области навигации и выполните команду **Разделенная форма** на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе только одной выбранной таблицы. Созданная форма отобразится в режиме макета (рис. 4.6).

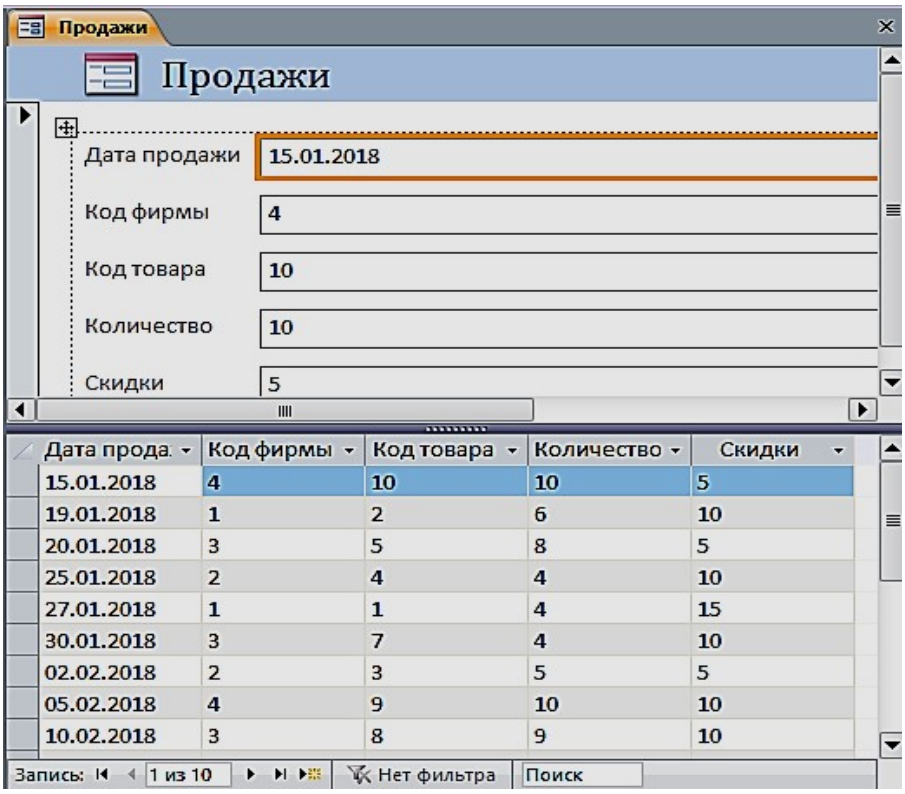


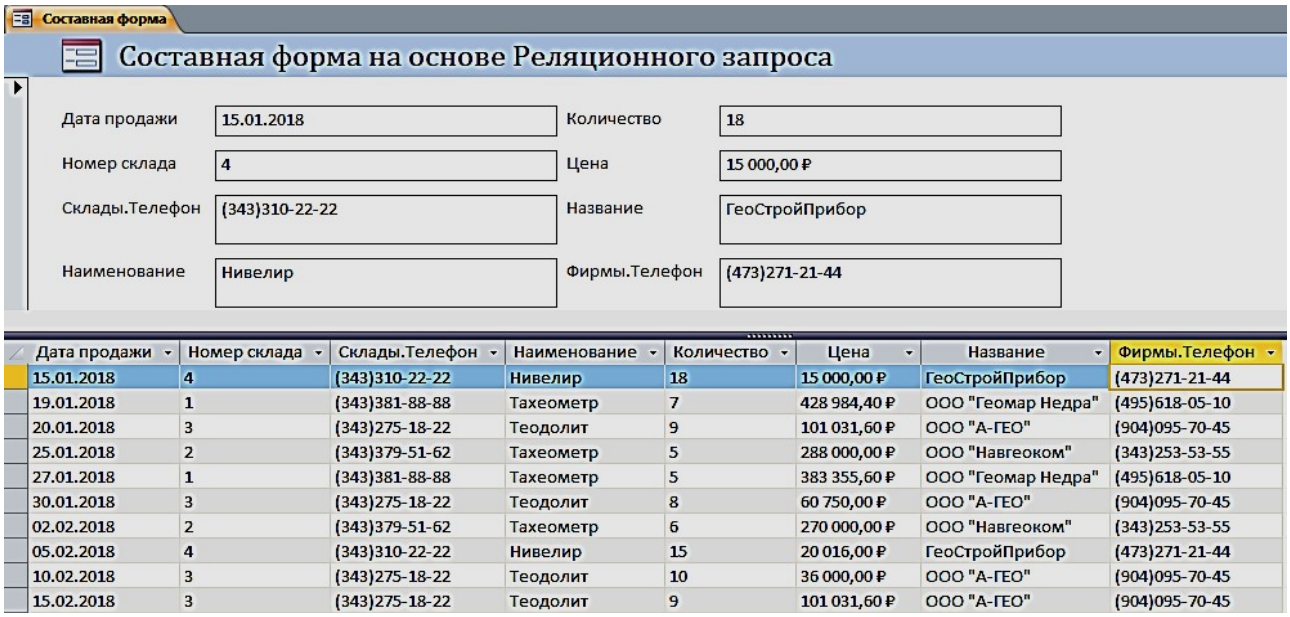
Рис. 4.6. Разделенная форма «**Продажи**»

Многотабличные формы

Многотабличная форма создается для работы с данными нескольких взаимосвязанных таблиц. Источником данных такой формы является многотабличный запрос. При этом форма может быть простой, отображающей одну запись в столбик, или ленточной, отображающей все записи в табличном виде с надписями в заголовке формы. Для такой формы могут быть использованы команды **Форма** или **Несколько элементов.**

Многотабличная форма может быть составной: состоять из главной формы и одной или нескольких подчиненных включаемых форм.

Задание 5. Создать составную форму воспользовавшись реляционным запросом. Выберите запрос «**16_реляционный запрос**» в области навигации и выполните команду **Форма** на вкладке **Создание**. Эта команда обеспечит автоматическое создание формы на основе выбранного запроса (рис. 4.7). В режиме Конструктора можно изменить заголовок.



Дата продажи	Номер склада	Склады.Телефон	Наименование	Количество	Цена	Название	Фирмы.Телефон
15.01.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	18	15 000,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
19.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
20.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	101 031,60 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
25.01.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
27.01.2018	1	(343)381-88-88	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	ООО "Геомар Недра"	(495)618-05-10
30.01.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	8	60 750,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
02.02.2018	2	(343)379-51-62	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	ООО "Навгеоком"	(343)253-53-55
05.02.2018	4	(343)310-22-22	Нивелир	15	20 016,00 ₽	ГеоСтройПрибор	(473)271-21-44
10.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	10	36 000,00 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45
15.02.2018	3	(343)275-18-22	Теодолит	9	101 031,60 ₽	ООО "А-ГЕО"	(904)095-70-45

Рис. 4.7. Составная форма

Создание многотабличной формы с помощью мастера

Основным средством создания многотабличной формы можно считать мастер форм, который, запросив у пользователя сведения о включаемых в форму полях из нескольких взаимосвязанных таблиц и запросов, создает составную или одиночную форму.

Задание 6. С помощью мастера создайте форму для работы с данными о продажах товаров

Для вызова мастера форм выполните на вкладке ленты **Создание** в группе **Формы** команду **Мастер форм**. Отобразится окно мастера **Создания форм**, представленное на рис. 4.8.

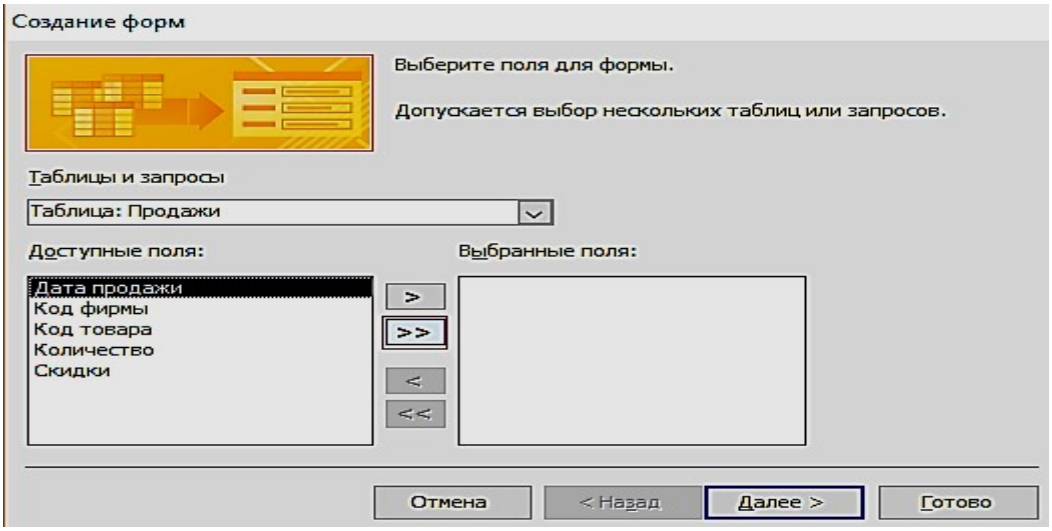


Рис. 4.8. Выбор таблиц и полей для создаваемой формы

Если предварительно в области навигации не была выбрана таблица «**Продажи**», выберите её в раскрывающемся списке **Таблицы и запросы** диалогового окна мастера. Затем отберите из списка **Доступные поля,** в нашем случае все, кроме поля «**Скидки**» (рис. 4.9).

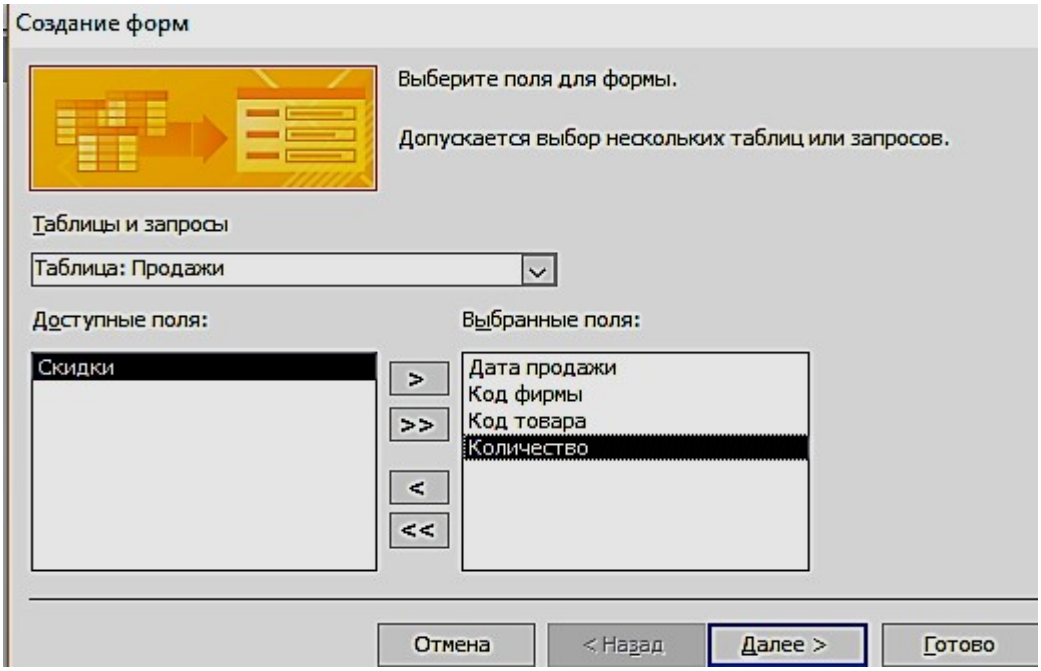


Рис. 4.9. Выбранные поля таблицы «**Продажи**» для создаваемой формы

Переходим к выбору полей из таблицы «**Товары**». Перетаскиваем все поля, кроме поля Код товара. После выбора полей для обеих таблиц и нажатия кнопки Далее в окне создание форм в списке **Выберите тип представления данных** надо выделить имя таблицы Продажи и щелкнуть по кнопке «**Далее**» (рис.
4.10).

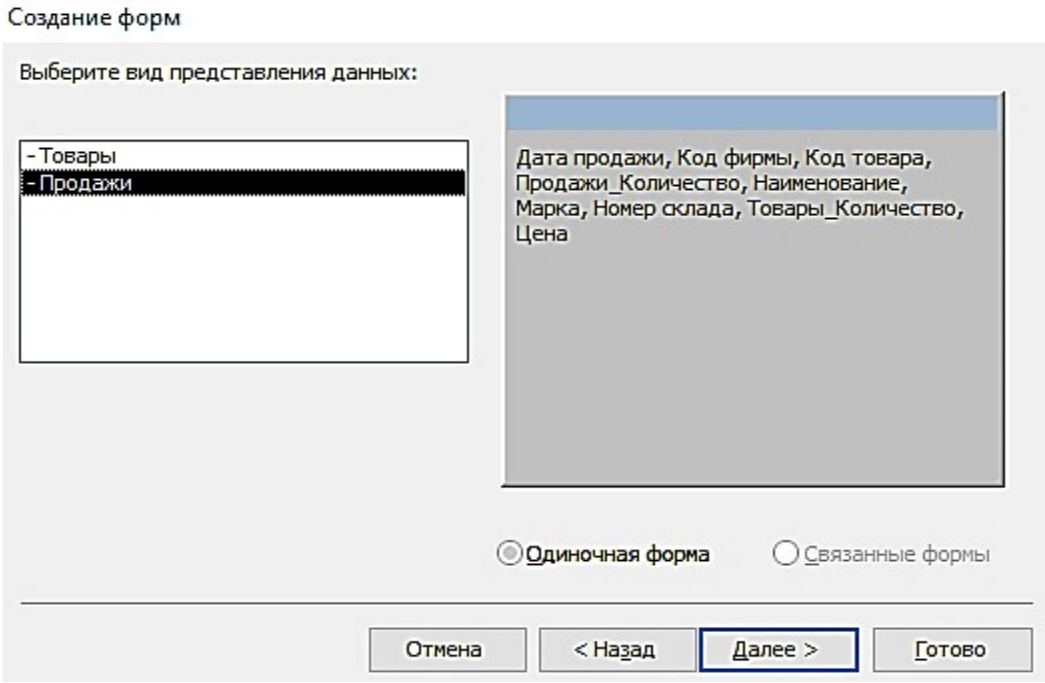


Рис. 4.10. Выбор вида представления данных

В следующем диалоговом окне предоставляется возможность выбрать внешний вид формы и нажать кнопку «**Готово**» (рис. 4.11).

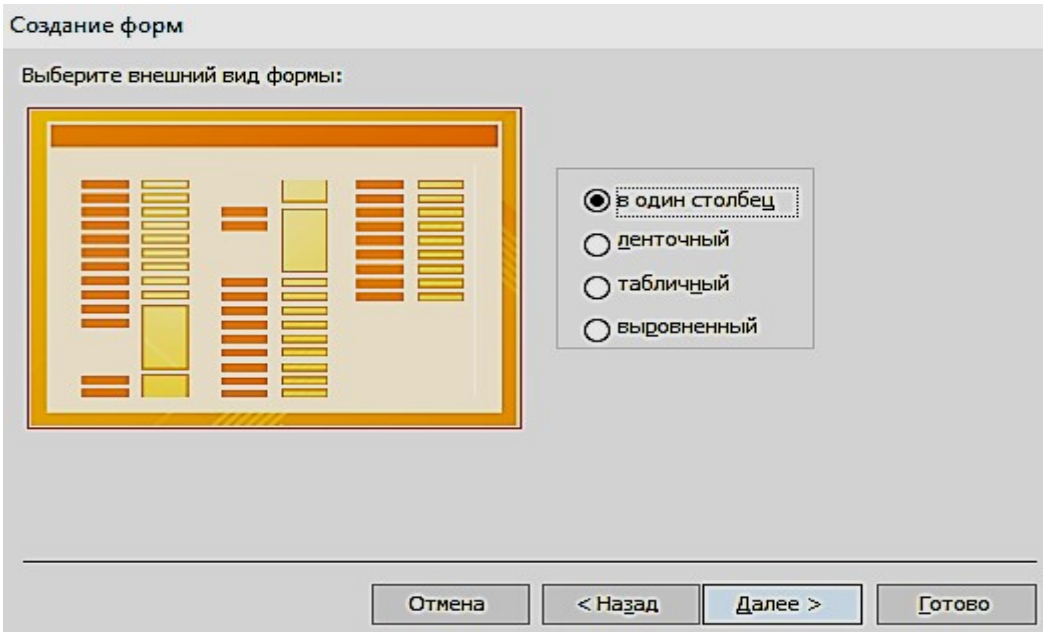


Рис. 4.11. Выбор вида формы в один столбец

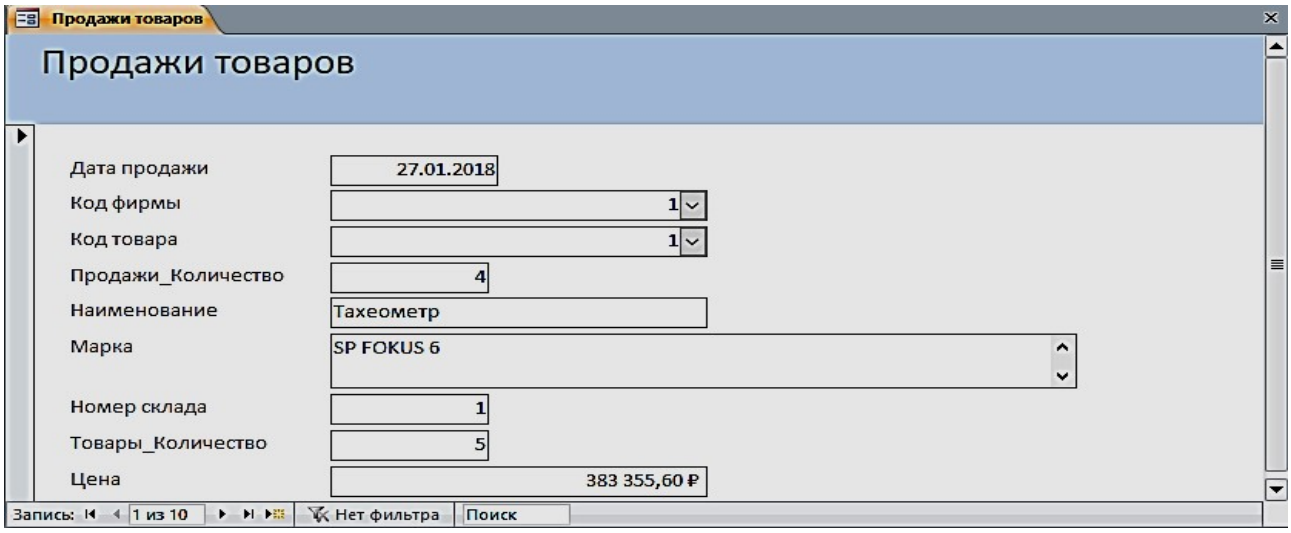


Рис. 4.12. Форма, открытая для просмотра, корректировки и ввода данных

Одиночная многотабличная форма

Одиночную форму, включающую поля из нескольких связанных таблиц, позволяет быстро построить инструмент **Пустая форма.** Выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. Откроется пустая форма в режиме макета и отобразится область **Список полей**. В списке перечислены все таблицы базы данных, и предоставляется возможность открыть список полей каждой из них (рис. 4.13). Чтобы добавить поле в форму, щелкните на нем двойным щелчком или перетащите его в форму. Для отображения каждого поля Access создает в форме соответствующий элемент управления и привязывает его к полю. Кроме того, для элемента управления создается присоединенная надпись.

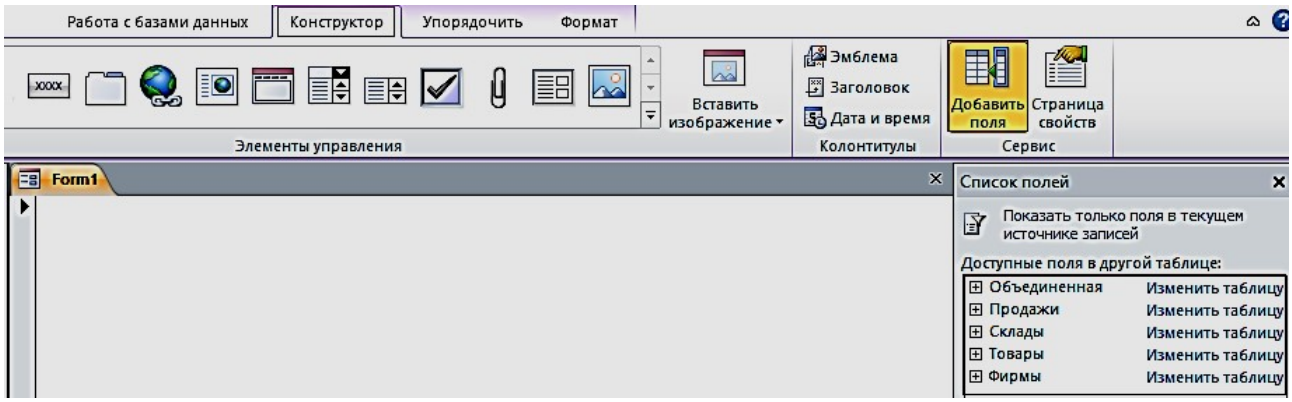


Рис. 4.13. Область **Список полей** при создании одиночной формы

Задание 7. Создать одиночную многотабличную форму для просмотра всех данных базы. Выполните команду **Пустая форма.** В области **Список полей** откройте список полей таблицы «**Продажи**», щелкнув знак «Плюс»

рядом с её именем. Добавьте в форму необходимые поля (Дата продажи, Код фирмы, Код товара, Количество, Скидки). Далее последовательно добавляйте поля из таблицы «**Товары**» (Наименование, Марка, Цена), затем из таблицы «**Склады**» (Номер склада, Телефон, Адрес, Заведующий) и из таблицы «**Фирмы поля**» – (Название, Адрес, Телефон, Контактное лицо, Должность). Сохранить форму под именем «Общие данные».

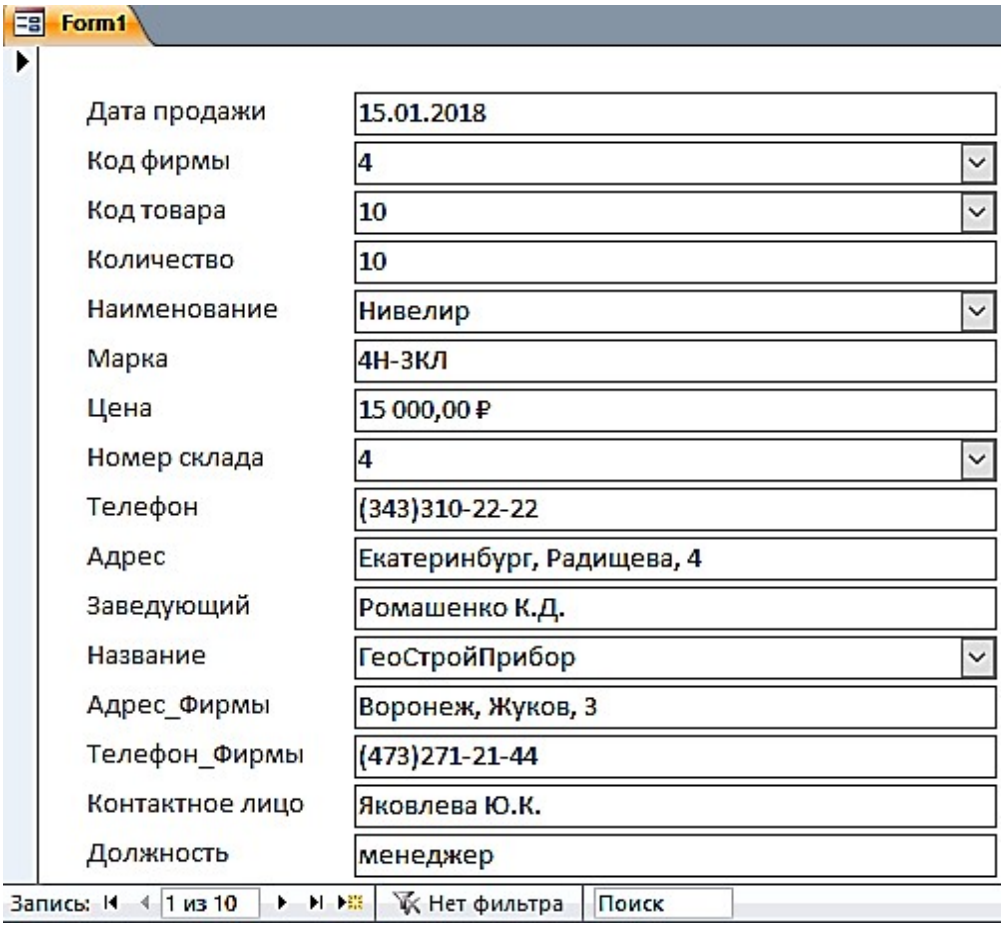
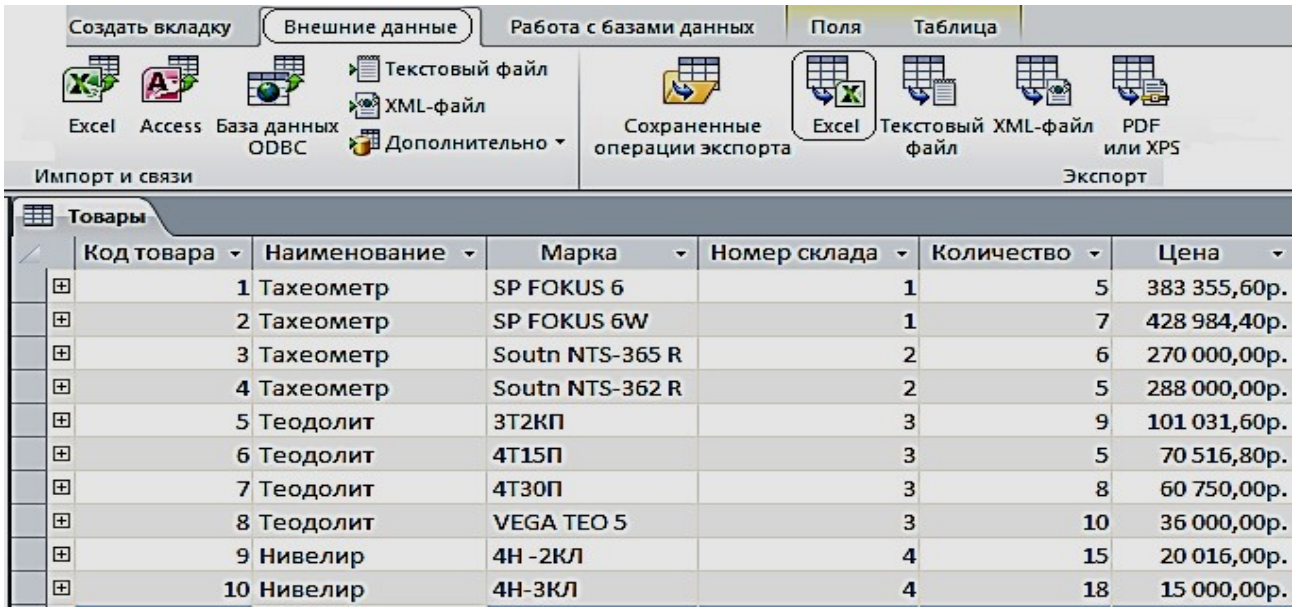


Рис. 4.14. Форма «**Общие данные**», созданная с помощью инструмента **Пустая форма**

Задание 8. Создать одиночную форму с помещенной в неё гистограммой

Для этого откройте таблицу «**Товары**». В группе **Импорт и связи** на вкладке **Внешние данные** выберите на ленте **Экспорт в таблицу Excel** (рис. 4.15).



Товары

Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60р.
2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40р.
3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00р.
4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00р.
5	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60р.
6	Теодолит	4Т15П	3	5	70 516,80р.
7	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00р.
8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00р.
9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00р.
10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00р.

Рис. 4.15. Окно экспорта таблицы «**Товары**» на лист Excel

Выберите место назначения для экспорта таблицы «**Товары**», для этого нажмите на кнопку **Обзор**, выберите соответствующую папку (рис. 4.16, 4.17).

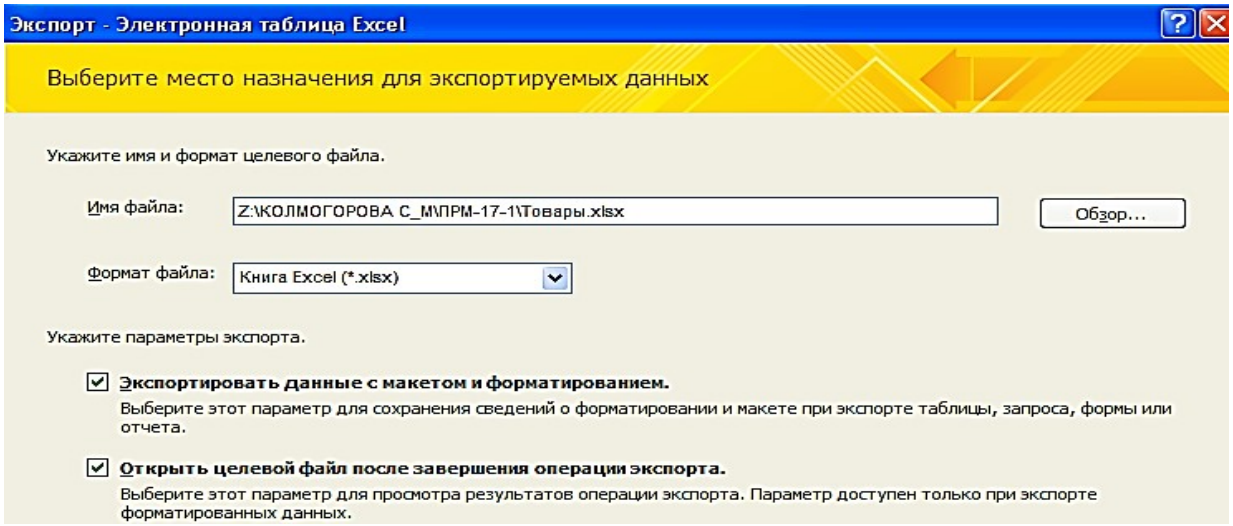


Рис. 4.16. Окно выбора места назначения для экспорта таблицы «**Товары**»

	A	B	C	D	E	F
1	Код товара	Наименование	Марка	Номер склада	Количество	Цена
2	1	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60р.
3	2	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40р.
4	3	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00р.
5	4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00р.
6	5	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60р.
7	6	Теодолит	4Т15П	3	5	70 516,80р.
8	7	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00р.
9	8	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00р.
10	9	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00р.
11	10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00р.

Рис. 4.17. Таблица «**Товары**» в Excel, экспортируемая из Access

Построение гистограммы по колонкам «**Наименование**» и «**Цена**» (рис. 4.18).

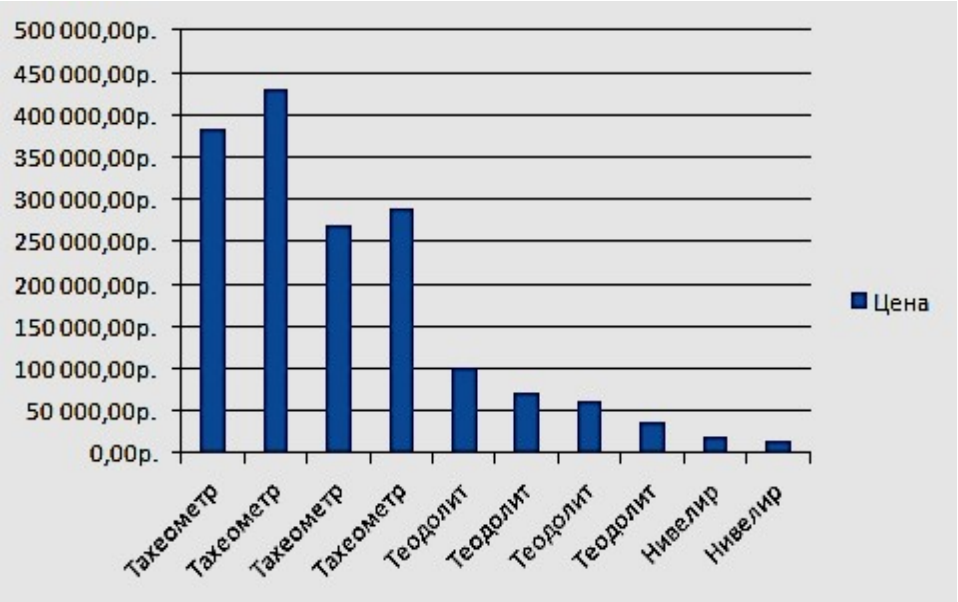


Рис. 4.18. Гистограмма, соответствующая таблице «**Товары**»

Скопируйте гистограмму в Excel. В Access выполните команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**. В режиме «**Конструктор**» произвести вставку гистограммы. Сохранить форму под названием **Гистограмма** (рис. 4.19).

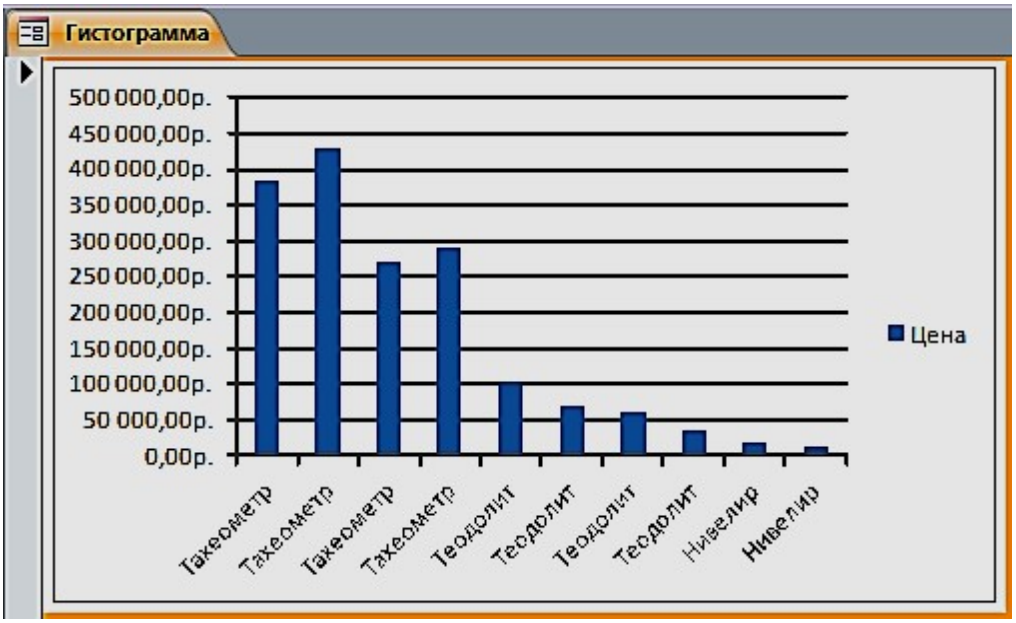


Рис. 4.19. Форма «Гистограмма»

Задание для самостоятельной работы

1. Изменить в форме «**Товары**» цвет денежных значений в поле «**Цена**» на зеленый, заливку на светло-зеленый, начертание шрифта – жирный курсив, когда они оказываются меньше или равны 80000 руб.
2. Создать форму «**Фирмы**» с подчиненной «**Продажи**».

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5
Работа с отчетами

Средства Access по разработке отчетов предназначены для конструирования макета отчета, в соответствии с которым осуществляется вывод данных из определенного источника записей в виде выходного печатного документа.

Отчет может создаваться с помощью Мастера или в режиме Конструктора отчетов.

Задание 1. Выберем в области навигации таблицу «**Фирмы**», данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**.

Access создаст отчет и отобразит его в режиме макета (рис. 5.1). В отчете будут представлены все записи таблицы «**Фирмы**». Размещение полей таблицы – источника записей отчета – в разделах отчета представлено на рис. 5.2.

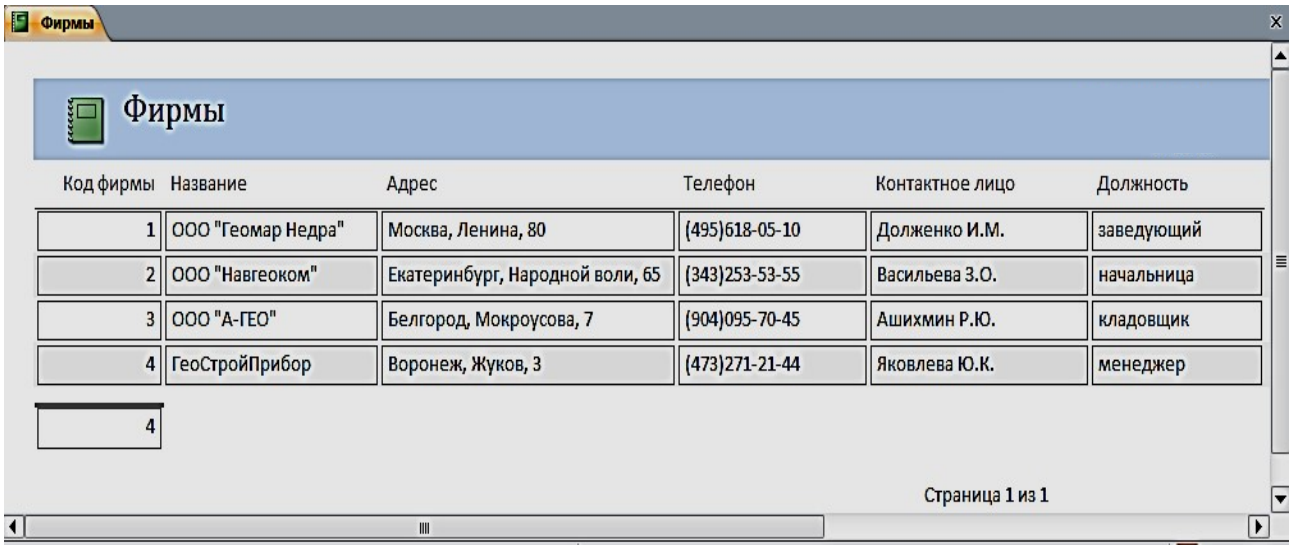


Рис. 5.1. Отчет в режиме «**Макета**»

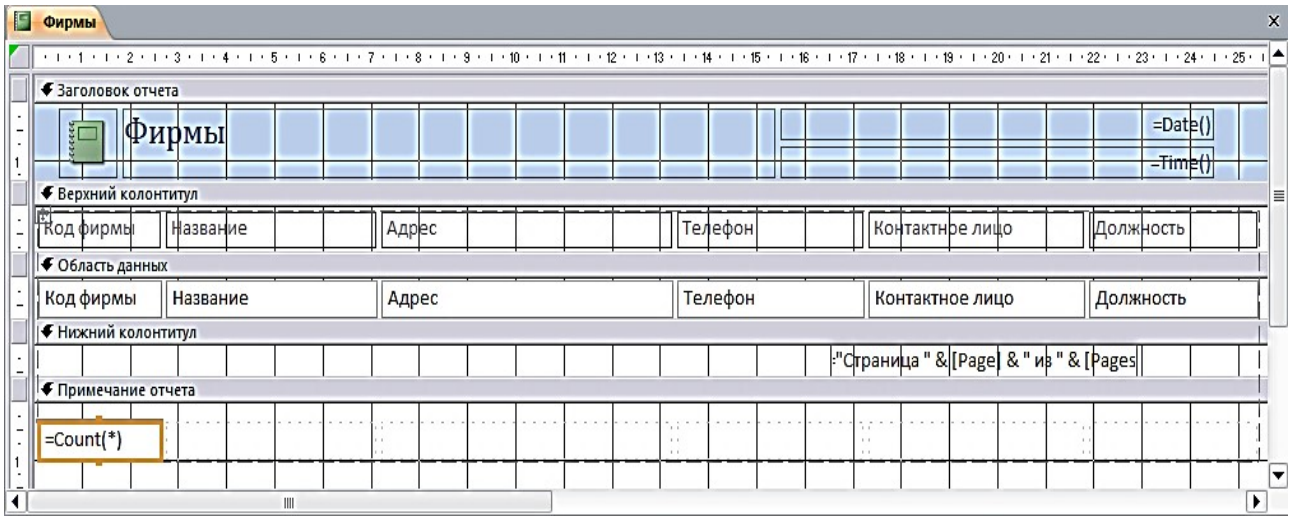


Рис. 5.2. Разделы однотабличного отчета в режиме Конструктора

В режиме макета легко привести созданный отчет в соответствие с заданными требованиями. Измените название отчета на «Контакты». Для этого выполните двойной щелчок на нем и введите новое название. Выделите макет отчета и измените заливку, размер шрифта, выбрав его на вкладке **Главная** в группе **Форматирование текста** или на вкладке **Формат** в группе **Шрифт.** Для изменения параметров страницы выполняйте команды соответствующей вкладки ленты. Пунктирной линией в отчете отмечена граница полей страницы. Отображение этой линии регулируется кнопкой **Показать поля** на вкладке ленты **Параметры страницы.** Для выбора размеров полей страницы может быть использована коллекция, отображаемая при нажатии кнопки **Поля.** На этой же вкладке можно выбрать размер бумаги, ориентацию страницы и ряд др. параметров (рис. 5.3).

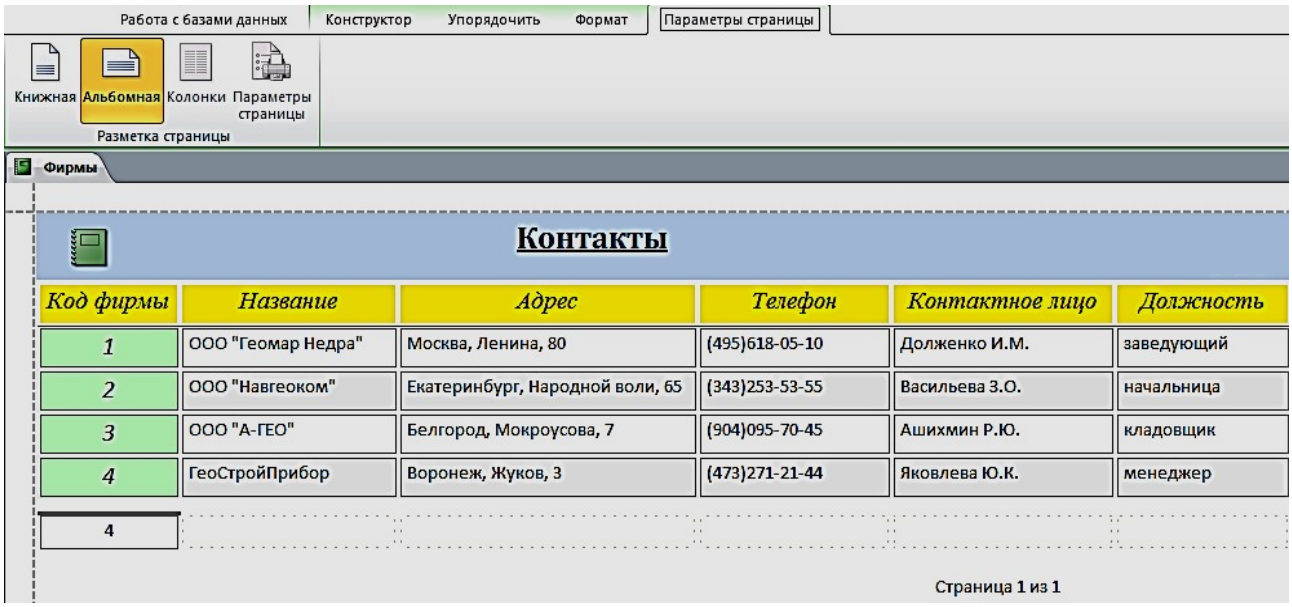


Рис 5.3. Отформатированный отчет в режиме Макета

Задание 2. Выберем в области навигации форму **Продажи товаров**, данные из которой будут источником записей отчета. На вкладке ленты **Создание** в группе **Отчеты** выполнить команду **Отчет**. Для группировки данных по дате продажи выполним команду **Группировка, сортировка и итоги.** Выберем для предлагаемого уровня группировки поле «**Дата продажи**». Откроем список, щелкнув на параметре **по кварталам**, и выберем **по месяцам.** Для закрытия списка щелкните на любом месте за его пределами (рис. 5.4, 5.5).

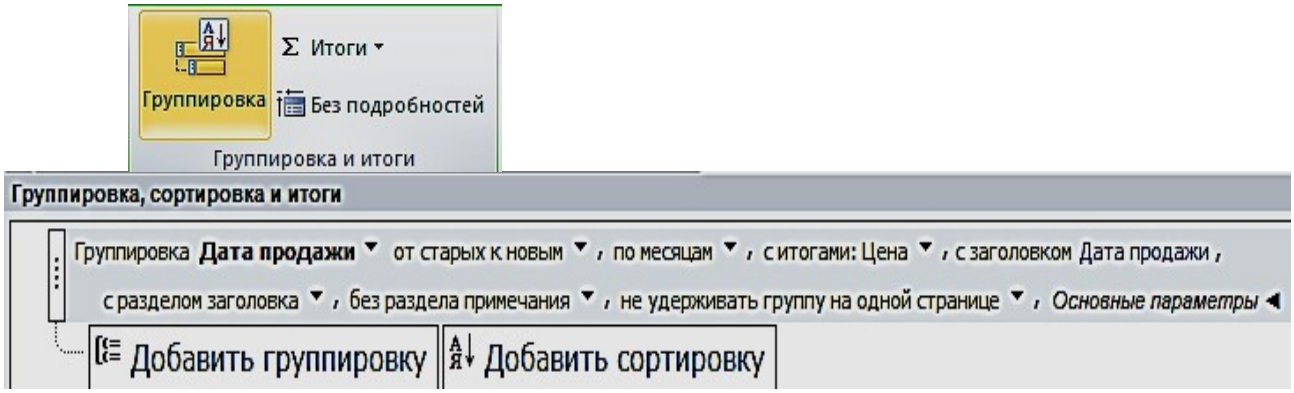
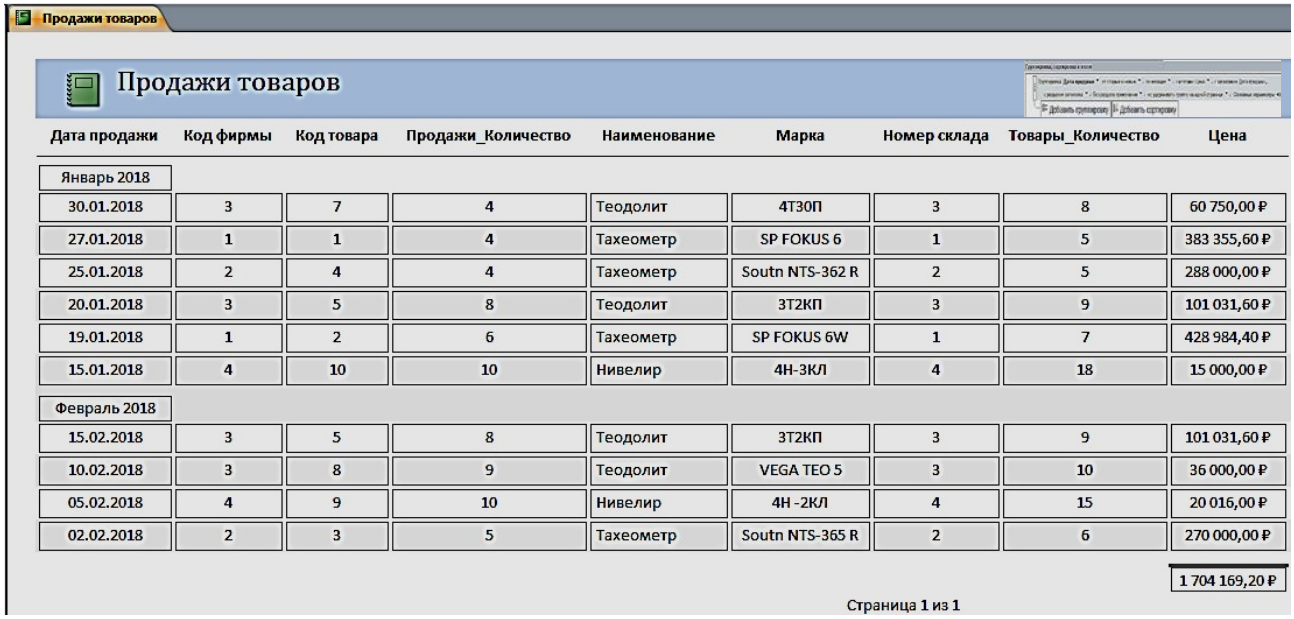


Рис. 5.4. Выбор для поля с датой группировки по месяцам



Продажи товаров

Дата продажи	Код фирмы	Код товара	Продажи_Количество	Наименование	Марка	Номер склада	Товары_Количество	Цена
Январь 2018								
30.01.2018	3	7	4	Теодолит	4Т30П	3	8	60 750,00 ₽
27.01.2018	1	1	4	Тахеометр	SP FOKUS 6	1	5	383 355,60 ₽
25.01.2018	2	4	4	Тахеометр	Soutn NTS-362 R	2	5	288 000,00 ₽
20.01.2018	3	5	8	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60 ₽
19.01.2018	1	2	6	Тахеометр	SP FOKUS 6W	1	7	428 984,40 ₽
15.01.2018	4	10	10	Нивелир	4Н-3КЛ	4	18	15 000,00 ₽
Февраль 2018								
15.02.2018	3	5	8	Теодолит	3Т2КП	3	9	101 031,60 ₽
10.02.2018	3	8	9	Теодолит	VEGA TEO 5	3	10	36 000,00 ₽
05.02.2018	4	9	10	Нивелир	4Н -2КЛ	4	15	20 016,00 ₽
02.02.2018	2	3	5	Тахеометр	Soutn NTS-365 R	2	6	270 000,00 ₽
								1 704 169,20 ₽

Страница 1 из 1

Рис 5.5. Форма с датой группировки по месяцам

Задание для самостоятельной работы

Создать отчет по таблице «**Объединенная**», изображенного на рис. 5.6.

ОТЧЕТ ПРОДАЖИ

Дата продажи - по месяцам	Название	Фирмы_Телефон	Дата продажи	Наименование	Количество	Цена	Номер склада	Склады_Телефон
Январь 2018								
	ГеоСтройПрибор	4732712144	*15.01.2018*	Нивелир	18	15 000,00 ₽	4	3433102222
	ООО "Геомар Недра"	4956180510	*19.01.2018*	Тахеометр	7	428 984,40 ₽	1	3433818888
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*20.01.2018*	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
	ООО "Навгеоком"	3432535355	*25.01.2018*	Тахеометр	5	288 000,00 ₽	2	3433795162
	ООО "Геомар Недра"	4956180510	*27.01.2018*	Тахеометр	5	383 355,60 ₽	1	3433818888
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*30.01.2018*	Теодолит	8	60 750,00 ₽	3	3432751822
Итоги для 'Дата продажи' = 30.01.2018 (6 записей)								
Сумма					52	1 277 121,60 ₽		
Февраль 2018								
	ООО "Навгеоком"	3432535355	*02.02.2018*	Тахеометр	6	270 000,00 ₽	2	3433795162
	ГеоСтройПрибор	4732712144	*05.02.2018*	Нивелир	15	20 016,00 ₽	4	3433102222
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*10.02.2018*	Теодолит	10	36 000,00 ₽	3	3432751822
	ООО "А-ГЕО"	9040957045	*15.02.2018*	Теодолит	9	101 031,60 ₽	3	3432751822
Итоги для 'Дата продажи' = 15.02.2018 (4 записей)								
Сумма					40	427 047,60 ₽		
ИТОГО					92	1 704 169,20 ₽		

Рис. 5.6. Результат отчета

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 6

Создание главной кнопочной формы с использованием макросов

Использования макросов для автоматизации управления реакцией приложения на действия пользователя в формах или отчетах позволяет создавать полноценные интерактивные приложения без написания кода *VBA*.

Макрос (от слова «макрокоманда») – программа, состоящая из последовательности макрокоманд. *Макрокоманда* – это инструкция, ориентированная на выполнение определенного действия над объектами Access и их элементами.

Например, макрокомандой можно открыть форму, отчет, напечатать отчет, запустить на выполнение запрос, применить фильтр, присвоить значение и т. д.

Задание 1. Создать главную форму управления приложением, в которой будут представлены:

- элементы для кнопочных форм запросов и гистограмма;
- макросы для таблиц и отчетов;
- макрос, с помощью которого будет закрыта база данных.

1. Выполним команду **Пустая форма** на вкладке ленты **Создать** в группе **Формы**, режим «**Конструктор**» (рис. 6.1).

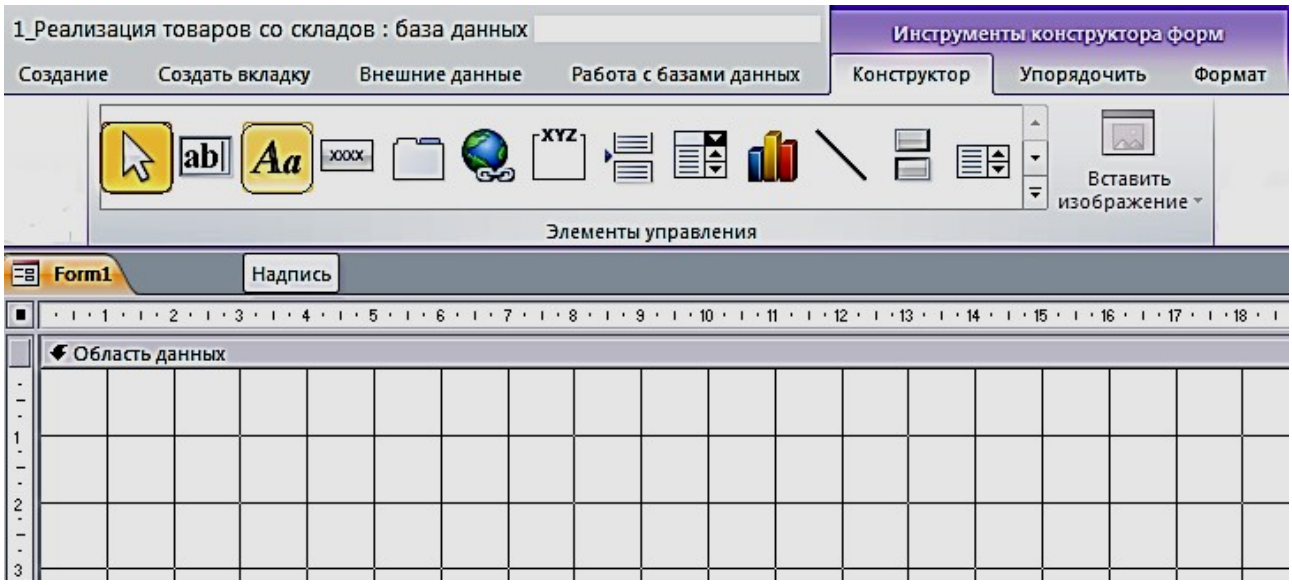


Рис. 6.1. Пустая форма в режиме «**Конструктор**» с элементами управления

2. Расположим в области **Формы** элемент **Надпись**, поместим в него название **Реализация товаров со складов** (рис. 6.2). Форматирование шрифта в надписях и кнопках осуществляется для выделенного объекта, при помощи **Инструмента конструктора форм**, в объекте **Формат**. Сохраним форму под именем «**Главная форма**».

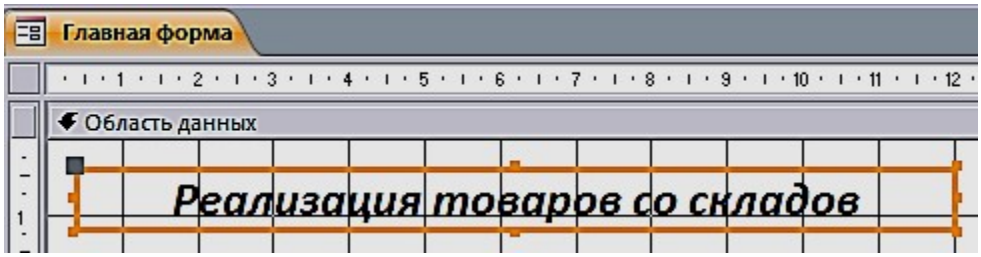


Рис. 6.2. Использование элемента управления **Надпись**

Создание макроса осуществляется в диалоговом режиме и сводится к записи в окне конструктора макроса последовательности макрокоманд, для которых задаются аргументы. Каждому макросу присваивается имя. При выполнении макроса макрокоманды выполняются последовательно в порядке их расположения. При этом используются объекты или данные, указанные в аргументах макрокоманд.

Создание макроса начинается с выполнением команды **Макрос** на вкладке ленты **Создание** в группе **Макросы и код**. В результате выполнения команды открывается окно макроса и каталог макрокоманд (рис. 6.3).

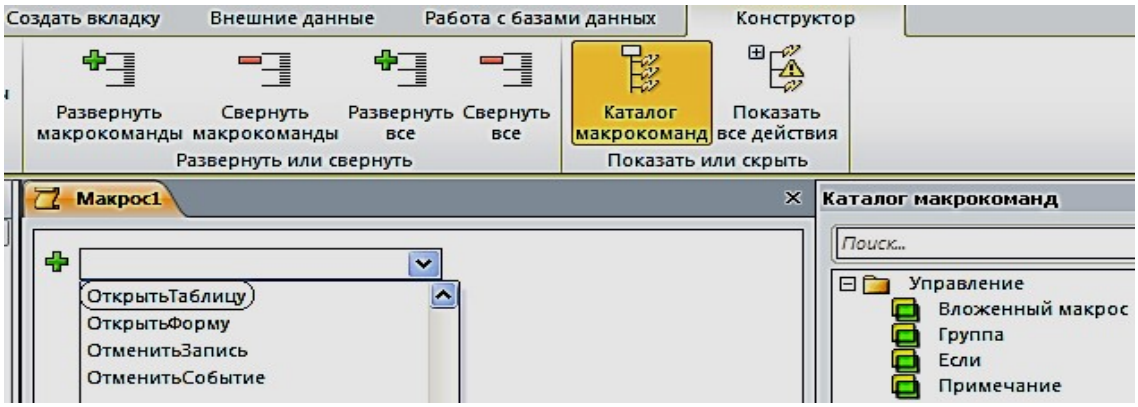


Рис. 6.3. Окно конструирования макроса с Каталогом макрокоманд

3. Создадим первый макрос **Таблицы**, при выполнении которого откроются четыре таблицы: «Продажи», «Склады», «Товары» и «Фирмы». Сохраним его под именем **Таблицы** (рис. 6.4).

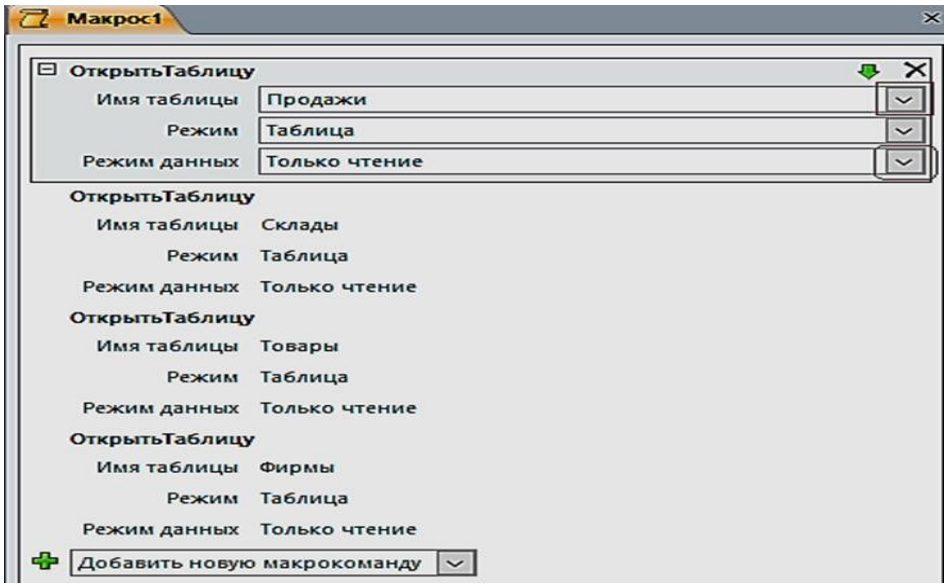


Рис. 6.4. Блок конструирования Макроса «**Таблицы**»

4. Создадим второй макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.5). Сохраним его под именем **Отчет.**

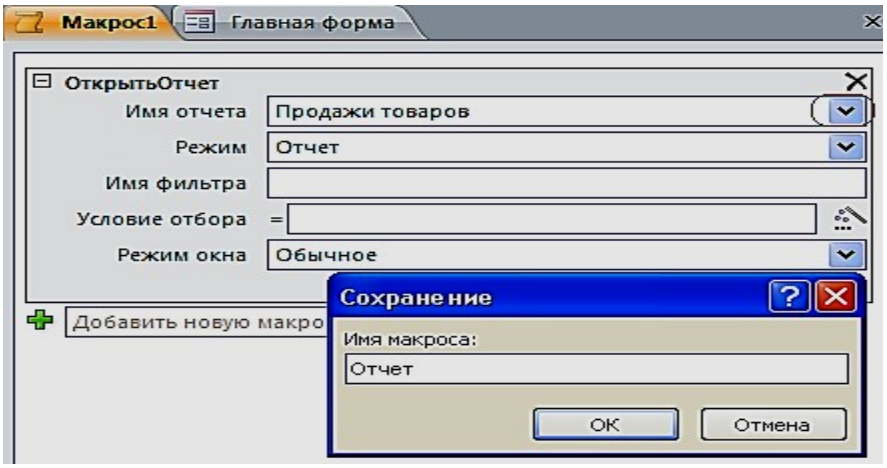


Рис. 6.5. Создание макроса **ОткрытьОтчет**

5. Создадим третий макрос, при выполнении которого откроется отчет «Продажи товаров» (рис. 6.6). Сохраним под именем **Выход.**

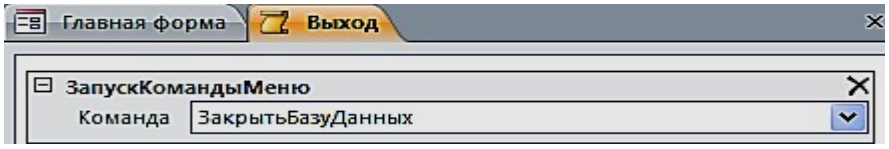


Рис. 6.6. Создание макроса **ЗакрытьБазуДанных**

Создание управляющих кнопок на экране

1. Создадим кнопки: **Таблицы**, **Отчет** и **Выход из БД.** Расположим в области **Главной формы** три кнопки с ранее созданными макросами. Для размещения кнопок предусмотрим, чтобы все действия осуществлялись при нажатой кнопке **«Использовать мастера»**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Разное**, затем – действия: **Выполнить макрос,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.7).

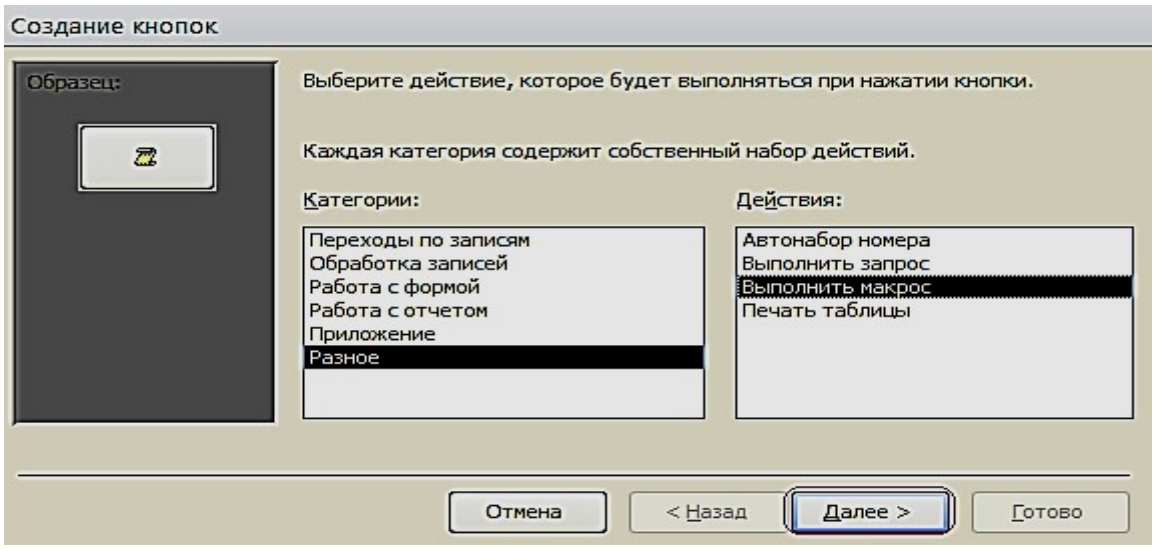


Рис. 6.7. Окно создания кнопок при работе с **Макросами**

2. Выберем соответствующий макрос (рис. 6.8). Разместим текст на кнопке.

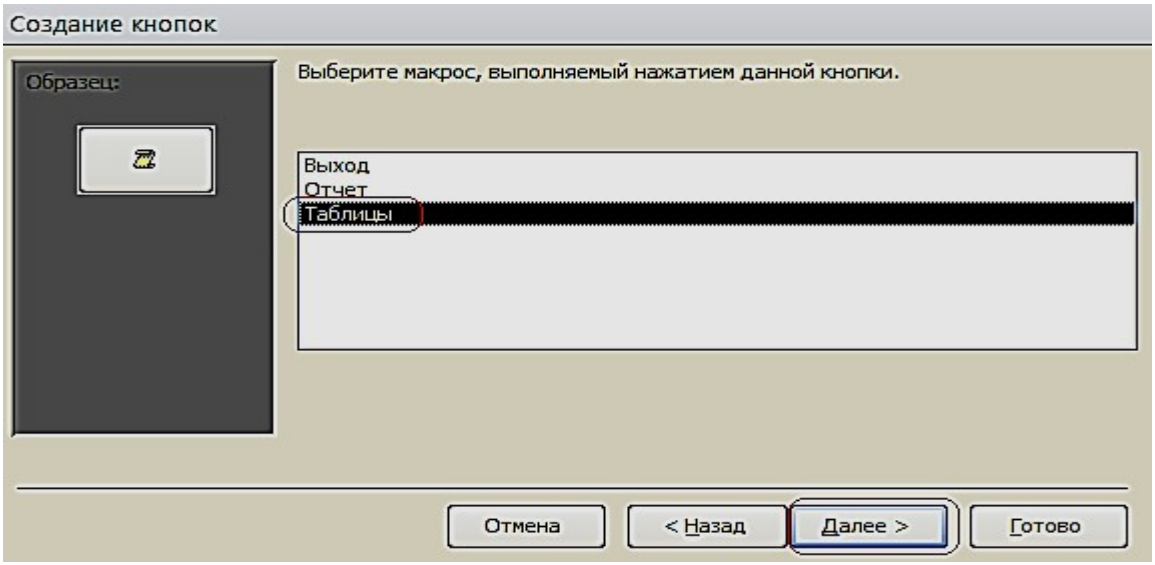


Рис. 6.8. Окно выбора макроса

3. В тексте напишем название **Таблицы** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее** (рис. 6.9).

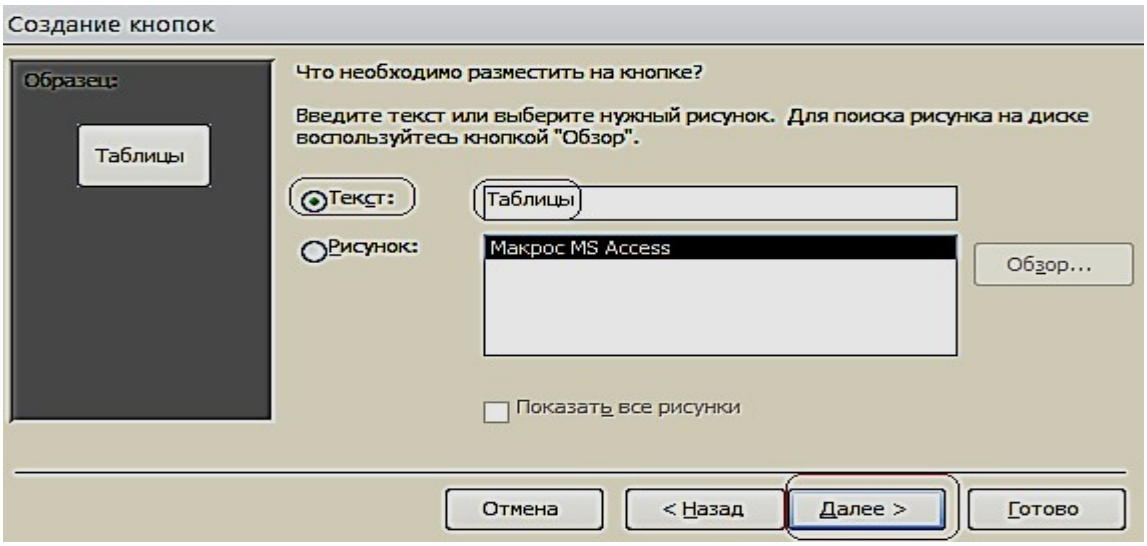


Рис. 6.9. Размещение текста на кнопке

4. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью макросов (рис. 6.10).

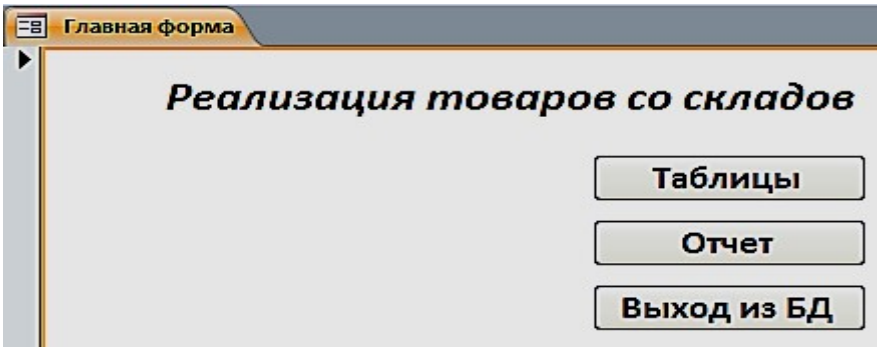


Рис. 6.10. Главная форма в режиме Макета

5. Расположим в области **Главной формы** три кнопки: **Составная форма**, **Общие данные** и **Гистограмма**. Переместим элемент управления **Кнопка** на форму, появится окно для создания кнопок. Выберем категорию: **Работа с формой**, действия: **Открыть форму,** нажмем кнопку **Далее** (рис. 6.11).

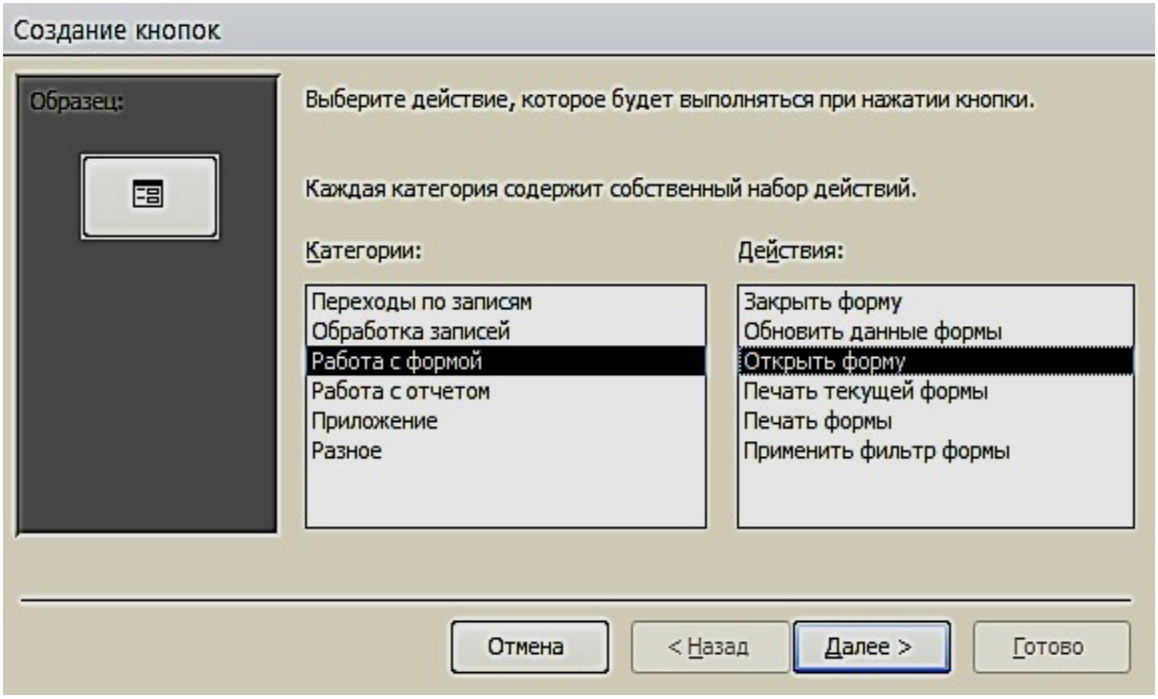


Рис. 6.11. Окно создания кнопок при работе с формами

6. Выберем соответствующую форму (рис. 6.12).

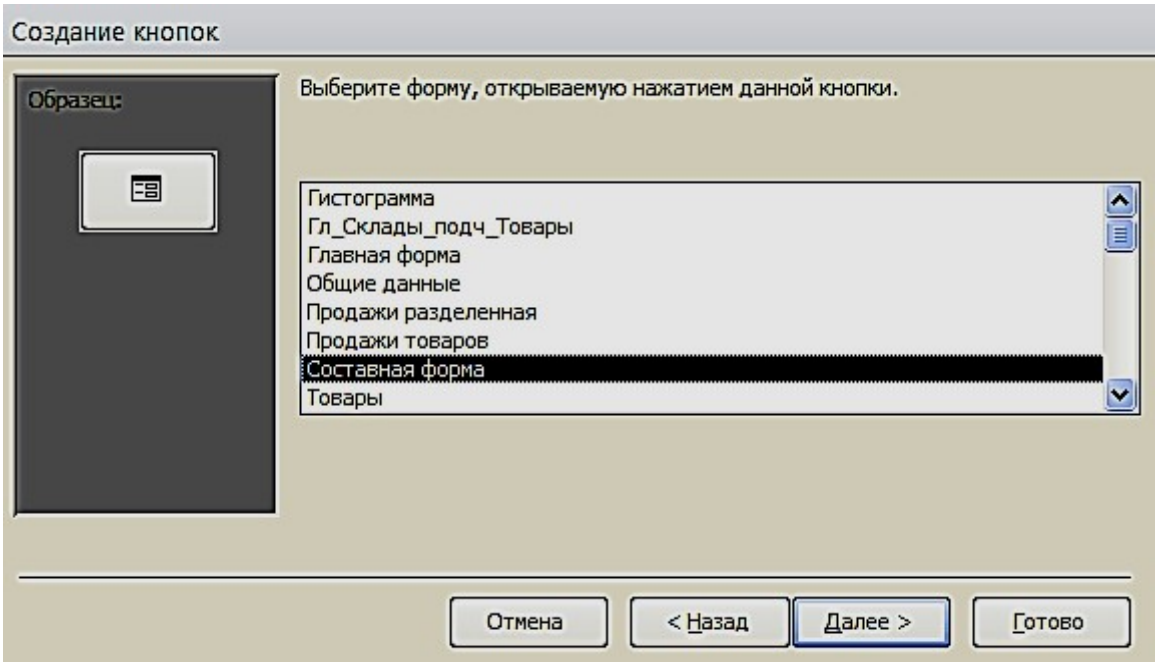


Рис. 6.12. Окно выбора формы

Поместим текст на кнопке (рис. 6.13). В тексте напишем название **Гистограмма** и выполним действия, указанные по кнопке **Далее**. Таким образом, создадим все кнопки, которые будут открываться с помощью Форм.

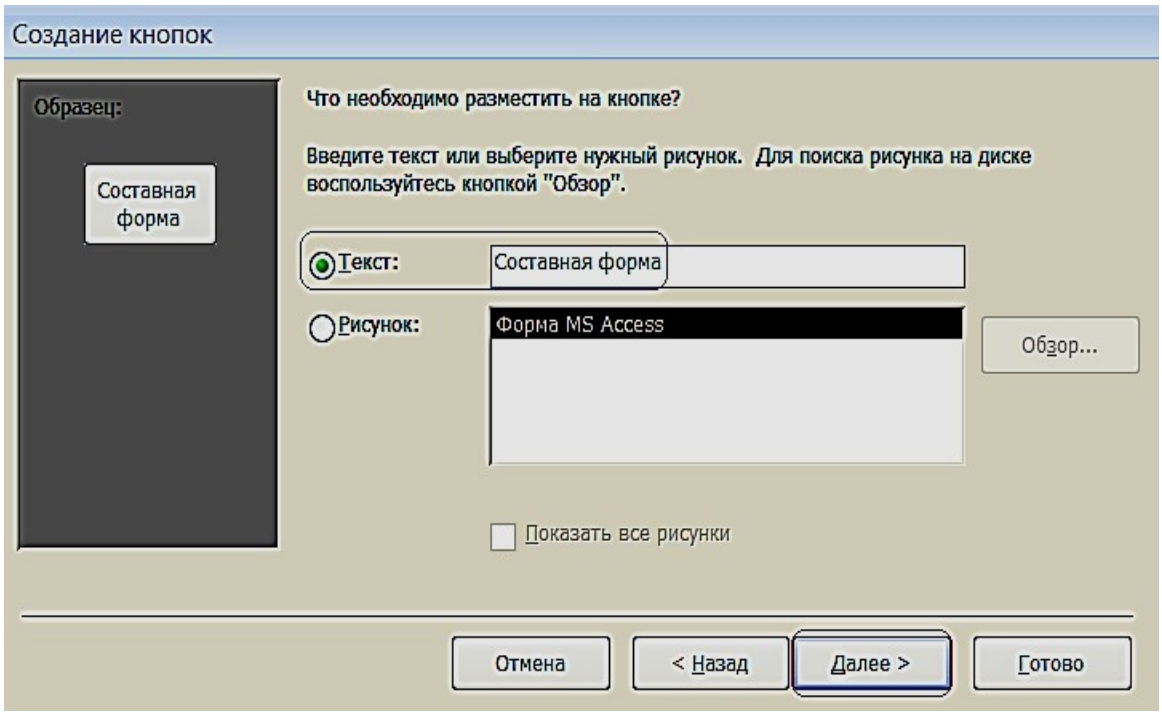


Рис. 6.13. Размещение текста на кнопке

7. Для создания картинки воспользуемся элементом управления «**Рисунок**».

8. По завершению разработки приложения, сохраним и закроем форму. Затем откроем и проверим работоспособность всех её элементов (рис. 6.14).

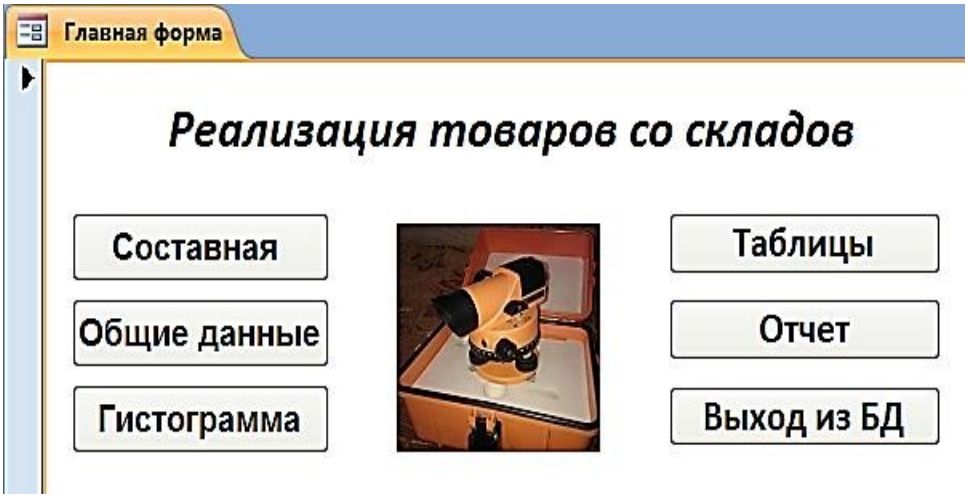


Рис. 6.14. Управляющая форма в режиме «**Формы**»

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Указания к выполнению работы

- Создать логическую модель базы данных: для заданной предметной области, представленной в виде перечня реквизитов, сформировать таблицы, определить в них ключевые поля, описать имена, типы и свойства полей и создать связи между таблицами.
- Создать формы для ввода данных в таблицы (простая и сложная формы). Заполнить таблицы. Каждая таблица должна содержать не менее 7 строк.
- Создать запросы по пунктам вариантов задания.
- Создать кнопочную форму для вызова созданных объектов.

Варианты заданий

Вариант № 1

Исходные данные:

- ***Рабочие***: табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Цеха:*** наименование цеха, категория производства (основное, управление, вспомогательное).
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик). o *Вычислить* общую сумму выплат за месяц по выбранному цеху, а

также среднемесячный заработок этого цеха.

- o *Создать* ведомость для начисления заработной платы рабочих этого цеха.

Вариант № 2

Исходные данные:

- ***Сотрудники:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу
- ***Оплата труда:*** должность, оклад
- ***Отделы:*** номер отдела, фамилия сотрудника *Определить:* o возраст сотрудников (количество полных лет) при поступлении

на работу и на текущее время; o количество сотрудников заданного отдела младше 30 лет; o минимальный размер оклада.

- ***Создать таблицу,*** которая содержит сведения о 5-и самых высокооплачиваемых сотрудниках фирмы**.**

Вариант № 3

Исходные данные:

Работники: фамилия, имя, отчество, цех.

- ***Изделия:*** наименование изделия, категория изделия (A, B, C), стоимость изготовления.
- ***Итоги:*** шифр сборщика, количество изготовленных изделий по категориям.

Рассчитать: o общее количество изделий каждой категории;

o общее количество изделий, собранных всеми рабочими заданного цеха;

- *Создать ведомость* для начисления заработной платы рабочих заданного цеха. Определить средний размер заработной платы работников этого цеха.

Вариант № 4

Исходные данные:

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** тип заказа (по городу, область, Украина, Европа, …), цена 1 мин. разговора.
- ***Заказ:*** телефон вызова, вызываемый пункт, время в минутах.

o *Рассчитать* общее количество телефонов, установленных начиная с заданного года по сегодняшний день. Выдавать по вводимой фамилии абонента номер его телефона. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилии задолжников и их телефоны.

Вариант № 5

Исходные данные:

- ***Поставка:*** поставщик, дата поставки, объем поставки.
- ***Игрушки:*** артикул, наименование, цена, нижняя и верхняя возрастные границы.
- ***Чеки: номер чека, дата продажи, сумма.***

- *Определить* стоимость наиболее дорогой игрушки и ее наименование. По введенному значению *A, B* и *X*, выводить названия игрушек, которые по стоимости не превышают *X* и подходят ребенку от *A* до *B* лет. - *Создать таблицу*, которая содержит следующую информацию: наименование игрушек, которые подходят детям от *1* до *3* лет и их цены.

Вариант № 6

Исходные данные:

- ***Студенты:*** фамилия, имя отчество студента; код группы, дата рождения.
- ***Предметы:*** наименование предмета, категория предмета (фундаментальный, профессионально-ориентированный, на выбор), тип аттестации (зачет, экзамен).

Журнал: оценки по 5 экзаменам, признак участия в общественной работе. - *Определить* общее число активистов в списке.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о начислении стипендии студентам заданной группы. Рассчитать размер стипендии по следующему алгоритму: студенту, который получил все оценки «5» и активно принимает участие в общественной работе, назначается повышенная стипендия – доплата 50 %; студенту, который получил «4» и «5», назначается обычная стипендия – ее необходимо задать; студенту, который получил одну оценку «3», но активно занимается общественной работой, также назначается обычная стипендия; другим студентам стипендия не назначается.

Вариант № 7

Исходные данные:

- ***Авторы:*** фамилия, имя отчество, название книги.
- ***Книги:*** год издания, количество экземпляров.
- ***Местоположение:*** шифр книги, номер стеллажа, номер шкафа, номер полки. - *Определить* общее количество книг в коллекции, а также число книг заданного года издания. По заданному автору и названию книги выдать информацию о местонахождении книги. - *Создать таблицу*, которая содержит информацию о книгах за-

данного автора, которые находятся в коллекции.

Вариант № 8

Исходные данные:

- ***Группа:*** факультет, шифр группы, фамилия куратора, должность.
- *Студент*. Фамилия студента, шифр группы, номер зачетной книжки, дата рождения, дата поступления.
- ***Результаты сессии:*** оценки по 5-и экзаменам и результаты сдачи 5 зачетов («З» – зачет, «Н» – незачет). o *Вычислить* средний балл, полученный каждым студентом за-

данной группы, и средний балл этой группы по каждому предмету. Определить общее количество задолженностей (по экзаменам и зачетам в сумме) каждого студента заданной группы и общее число студентов-должников той же группы.

- o *Создать таблицу*, которая содержит сведения о неуспевающих студентах: группу, фамилия и количество задолженностей.

Вариант № 9

Исходные данные:

- ***Рейсы:*** номер рейса, пункт назначения, время вылета, время прибытия, стоимость билета.

Самолеты: шифр самолета, марка, количество посадочных мест, срок службы.

- ***Билеты:*** дата вылета, количество свободных мест в самолете.

Определить: o номера рейсов и время отправления самолетов в заданный го-

род; o по заданному городу и времени отправления наличие свободных мест на рейс; o общее количество рейсов через сутки в заданный город. □ *Создать таблицу,* которая содержит номера рейсов и время отправления самолетов в заданный город.

Вариант № 10

Исходные данные:

- ***Поставка:*** артикул обуви (артикул начинается с буквы *Ж* – для женской обуви, *М* – для мужской, *Д* – для детской обуви, например: *Д0321*), наименование, объем поставки.
- ***Обувь:*** цвет, стоимость.
- *Наличие*: размер, количество**.**

Определить:

- o стоимость обуви заданного артикула, и какие размеры есть в

наличии; o общее количество пар детской обуви, имеющейся в магазине, и

ее суммарную стоимость.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию обо всех моделях женской обуви.

Вариант № 11

Исходные данные:

- ***Игроки:*** фамилия, имя, отчество, год рождения, название футбольного клуба.
- ***Футбольный клуб:*** название клуба, фамилия директора, фамилия главного тренера.
- ***Результаты:*** шифр игрока, число заброшенных им шайб, число сделанных им голевых передач, заработанное штрафное время. o *Вычислить* общее число шайб, забитых хоккеистами каждой ко-

манды, и суммарное штрафное время. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилии шести лучших

игроков, и сумму очков каждого игрока (голы + передачи).

Вариант № 12

Исходные данные:

- ***Студенты:*** фамилия, имя, дата рождения дата поступления.

Выбор дисциплины: код студента, наименование пяти дисциплин (выбираемая дисциплина отмечается символом «*1*», иначе – *пробел*).

- ***Успеваемость:*** средний балл, наличие задолженности.

o *Вычислить* количество слушателей каждой дисциплины. Определить число слушателей заданной дисциплины, у которых средний балл превышает заданный. o *Создать таблицу*, которая содержит фамилию, группу и сред-

ний балл всех слушателей заданной дисциплины. Если число их превысит заданное, то отобрать студентов, которые имеют более высокий средний балл успеваемости.

Вариант № 13

Исходные данные:

- ***Рейсы:*** номер поезда, станция назначения, время отправления, время прибытия, стоимость билета в вагоны каждого вида отдельно.

- ***Поезда:*** количество посадочных мест в купейных вагонах, плацкартных, количество мест в вагоны повышенной комфортности.
- ***Билеты:*** дата отправления, номер поезда, наличие билетов в вагоны каждого вида отдельно.

Определить:

- количество свободных мест в купейные вагоны поезда с заданным номером;
- количество поездов, которые отправляются к заданной станции назначения.

- *Создать таблицу***,** содержащую информацию о поездах, которые отправляются к заданной станции в заданном интервале времени (временной интервал задать двумя значениями, например, *13:00* и *18:30*).

Вариант № 14

Исходные данные:

- ***Сотрудники:*** табельный номер фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу.
- ***Отделы:*** номер отдела, количество сотрудников, фамилия начальника.
- ***Движение по службе***: должность, оклад, тип работы (штатный, совместитель, почасовик).
  - *Рассчитать* стаж работы всех сотрудников; средний стаж работы сотрудников заданного отдела; количество сотрудников с окладом ниже заданного.
  - *Создать таблицу*, которая содержит список сотрудников пенсионного возраста (на сегодняшний день) с указанием стажа работы.
  - *Определить разницу* в стаже работы женщин и мужнин пенсионного возраста.

Вариант № 15

Исходные данные:

- ***Пациенты:*** фамилия, имя, отчество, пол, дата рождения, местожительство (город).
- ***Палата:*** количество мест в палате.
- ***Учет:*** дата поступления, диагноз поступления, уточненный диагноз, дата выписки, если выписался).

Определить: o количество иногородних граждан, прибывших в клинику; o количество пациентов с заданным диагнозом; o количество пациентов пенсионного возраста.

- *Создать таблицу*, которая содержит список пациентов старше заданного возраста с заданным диагнозом.

Вариант № 16

Исходные данные:

- ***Пассажир:*** фамилия, шифр багажа.
- ***Багаж:*** количество вещей, вес.
- ***Учет:*** дата сдачи, время сдачи, номер секции, номер стойки.

Определить: o общий средний вес одной вещи;

o багаж, у которого средний вес одной вещи отличается не больше чем на 0,3 кг от общего среднего веса одной вещи; o количество пассажиров, которые имеют больше 2 вещей. □*Создать таблицу,* содержащую информацию о багаже, вес которого превышает заданный.

Вариант № 17

Исходные данные:

- ***Компания:*** наименование компании, дата создания компании, фамилия директора, номинал акции.
- ***Курс:*** дата, продажа, покупка.
- ***Учет:*** количество проданных акций, количество купленных акций.

Определить: o среднее количество проданных и купленных акций; o максимальное различие между курсом продажи и покупки акций; o суммарное количество акций, проданных всеми фирмами, и общую сумму, на которую они проданы.

- *Создать таблицу*, которая содержит наименование фирмы и стоимость проданных акций.

Вариант № 18

Исходные данные:

- ***Заказчик:*** фамилия, адрес, телефон.
- ***Ремонт:*** номер заказа, наименование оборудования, вид ремонта, стоимость.
- ***Учет:*** фамилия мастера, дата начала ремонта, дата окончания ремонта.

Определить: o суммарную стоимость всех заказов; o количество заказов на ремонт заданного вида; o минимальная стоимость ремонта.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о продолжительности ремонта заказов, оформленных весной: номер заказа, фамилия заказчика, наименование оборудования, продолжительность заказа.

Вариант № 19

Исходные данные:

- ***Абоненты:*** фамилия, имя, отчество, телефон, дата установки.
- ***Расценки:*** код города, стоимость *1* минуты разговора.
- ***Заказ:*** дата разговора, телефон вызова, вызываемый пункт, продолжительность в минутах. *Определить:* o максимальную стоимость разговора; o суммарную стоимость всех разговоров; o общее количество разговоров в город с заданным кодом. □*Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости разговоров, которые состоялись в интервале между двумя заданными датами.

Вариант № 20

Исходные данные:

- ***Товары:*** шифр товара, наименование товара, категория (*A, B, C*), страна-производитель.
- ***Поставка:*** дата поставки, поставщик (наименование фирмы), объем, оптовая цена.
- ***Учет:*** дата продажи, розничная цена, количество проданного товара.

o По заданному шифру товара выдавать информацию о нем.

Определить: o суммарную прибыль от продажи всех товаров;

- наименование товаров, продаваемых по наивысшей и наиболее низкой цене.

- *Создать таблицу*, которая содержит наименование товара и суммарную выручку.

Вариант № 21

Исходные данные:

- ***Продукция***: номер цеха изготовителя, наименование изделия
- ***Стоимость:*** код изделия, себестоимость
- ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных изделий, цена.

Определить: o суммарное различие между себестоимостью и ценой всех изго-
товленных изделий; o общее количество изделий, изготовленных до заданной даты; o цену изделия по заданному наименованию.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о товарах, изготовленных в заданном цехе.

Вариант № 22

Исходные данные:

- ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.
- ***Расценки:*** разряд, стоимость одного часа.
- ***Учет:*** дата, количество отработанных часов.

Определить: o среднее количество часов, отработанных за день; o максимальную стоимость одного часа; o по заданной дате количество отработанных часов.

- *Создать таблицу*, которая содержит следующие сведения о работниках заданного цеха: o фамилия работника; o суммарная стоимость отработанного им времени.

Вариант № 23

Исходные данные:

- ***Клиенты:*** фамилия, адрес, телефон**.**
- ***Заказ:*** номер заказа, наименование изделия, фамилия мастера.
- ***Учет:*** дата приема, дата выполнения заказа, стоимость заказа.

Определить: o количество заказов, выполненных мастером с заданной фа-

милией; o стоимость самого дорого

заказа; o среднюю стоимость

заказов.

- *Создать таблицу*, которая содержит фамилию клиента, номер заказа и продолжительность его выполнения.

Вариант № 24

Исходные данные:

- ***Импортеры:*** фирма-импортер, страна, наименование товара.
- ***Поставка:*** шифр товара, объем партии в штуках, стоимость *1* штуки в условных единицах.
- ***Учет:*** дата поставки, дата получения, подтверждение приема партии. *Определить:* o суммарный объем товаров, импортированных заданной страной;

o суммарную стоимость партии товара по заданному шифру; o минимальную стоимость товара.

- *Создать таблицу,* которая содержит сведения о стоимости товаров, импортированных заданной страной. Таблица должна содержать наименование товара и суммарную стоимость партии.

Вариант № 25

Исходные данные:

- ***Рабочие:*** фамилия, имя, отчество, дата рождения, дата поступления на работу, номер цеха.
- ***Оплата:*** разряд, оплата за изготовление одной качественной детали.
- ***Учет:*** дата, количество изготовленных деталей, количество бракованных деталей. Определить: o общее количество бракованных деталей, изготовленных всеми

мастерами заданного цеха; o сумму штрафа за каждую бракованную деталь, которая состав-

ляет 20 % от оплаты за качественную работу; o фамилию мастера, который изготовил максимальное количе-

ство качественных деталей.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения об оплате труда рабочих. Таблица должна содержать фамилию рабочего, номер цеха и сумму к

выплате с учетом штрафа и налога (налог составляет 15 % от стоимости оплаты).

Вариант № 26

Исходные данные:

- ***Отделение:*** номер отделения, фамилию заведующего, номер корпуса, этаж.
- ***Лечение:*** шифр болезни, продолжительность.
- ***Оплата:*** диагностика, стоимость *1* дня лечения, затраты на лекарство.
- ***Суммарная стоимость:*** отработанного им времени.

Определить:
- по названию болезни затраты на лекарство;
- среднюю стоимость *1* дня лечения;
- рассчитать суммарную стоимость лечения каждой болезни, включая затраты на лекарство.

- *Создать таблицу*, которая содержит сведения о стоимости лечения в заданном отделении.

Вариант № 27

Исходные данные:

- ***Книги:*** наименование книги, фамилия автора, издательство, год издания, тираж.
- ***Магазины:*** шифр книги, номер магазина, цена.
- ***Учет продаж:*** код продажи, продано, остаток.

Определить:
- количество проданных книг в заданном магазине;
- суммарную стоимость всех непроданных книг;
- среднюю цену одной книги.

- *Создать таблицу,* которая содержит суммарную стоимость книг, проданных каждым магазином.

Вариант № 28

Исходные данные:

- ***Детали:*** наименование детали, цех-изготовитель
- ***Изготовление:*** шифр материала, шифр детали, затрата материала на *1* деталь.

- ***Учет:*** дата изготовления, количество изготовленных деталей, количество брака.

Определить: o для всех деталей суммарные затраты материала на брак; o количество качественных деталей; o деталь, на которую тратится более всего материала. □

Создать таблицу, которая содержит шифр детали и процент брака.

Вариант № 29

Исходные данные:

- ***Лекарство:*** название лекарства, категория (антибиотик, жаропонижающее, витамины, противовоспалительное, антидепрессант), дата изготовления, дата истечения срока.
- ***Стоимость:*** шифр лекарства, код аптеки, цена за *1* упаковку.
- ***Продажа:*** количество проданных упаковок, остаток.

Определить: o суммарное количество упаковок лекарства, проданных всеми аптеками и принадлежащее заданной категории.

- o стоимость всех непроданных упаковок;
- o среднюю стоимость лекарства.

- *Создать таблицу*, которая содержит информацию о просроченных лекарствах: номер аптеки, название, категория и дату истечения срока.

Вариант № 30

Исходные данные:

- ***Продавцы:*** табельный номер, фамилия, имя, отчество, дата рождения.
- ***Товары:*** шифр товара, тип товара, сложность продажи (средняя, высокая);
- ***Журнал регистрации:*** количество проданных товаров по дням недели (понедельник, вторник, ..., суббота); *Определить:* o общее количество товаров, проданных каждым продавцом; o фамилия продавца, который продал наибольшее число товаров, и определить день, когда он достиг наивысшей производительности труда.
- *Создать таблицу,* которая содержит следующую информацию: фамилия продавца и общее количество товаров, проданное им за неделю.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. *Бекаревич Ю. Б., Пушкина Н. В*. СПб.: БХВ - Петербург, 2016. 464 с. (Самоучитель Microsoft Access 2013).

2. *Гурвиц Г.* Microsoft Access 2013. Разработка приложений на реальном примере:
М., 2012. 258 с.

3. *Одиночкина С. В.* Разработка баз данных в Microsoft Access 2010, НИУ ИТМО, 2012. 81 с.

Дополнительная литература:

1. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание базы данных. Урок 1. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=uCenTUX1QcQ

2. *Домострой А.* MS Access 2013. Таблицы. Урок 2. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VDuyue8ra2Q

3. *Домострой А.* MS Access 2013. Запросы. Урок 3. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=nSIHUvfBy34

4. *Домострой А.* MS Access 2013. Формы. Урок 4. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=54ZZhSYrz8s

5. *Домострой А.* MS Access 2013. Многотабличные формы. Урок 5. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=ou-1q4Q6NjY

6. *Домострой А.* MS Access 2013. Создание отчетов. Урок 6. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=PrH-S8r0nlE

7. *Домострой А.* MS Access 2013. Главная Кнопочная форма Урок 7. Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=Ou0HJtzypOU

8. *Макарова Н. В.* Информатика: учебник для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб: Питер, 2011. 576 с.: ил.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

ПРИКЛАДНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Дружинин А.В., доцент, канд. техн. наук

Одобрены на заседании кафедры

Информатики
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

Дружинин А.В.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

_____
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

Мочалова Л.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Оглавление

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП.....3
Тема 1.1 Введение в предмет. Понятие ППП.....4
Тема 1.2 Структура и основные компоненты ППП.....10
Тема 1.3 Эволюция ППП. Примеры современных ППП.....13
ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE.....22
Тема 2.1 Структура и состав MS Office. Основные приложения 23
Тема 2.2 Введение в офисное программирование.....29
Тема 2.3 Макросы. Использование макрорекордера.....34
Тема 2.4 Среда разработки VBA.....38

ЧАСТЬ I. ПОНЯТИЕ ППП
ТЕМА 1.1 ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ. ПОНЯТИЕ ППП

Цели и задачи дисциплины

- Изучение основных принципов, используемых в разработке интегрированных программных продуктов.
- Изучение структуры, состава и назначения компонентов интегрированного ПО, а также средств организации взаимодействия между компонентами и инструментальных средств расширения функциональности.
- Формирование навыков работы со средствами автоматизации решения прикладных задач.
- Формирование навыков использования встроенных средств разработки.
- Требования к уровню освоения дисциплины
- В результате изучения дисциплины студенты должны:
- знать принципы построения прикладных информационных систем
- уметь использовать современные программные средства для обработки разнородной информации;
- уметь автоматизировать процесс решения прикладных задач с помощью встроенных языков программирования;
- иметь представление о современном состоянии и тенденциях развития рынка прикладного ПО.

Основные понятия и определения

Информационная система (ИС) - организационно упорядоченная совокупность документов (массивов документов) и информационных технологий, в том числе с использованием средств вычислительной техники и связи, реализующих информационные процессы. Информационные системы предназначены для хранения, обработки, поиска, распространения, передачи и представления информации.

Автоматизированная (информационная) система (АС) - совокупность программных и аппаратных средств, предназначенных для хранения и/или управления данными и ин-

формацией и производства вычислений и управляемая человеком-оператором (в этом главное отличие автоматизированной системы от автоматической).

Многоуровневое представление ИС - модель представления информационной системы в виде совокупности взаимосвязанных уровней, разделенных по функциональному назначению (рис. 1).



Рис. 1. Многоуровневое представление информационных систем.

Аппаратное обеспечение ИС - комплекс электронных, электрических и механических устройств, входящих в состав информационной системы или сети.

Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ и данных, предназначенных для решения определенного круга задач и хранящиеся на машинных носителях.

Программа — последовательность формализованных инструкций, представляющих алгоритм решения некоторой задачи и предназначенная для исполнения устройством управления вычислительной машины. Инструкции программы записываются при помощи машинного кода или специальных языков программирования. В зависимости от контекста термин «программа» может относится к исходным текстам, при помощи которых записывается алгоритм, или к исполняемому машинному коду.

Программист - специалист, занимающийся разработкой и проверкой программ. Различают системных и прикладных программистов.

Пользователь - человек, принимающий участие в управлении объектами и система ми некоторой предметной области и являющийся составным элементом автоматизированной системы.

Прикладное программное обеспечение - программное обеспечение, ориентированное на конечного пользователя и предназначенное для решения пользовательских задач.
Прикладное ПО состоит из:

- отдельных прикладных программ и пакетов прикладных программ, предназначенных для решения различных задач пользователей;
- автоматизированных систем, созданных на основе этих пакетов.

Пакет прикладных программ - комплект программ, предназначенных для решения задач из определенной проблемной области. Обычно применение пакета прикладных программ предполагает наличие специальной документации: лицензионного свидетельства, паспорта, инструкции пользователя и т.п.

Классификация программного обеспечения

Любая классификация подразумевает выбор некоторого группировочного признака (или нескольких), на основании которого и производится отнесение объектов к тому или иному классу. Так, при классификации программного обеспечения по способу распространения можно выделить следующие категории список не полный):

- Commercial Software - коммерческое (с ограниченными лицензией возможностями на использование), разрабатываемое для получения прибыли.
- Freeware - свободное ПО, распространяемое без ограничений на использование, модификацию и распространение.
- Shareware - условно-бесплатное ПО, с частичными ограничениями при работе в ознакомительном режиме (например, определенное количество запусков программы).
- Abandonware - «заброшенное» ПО, поддержка которого непосредственным разработчиком прекращена, но продолжается третьими лицами (например, партнерами или энтузиастами).
- Adware - ПО, в код которого включены рекламные материалы. Такое ПО распространяется бесплатно, но для отключения рекламных блоков необходима оплата.
- Careware - «благотворительное» ПО, оплату за которое разработчик (или распро странитель) просит переводить на благотворительные нужды.

При классификации программного обеспечения по назначению в качестве критерия используют уровень представления ИС, на который ориентирована та или иная программа.
Соответственно выделяют следующие классы ПО:

1. Системное ПО - решает задачи общего управления и поддержания работоспособности системы в целом. К этому классу относят операционные системы, менеджеры загрузки, драйверы устройств, программные кодеки, утилиты и программные средства защиты информации.
2. Инструментальное ПО включает средства разработки (трансляторы, отладчики, интегрированные среды, различные SDK и т.п.) и системы управления базами данных (СУБД).
3. Прикладное ПО - предназначено для решения прикладных задач конечными пользователями.

Прикладное ПО - самый обширный класс программ, в рамках которого возможна дальнейшая классификация, например, по предметным областям. В этом случае группировочным признаком является класс задач, решаемых программой. Приведем несколько примеров:

- Офисные приложения - предназначены для автоматизации офисной деятельности (текстовые редакторы и процессоры, электронные таблицы, редакторы презентаций и т.п.)
- Корпоративные информационные системы - бухгалтерские программы, системы корпоративного управления, системы управления проектами (Project Management), инструменты автоматизации документооборота (EDM-системы) и управления архивами документов (DWM-системы)
- Системы проектирования и производства - системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD/CAM-системы), системы управления технологическими (SCADA) и производственными (MES) процессами
- Научное ПО - системы математического и статистического расчета, анализа и моделирования
- Геоинформационные системы (ГИС)
- Системы поддержки принятия решений (СППР)
- Клиенты доступа к сетевым сервисам (электронная почта, веб-браузеры, передача сообщений, чат-каналы, клиенты файлообменных сетей и т.п.)
- Мультимедийное ПО - компьютерные игры, средства просмотра и редактирования аудио- и видеоинформации, графические редакторы и вьюеры, анимационные редакторы и т.п.

С точки зрения конечного пользователя такая классификация оправданна и наглядна, для разработчика же более значимым фактором является структура прикладной программы, в общем случае состоящей из нескольких компонентов. Назначение этих компонентов, связи между ними и способность к взаимодействию определяют интеграцию прикладного ПО. Чем теснее связаны программные компоненты, тем выше степень интеграции.

В зависимости от степени интеграции многочисленные прикладные программные средства можно классифицировать следующим образом[1]:

1. отдельные прикладные программы;
2. библиотеки прикладных программ;
3. пакеты прикладных программ;
4. интегрированные программные системы.

Отдельная прикладная программа пишется, как правило, на некотором высокоуровневом языке программирования (Pascal, Basic и т.п.) и предназначается для решения конкретной прикладной задачи. Такая программа может быть реализована в виде набора модулей, каждый из которых выполняет некоторую самостоятельную функцию (например, модуль пользовательского интерфейса, модуль обработки ошибок, модуль печати и т.п.).
При этом доступ к функциям модулей из внешних программ невозможен.

Библиотека представляет собой набор отдельных программ, каждая из которых решает некоторую прикладную задачу или выполняет определенные вспомогательные функции (управление памятью, обмен с внешними устройствами и т.п.). Библиотеки программ зарекомендовали себя эффективным средством решения вычислительных задач. Они интенсивно используются при решении научных и инженерных задач с помощью ЭВМ.
Условно их можно разделить на библиотеки общего назначения и специализированные библиотеки.

Пакет прикладных программ (ППП) - это комплекс взаимосвязанных программ, ориентированный на решение определенного класса задач. Формально такое определение не исключает из числа пакетов и библиотеки программ, однако у ППП, как отдельной категории, есть ряд особенностей, среди которых: ориентация на решение классов задач, унифицированный интерфейс, наличие языковых средств.

[1] Следует отметить отсутствие безусловных границ между перечисленными формами прикладного программного обеспечения

Интегрированная программная система - это комплекс программ, элементами которого являются различные пакеты и библиотеки программ. Примером служат системы автоматизированного проектирования, имеющие в своем составе несколько ППП различного назначения. Часто в подобной системе решаются задачи, относящиеся к различным классам или даже к различным предметным областям.

Понятие пакета прикладных программ

Итак, пакет прикладных программ (ППП) – это комплекс взаимосвязанных программ для решения определенного класса задач из конкретной предметной области. На текущем этапе развития информационных технологий именно ППП являются наиболее востребованным видом прикладного ПО. Это связано с упомянутыми ранее особенностями ППП. Рассмотрим их подробней:

- Ориентация на решение класса задач. Одной из главных особенностей является ориентация ППП не на отдельную задачу, а на некоторый класс задач, в том числе и специфичных, из определенной предметной области. Так, например, офисные пакеты ориентированы на офисную деятельность, одна из задач которой - подготовка документов (в общем случае включающих не только текстовую информацию, но и таблицы, диаграммы, изображения). Следовательно, офисный пакет должен реализовывать функции обработки текста, представлять средства обработки табличной информации, средства построения диаграмм разного вида и первичные средства редактирования растровой и векторной графики.
- Наличие языковых средств. Другой особенностью ППП является наличие в его составе специализированных языковых средств, позволяющих расширить число задач, решаемых пакетом или адаптировать пакет под конкретные нужды. Пакет может представлять поддержку нескольких входных языков, поддерживающих различные парадигмы. Поддерживаемые языки могут быть использованы для формализации исходной задачи, описания алгоритма решения и начальных данных, организации доступа к внешним источникам данных, разработки программных модулей, описания модели предметной области, управления процессом решения в диалоговом режиме и других целей. Примерами входных языков ППП являются VBA в пакете MS Office, AutoLISP/VisualLISP в Autodesk AutoCAD, StarBasic в OpenOffice.org

- Единообразие работы с компонентами пакета. Еще одна особенность ППП состоит в наличии специальных системных средств, обеспечивавших унифицированную работу с компонентами. К их числу относятся специализированные банки данных, средства информационного обеспечения, средства взаимодействия пакета с операционной системой, типовой пользовательский интерфейс и т.п.
-

ТЕМА 1.2 СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ППП

Несмотря на разнообразие конкретных пакетных разработок, их обобщенную внутреннюю структуру можно представить в виде трех взаимосвязанных элементов1 (рис. 2):

1. входной язык (макроязык, язык управления) - представляет средство общения пользователя с пакетом;
2. предметное обеспечение (функциональное наполнение) - реализует особенности конкретной предметной области;
3. системное обеспечение (системное наполнение) - представляет низкоуровневые средства, например, доступ к функциям операционной системы.

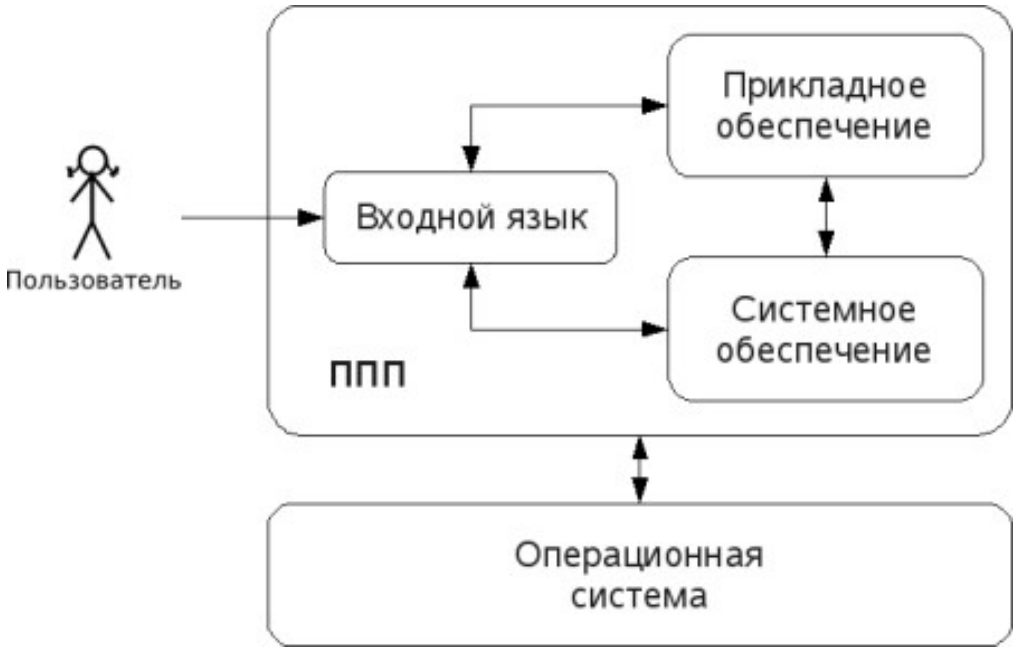


Рис. 2. Структура ППП.

Входной язык - основной инструмент при работе пользователя с пакетом прикладных программ. В качестве входного языка могут использоваться как универсальные (Pascal, Basic и

т.п.), так и специализированные, проблемно-ориентированные языки программирования (Cobol - для бизнес-приложений, Lisp - списочные структуры данных, Fortran и MathLAB - математические задачи и т.п.).

Развитый пакет может обладать несколькими входными языками, предназначенными для выполнения различных функций в рамках решаемого класса задач. Так, например, в пакете OpenOffice.org поддерживаются языки StarBasic, Python, JavaScript и Java. StarBasic является основным входным языком, предназначенным для автоматизации работы с пакетом, для этого языка имеется интегрированная среда разработки и встроенный отладчик. Скрипты на языках Python и JavaScript загружаются и исполняются из внешних файлов. На Java (через SDK и функции API OpenOffice) можно создавать модули расширения и полнофункциональные приложения-компоненты.

Входные языки отражают объем и качество предоставляемых пакетом возможностей, а также удобство их использования. Таким образом, именно входной язык является основным показателем возможностей ППП. Однако стоит отметить, что в современных пакетах обращение пользователя к языковым средствам обычно происходит косвенно, через графический интерфейс.

Предметное обеспечение отражает особенности решаемого класса задач из конкретной предметной области и включает:

- программные модули, реализующие алгоритмы (или их отдельные фрагменты) прикладных задач;
- средства сборки программ из отдельных модулей.

Наиболее распространено в настоящее время оформление программных модулей в виде библиотек, подключаемых статически или динамически. В зависимости от использованного разработчиками подхода к проектированию и реализации ППП такие библиотеки содержат встроенные классы и описания их интерфейсов (при использовании объектно-ориентированного программирования). При использовании парадигмы структурного программирования в библиотечных модулях содержатся процедуры и функции, предназначенные для решения некоторых самостоятельных задач. В обоих случаях библиотеки связаны с другими модулями пакета лишь входной и выходной информацией.

Системное обеспечение представляет собой совокупность низкоуровневых средств (программы, файлы, таблицы и т.д.), обеспечивающих определенную дисциплину работы

пользователя при решении прикладных задач и формирующих окружение пакета. К системному обеспечению ППП относят следующие компоненты:

- монитор - программа, управляющая взаимодействием всех компонентов ППП;
- транслятор(ы) с входных языков - для ППП характерно использование интерпретируемых языков;
- средства доступа к данным - драйверы баз данных и/или компоненты, представляющие доступ через унифицированные интерфейсы (ODBC, JDBC, ADO, BDE и т.п.);
- информационно-справочный модуль - предоставляет функции поддержки, среди которых информационные сообщения, встроенная справочная системы и т.п.

различные служебные программы, выполняющие низкоуровневые операции (автосохранение, синхронизация совместно используемых файлов и т.д.)

Приведенная логическая структура ППП достаточна условна и в конкретном ППП может отсутствовать четкое разделение программ на предметное и системное обеспечение. Например, программа планирования вычислений, относящаяся к прикладному обеспечению, может одновременно выполнять и ряд служебных функций (информационное обеспечение, связь с операционной системой и т.п.).

Кроме того, одни и те же программы в одном пакете могут относиться к предметному обеспечению, а в другом - к системному. Так, программы построения диаграмм в рамках специализированного пакета машинной графики естественно отнести к предметному обеспечению. Однако те же программы следует считать вспомогательными и относящимися к системному обеспечению, например, в пакете решения вычислительных задач.

ТЕМА 1.3 ЭВОЛЮЦИЯ ППП. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ ППП

Этапы развития ППП

Первые ППП представляли собой простые тематические подборки программ для решения отдельных задач в той или иной прикладной области, обращение к ним выполнялось с помощью средств оболочки ОС или из других программ. Современный пакет является сложной программной системой, включающей специализированные системные и языковые средства. В относительно короткой истории развития вычислительных ППП можно выделить *4 основных поколения* (класса) пакетов. Каждый из этих: классов характеризуется определенными

особенностями входящих состав ППП компонентов - входных языков, предметного и системного обеспечения.

Первое поколение

В качестве входных языков ППП первого поколения использовались универсальные языки программирования (Фортран, Алгол-60 и т.п.) или языки управления заданиями соответствующих операционных систем. Проблемная ориентация входных языков достигалась за счет соответствующей мнемоники в идентификаторах. Составление заданий на таком языке практически не отличалось от написания программ на алгоритмическом языке.

Предметное обеспечение первых ППП, как правило, было организовано в форме библиотек программ, т.е. в виде наборов (пакетов) независимых программ на некотором базовом языке программирования (отсюда впервые возник и сам термин «пакет»). Такие ППП иногда называют *пакетами библиотечного типа*, или *пакетами простой структуры*.

В качестве системного обеспечения пакетов первого поколения обычно использовались штатные компоненты программного обеспечения ЭВМ: компиляторы с алгоритмических языков, редакторы текстов, средства организации библиотек программ, архивные системы и т.д. Эти пакеты не требовали сколько-нибудь развитой системной поддержки, и для их функционирования вполне хватало указанных системных средств общего назначения. В большинстве случаев разработчиками таких пакетов были прикладные программисты, которые пытались приспособить универсальные языки программирования к своим нуждам.

Второе поколение

Разработка ППП второго поколения осуществлялась уже с участием системных программистов. Это привело к появлению специализированных входных языков на базе универсальных языков программирования. Проблемная ориентация таких языков достигалась не только за счет использования определенной мнемоники, но также применением соответствующих языковых конструкций, которые упрощали формулировку задачи и делали ее более наглядной. Транслятор с такого языка представлял собой препроцессор (чаще всего макропроцессор) к транслятору соответствующего алгоритмического языка.

В качестве модулей в пакетах этого класса стали использоваться не только программные единицы (т.е. законченные программы на том или ином языке программирования), но и такие объекты, как последовательность операторов языка программирования, совокупность данных, схема счета и др.

Существенные изменения претерпели также принципы организации системного обеспечения ППП. В достаточно развитых пакетах второго поколения уже можно выделить элементы системного обеспечения, характерные для современных пакетов: монитор, трансляторы с входных языков, специализированные банки данных, средства описания модели предметной области и планирования вычислений и др.

Третье поколение

Третий этап развития ППП характеризуется появлением самостоятельных входных языков, ориентированных на пользователей-непрограммистов. Особое внимание в таких ППП уделяется системным компонентам, обеспечивающим простоту и удобство. Это достигается главным образом за счет специализации входных языков и включения в состав пакета средств автоматизированного планирования вычислений.

Четвертое поколение

Четвертый этап характеризуется созданием ППП, эксплуатируемых в интерактивном режиме работы. Основным преимуществом диалогового взаимодействия с ЭВМ является возможность активной обратной связи с пользователем в процессе постановки задачи, ее решения и анализа полученных результатов. Появление и интенсивное развитие различных форм диалогового общения обусловлено прежде всего прогрессом в области технических средств (графическая подсистема ЭВМ и средства мультимедиа, сетевые средства). Развитие аппаратного обеспечения повлекло за собой создание разнообразных программных средств поддержки диалогового режима работы (диалоговые операционные системы, диалоговые пакеты программ различного назначения и т. д.).

Прикладная система состоит из *диалогового монитора* - набора универсальных программ, обеспечивающих ведение диалога и обмен данными, и базы знаний об области. Информация о структуре, целях и форма диалога задает сценарий, в соответствии с который монитор управляет ходом диалога. Носителями процедурных знаний о предметной области являются прикладные модули, реализующие функции собственной системы. Таким образом, создание прикладной системы сводится к настройке диалогового монитора на конкретный диалог, путем заполнения базы знаний. При этом программировать в традиционном смысле этого слова приходится лишь прикладные модули, знания о диалоге вводятся в систему с помощью набора соответствующих средств - редактора сценариев. Логично требовать, чтобы редактор сценариев также представлял собой диалоговую программу, отвечавшую

рассмотренным выше требованиям. Благодаря готовому универсальному монитору программист может сосредоточиться на решении чисто прикладных задач, выделение же знаний о диалоге в сценарий обеспечивает в значительной степени необходимая гибкость программного продукта.

Большое внимание в настоящее время уделяется проблеме создания *«интеллектуальных ППП»*. Такой пакет позволяет конечному пользователю лишь сформулировать свою задачу в содержательных терминах, не указывая алгоритма ее решения. Синтез решения и сборка целевой программы производятся автоматически. При этом детали вычислений скрыты от пользователя, и компьютер становится интеллектуальным партнером человека, способным понимать его задачи. Предметное обеспечение подобного ППП представляет собой некоторую базу знаний, содержащую как процедурные, так и описательные знания. Такой способ решения иногда называют концептуальным программированием, характерными особенностями которого является программирование в терминах предметной области использование ЭВМ уже на этапе постановки задач, автоматический синтез программ решения задачи, накопление знаний о решаемых задачах в базе знаний.

Краткий обзор некоторых ППП

Для иллюстрации ранее рассмотренных материалов приведем несколько примеров современных пакетов прикладных программ из различных предметных областей. Учитывая, что постоянно появляются новые версии программных продуктов, здесь будут рассматриваться не возможности конкретных версий, а лишь основные структурные компоненты, входящие в состав того или иного пакета.

Autodesk AutoCAD

Основное назначение ППП AutoCAD - создание чертежей и проектной документации. Современные версии этого пакета представляют существенно большие возможности, среди которых построение трехмерных твердотельных моделей, инженерно-технические расчеты и многое другое.

Первые версии системы AutoCAD, разрабатываемой американской фирмой Autodesk, появились еще в начале 80-х годов двадцатого века, и сразу же привлекли к себе внимание своим оригинальным оформлением и удобством для пользователя. Постоянное развитие системы, учет замечаний, интеграция с новыми продуктами других ведущих фирм сделали

AutoCAD мировым лидером на рынке программного обеспечения для автоматизированного проектирования.

Языковые средства

В основе языковых средств ППП AutoCAD - технология Visual LISP, базирующаяся на языке AutoLISP (подмножество языка LISP) и используемая для создания приложений и управления в AutoCAD. Visual LISP представляет полное окружение, включающее:

- Интегрированную среду разработки, облегчающую написание, отладку и сопровождение приложений на AutoLISP
- Доступ к объектам ActiveX и обработчикам событий
- Защиту исходного кода
- Доступ к файловым функциям операционной системы
- Расширенные функции языка LISP для обработки списочных структур данных.

Для разработчиков совместимых приложений в AutoCAD включена поддержка ObjectARX. Это программное окружение представляет объектно-ориентированный интерфейс для приложений на языках C++, C# и VB.NET и обеспечивает прямой доступ к структурам БД, графической подсистеме и встроенным командам пакета.

Кроме того, в AutoCAD имеется поддержка языка Visual Basic for Applications (VBA), что позволяет использовать этот пакет совместно с другими приложениями, в частности, из семейства Microsoft Office.

Предметное обеспечение

К предметному обеспечению пакета в первую очередь относятся функции построения примитивов - различных элементов чертежа. Простые примитивы - это такие объекты как точка, отрезок, круг (окружность) и т.д. К сложным примитивам относятся: полилиния, мультилиния, мультитекст (многострочный текст), размер, выноска, допуск, штриховка, вхождение блока или внешней ссылки, атрибут, растровое изображение. Кроме того, есть пространственные примитивы, видовые экраны и пр. Операции построения *большей части* примитивов могут быть выполнены через пользовательский интерфейс, *все* - через команды языка.

Высокоуровневые средства представлены расширениями и приложениями AutoCAD для конкретных предметных областей. Например в машиностроении используется Autodesk

Mechanical Desktop - предназначенный для сложного трехмерного моделирования, в том числе валов и пружин. Для проектирования деталей из листовых материалов предназначена система Copra Sheet Metal Bender Desktop (разработчик - Data-M Software GmbH). Моделирование динамики работы механизмов может выполняться в системе Dynamic Designer (Mechanical Dynamics). В числе известных архитектурных и строительных приложений можно отметить системы АРКО (АПИО-Центр), СПДС GraphiCS (Consistent Software), ArchiCAD. Для проектирования промышленных объектов может использоваться система PLANT-4D (CEA Technology). Это лишь некоторые из областей использования AutoCAD.

Системное обеспечение

Среди системного обеспечения следует отметить основной формат файлов AutoCAD .dwg, который стал стандартом «де факто» для прочих САПР.

К системному же обеспечению относятся типовые и специализированные библиотеки деталей и шаблонов, использование которых позволяет существенно ускорить процесс проектирования. Здесь же упомянем требования отраслевых и государственных стандартов, которым должны соответствовать чертежи и спецификации.

Конфигурация и настройки различных режимов AutoCAD устанавливаются через т.н. системные переменные. Изменяя их значения можно задавать пути к файлам, точность вычислений, формат вывода и многое другое.

Adobe Flash

Adobe (ранее Macromedia) Flash - это технология и инструментарий разработки интерактивного содержания с большими функциональными возможностями для цифровых, веб- и мобильных платформ. Она позволяет создавать компактные, масштабируемые анимированные приложения (ролики), которые можно использовать как отдельно, так и встраивая в различное окружение (в частности, в веб-страницы). Эти возможности обеспечиваются следующими компонентами технологии: языком Action Script, векторным форматом .swf и видеоформатом .flv, всевозможными flash-плейерами для просмотра и редакторами для создания.

Рассмотрим интегрированную среду Adobe Flash как основное средство создания flash-приложений. При этом отметим, что языковые и системные средства относятся не только к этому пакету, а к технологии в целом.

Язык ActionScript

ActionScript — объектно-ориентированный язык программирования, который добавляет интерактивность, обработку данных и многое другое в содержимое Flash-приложений. Синтаксис ActionScript основан на спецификации ECMAScript (сюда же относятся языки JavaScript и JScript). Библиотека классов ActionScript, написанная на C++, представляет доступ к графическим примитивам, фильтрам, принтерам, геометрическим функциям и пр.

ActionScript как язык появился с выходом 5 версии Adobe (тогда еще Macromedia) Flash, которая стала первой программируемой на ActionScript средой. Первый релиз языка назывался ActionScript 1.0. Flash 6 (MX). В 2004 году Macromedia представила новую версию ActionScript 2.0 вместе с выходом Flash 7 (MX 2004), в которой было введено строгое определение типов, основанное на классах программирование: наследование, интерфейсы и т. д. Также Macromedia была выпущена модификация языка Flash Lite для программирования под мобильные телефоны. ActionScript 2.0 является не более чем надстройкой над ActionScript 1.0, то есть на этапе компиляции ActionScript 2.0 осуществляет некую проверку и превращает классы, методы ActionScript 2.0 в прежние прототипы и функции ActionScript 1.0.

В 2005 году вышел ActionScript 3.0 в среде программирования Adobe Flex, а позже в Adobe Flash 9.

ActionScript 3.0 (текущая версия на момент подготовки этого материала) представляет, по сравнению с ActionScript 2.0 качественное изменение, он использует новую виртуальную машину AVM 2.0 и дает взамен прежнего формального синтаксиса классов настоящее классовое (class-based) Объектно-ориентированное программирование. ActionScript 3.0 существенно производительней предыдущих версий и по скорости приблизился к таким языкам программирования, как Java и C++.

С помощью ActionScript можно создавать интерактивные мультимедиа-приложения, игры, веб-сайты и многое другое.

Системное обеспечение

ActionScript исполняется виртуальной машиной (ActionScript Virtual Machine), которая является составной частью Flash Player. ActionScript компилируется в байткод, который включается в SWF-файл.

SWF-файлы исполняются Flash Player-ом. Flash Player существует в виде плагина к веб-браузеру, а также как самостоятельное исполняемое приложение. Во втором случае возможно создание исполняемых exe-файлов, когда swf-файл включается во Flash Player.

Для создания и просмотра видеофайлов в формате flv используются программные кодеки, поддерживающие этот формат.

Прикладное обеспечение

К прикладному обеспечению в рамках технологии Flash относятся средства создания роликов в форматах .swf, .flv и .exe. Основным инструментом является среда среда Adode Flash, включающая различные средства для создания и редактирования мультимедийного содержания, в т.ч. видео- и аудиофайлов, интегрированную среду разработки на ActionScript и множество дополнительных функций упрощения процесса создания роликов.

Пакет MatLab

MatLab (сокращение от англ. «Matrix Laboratory») — пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений, и язык программирования, используемый в этом пакете. По данным фирмы-разработчика, более 1000000 инженерных и научных работников используют этот пакет, который работает на большинстве современных операционных систем, включая GNU/Linux, Mac OS, Solaris и Microsoft Windows.

Язык MatLab

MATLAB как язык программирования был разработан Кливом Моулером (англ. Cleve Moler) в конце 1970-х годов. Целью разработки служила задача использования программных математических библиотек Linpack и EISPACK без необходимости изучения языка Фортран. Акцент был сделан на матричные алгоритмы.

Программы, написанные на MATLAB, бывают двух типов — функции и скрипты. Функции имеют входные и выходные аргументы, а также собственное рабочее пространство для хранения промежуточных результатов вычислений и переменных. Скрипты же используют общее рабочее пространство. Как скрипты, так и функции не компилируются в машинный код, а сохраняются в виде текстовых файлов. Существует также возможность сохранять так называемые pre-parsed программы — функции и скрипты, приведенные в вид, удобный для машинного исполнения и, как следствие, более быстрые по сравнению с обычными.

Системное обеспечение

Язык MATLAB является высокоуровневым интерпретируемым языком программирования, включающим основанные на матрицах структуры данных, широкий спектр функций, интегрированную среду разработки, объектно-ориентированные возможности и интерфейсы к программам, написанным на других языках программирования. Имеются интерфейсы для получения доступа к внешним данным, клиентам и серверам, общающимся через технологии Component Object Model (COM) или Dynamic Data Exchange (DDE), а также периферийным устройствам, которые взаимодействуют напрямую с MATLAB. Многие из этих возможностей известны под названием MATLAB API.

Встроенная среда разработки позволяет создавать графические интерфейсы пользователя с различными элементами управления, такими как кнопки, поля ввода и другими. С помощью компонента MATLAB Compiler эти графические интерфейсы могут быть преобразованы в самостоятельные приложения.

Для MATLAB имеется возможность создавать специальные наборы инструментов (англ. toolbox), расширяющие его функциональность. Наборы инструментов представляют собой коллекции функций, написанных на языке MATLAB для решения определенного класса задач.

Прикладное обеспечение

MATLAB предоставляет удобные средства для разработки алгоритмов, включая высокоуровневые с использованием концепций объектно-ориентированного программирования. В нем имеются все необходимые средства интегрированной среды разработки, включая отладчик и профайлер.

MATLAB предоставляет пользователю большое количество (несколько сотен) функций для анализа данных, покрывающие практически все области математики, в частности:

- Матрицы и линейная алгебра — алгебра матриц, линейные уравнения, собственные значения и вектора, сингулярности, факторизация матриц и другие.
- Многочлены и интерполяция — корни многочленов, операции над многочленами и их дифференцирование, интерполяция и экстраполяция кривых и другие.
- Математическая статистика и анализ данных — статистические функции, статистическая регрессия, цифровая фильтрация, быстрое преобразование Фурье и другие.

- Обработка данных — набор специальных функций, включая построение графиков, оптимизацию, поиск нулей, численное интегрирование (в квадратурах) и другие.
- Дифференциальные уравнения — решение дифференциальных и дифференциально-алгебраических уравнений, дифференциальных уравнений с запаздыванием, уравнений с ограничениями, уравнений в частных производных и другие.
- Разреженные матрицы — специальный класс данных пакета MATLAB, использующийся в специализированных приложениях.

В составе пакета имеется большое количество функций для построения графиков, в том числе трехмерных, визуального анализа данных и создания анимированных роликов, функции для создания алгоритмов для микроконтроллеров и других приложений.

ЧАСТЬ II. ППП MS OFFICE

ТЕМА 2.1 СТРУКТУРА И СОСТАВ MS OFFICE. ОСНОВНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

Структура MS Office и назначение компонентов

ППП Microsoft Office - это совокупность программных средств автоматизации офисной деятельности. В состав пакета входит множество приложений, каждое из которых предназначено для выполнения определенных функций и может быть использовано автономно и независимо от остальных. Весь набор офисных приложений можно разделить на *основные* и *дополнительные*.

Основные компоненты Microsoft Office

Список и назначение основных компонентов, входящих в состав Microsoft Office приведен в таб. 1.

Таблица 1. Основные компоненты Microsoft Office

Название приложения	Функциональное назначение приложения
Microsoft Word	Текстовый процессор
Microsoft Excel	Табличный процессор
Microsoft PowerPoint	Система подготовки презентаций
Outlook	Система управления персональной информацией

Microsoft Access	Система управления базами данных
Microsoft Binder	Система управления подшивками
Microsoft FrontPage	Система управления Web-узлами
Microsoft PhotoDraw	Графический редактор
Microsoft Publisher	Настольная издательская система
Microsoft Project	Система управления проектами
Microsoft Team Manager	Система управления персоналом

Дополнительные компоненты MS Office

Кроме основных компонентов, в семейство Microsoft Office входит большое количество вспомогательных приложений, которые устанавливаются (или не устанавливаются) вместе с основными. Ими можно воспользоваться из основных приложений или вызвать независимо. В таб. 2 перечислены некоторые из вспомогательных приложений.

Таблица 2. Некоторые вспомогательные приложения Microsoft Office

Название приложения	**Функциональное назначение приложения**
Microsoft Query	Интерпретатор запросов к внешним базам данных
Microsoft Organization Chart	Программа рисования блок-схем
Microsoft WordArt	Программа создания фигурных текстов
Microsoft Equation	Редактор математических формул
Microsoft Map	Программа отображения данных на географических картах
Microsoft Graph	Программа построения диаграмм
Microsoft Photo Editor	Графический редактор
Microsoft Draw	Средство рисования
Microsoft Find Fast	Служба индексации документов
Microsoft Extended Finder	Средство поиска документов в папках файловой системы и электронной почты
Microsoft Script Editor	Редактор сценариев
Microsoft ClipArt	Коллекция картинок и клипов

Панель Microsoft Office	Средство быстрого доступа к приложениям Office

Кроме основных и вспомогательных приложений, могут быть установлены и использованы различные расширения (надстройки). Их можно условно разделить на три группы:

1. *Самостоятельные приложения*, разработанные фирмой Microsoft, которые являются компонентами семейства Microsoft Office, но формально не входят в состав пакета. Примерами являются приложения Microsoft Project и Microsoft Team Manager.
2. *Надстройки* над компонентами Microsoft Office, разработанные фирмой Microsoft и представляющие собой дополнительные функции. Как правило, надстройки оформляются не в виде готовых к выполнению программ, а в виде документов специального типа: шаблонов, рабочих книг, библиотек динамической компоновки (DLL) и т.п.
3. *Приложения третьих фирм*, разработанные для пользователей Microsoft Office. В этот класс попадают как продукты сторонних фирм, так и собственные разработки пользователей. Сюда можно отнести средства распознавания текстов (OCR), автоматического перевода текста, средства управления большими массивами документов (перечисленные задачи не реализованы или слабо развиты в самом пакете MS
   Office).

Приведенный перечень основных компонентов носит условный характер, поскольку состав пакета зависит от следующих факторов:

1. *Устанавливаемый комплект (или редакция) пакета*. Пакет выпускается в нескольких редакциях, и состав приложений в разных редакциях различен.
2. *Источник установки. Установка* может быть выполнена с компакт-диска или с сетевого сервера. Наборы файлов, которые устанавливаются на компьютер, существенно различаются.
3. *Операционная система*. Microsoft Office может работать под управлением различных ОС: MS Windows и Mac OS. Эти операционные системы могут иметь разные версии и модификации, что также влияет на состав устанавливаемых компонентов.

4. *Наличие на компьютере в момент установки предшествующих версий*. Некоторые компоненты старых версий автоматически включаются в состав обновляемой версии Microsoft Office (если они уже установлены на компьютере).
5. *Параметры, заданные при установке*. В случае так называемой выборочной (т.е. по выбору пользователя) установки, можно указать несколько десятков независимых параметров, влияющих на состав пакета.

Несмотря на большое число различных приложений в составе пакета, все они в совокупности образуют единое целое. Для каждого из приложений MS Office характерно наличие следующих отличительных признаков:

1. совместимость по данным;
2. унифицированный интерфейс;
3. единые средства программирования.

Документы Microsoft Office

Единица данных самого верхнего уровня структуризации в Microsoft Office называется **документом.**

Документы классифицируются по типам в зависимости от того, какого сорта информация в них хранится. Как правило, документы разных типов обрабатываются разными приложениями Microsoft Office. Основные типы документов, с которыми работают программы Microsoft Office, перечислены в таб. 3.

Таблица 3. Основные типы документов Microsoft Office

Название	Расширение	Приложение	Краткое описание
Документ	.doc	Word	Основной тип документов Word. Содержит форматированный текст, т.е. текст с дополнительной информацией о шрифтах, отступах, интервалах и т.п., а также рисунки, таблицы и другие элементы
Рабочая книга	.xls	Excel	Основной тип документов Excel. Содержит данные различных типов: формулы, диаграммы и макросы
База данных	.mdb	Access	Основной тип документов Access. Содержит как собственно базу данных, то есть совокупность таблиц, так и соответствующие запросы, макросы, модули, формы и отчеты

Презентация	.ppt	PowerPoint	Основной тип документов PowerPoint. Содержит презентацию, состоящую из набора слайдов, заметок выступающего, раздаточных материалов и другой информации
Публикация	.pub	Publisher	Основной тип документов Publisher. Как и Word, содержит форматированный текст, рисунки, таблицы и т.п.
План проекта	.mpp	Project	Основной тип документов Project. Содержит календарный план проекта, описание задач, ресурсов и их взаимосвязи

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: входящие в состав пакета MS Office приложения способны тесно взаимодействовать при решении прикладных задач; они создают единую информационную среду и позволяют обмениваться объектами. Документы Microsoft Office являются частными примерами объектов. Поэтому Microsoft Office является *документо-ориентированным пакетом* (средой).

Программная среда

Основным средством разработки приложений в MS Office является комплексное решение на основе языка Visual Basic, а именно - Visual Basic for Application (VBA). Эта технология включает макрорекордер, интерпретатор Visual Basic, интегрированную среду разработки с встроенным отладчиком, библиотеки времени выполнения (runtime library) и библиотеки типов, представляющие объекты пакета. Эти средства позволяют расширять функциональность пакета и адаптировать его к решению специализированных задач.

Интерфейс MS Office

Приложения Microsoft Office имеют унифицированный интерфейс, суть которого заключается в следующем: сходные функции имеют одинаковое обозначение (название команды или значок на кнопке), а несходные функции имеют различные обозначения.

В большей степени унификация коснулась интерфейсов таких приложений, как Microsoft Word, Microsoft Excel и Microsoft PowerPoint.

Одним из достоинств пакета Microsoft Office является последовательное использование графического интерфейса пользователя (Graphical User Interface, GUI), представляемого операционной системой и различных элементов управления. Как

правило, отдельные элементы группируются в более крупные конструкции, такие как окна, панели инструментов, меню. Рассмотрим характеристику каждой из этих групп.

Оконный интерфейс

Оконный интерфейс - такой способ организации пользовательского интерфейса программы, когда каждая интегральная часть располагается в *окне* — собственном субэкранном пространстве, находящемся в произвольном месте «над» основным экраном. Несколько окон одновременно располагающихся на экране могут перекрываться, находясь
«выше» или «ниже» друг относительно друг

В MS Office использует окна четырех типов:

- окно приложения;
- окно документа; • диалоговое окно;
- форма.

Панели инструментов

Панели инструментов - это элементы пользовательского интерфейса, на которых могут располагаются такие элементы управления, как кнопки быстрого вызова и раскрывающиеся списки. Панели инструментов разных приложений могут содержать кнопки, сходные по функциям и внешнему виду, что упрощает освоение интерфейса Microsoft Office.

Панели инструментов могут быть:

- пристыкованными вдоль границы окна приложения;
- плавающими, т.е. находится в любой части окна приложения;
- представленными в отдельных окнах; в этом случае форму и размеры панели инструментов можно менять произвольно.

Меню

Меню представляет доступ к иерархическим спискам доступных команд. Результатом выбора команды из меню может быть:

- непосредственное выполнение некоторого действия;
- раскрытие еще одного меню;

- раскрытие диалогового окна или формы.

Меню интерфейса Microsoft Office, кроме строки меню любого приложения, можно разделить (по способу перехода к ним) на раскрывающиеся и контекстные (или всплывающие).

Элементы управления

Элементы управления - это объекты оконного интерфейса, реализующие типовые операции с интерфейсом: щелчок мышью, выбор из списка, выбор вариантов, прокрутка и т.п. К элементам управления относятся следующие: кнопки, текстовые поля (или поля ввода), флажки, переключатели, списки и раскрывающиеся списки, полосы прокрутки, палитры, счетчики и прочие, специфичные для некоторых приложений или условий.

ТЕМА 2.2 ВВЕДЕНИЕ В ОФИСНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Офисное программирование — это процесс разработки приложений, предназначенных для автоматизации офисной деятельности с использованием специализированных пакетов (MS Office, OpenOffice.org или подобных).

Офисное программирование имеет ряд особенностей, отличающих его от программирования в общем смысле:

- цели разработки;
- область применения;
- макроязык;
- среда разработки;
- поддержка объектно-ориентированного программирования.

Рассмотрим эти особенности на примере MS Office.

Цели разработки

В офисной среде *программный проект неразрывно связан с документом*, хранится как часть документа и не может существовать независимо от него. *Документ, а не программа, является целью разработки.*

Стандартные возможности среды по работе с документами велики. Однако возможность изменить типовой документ, снабдив его дополнительными функциями – это одна из важнейших задач офисного программирования. Для ее решения офисная среда представляет совокупность библиотек классов, которые составляют каркас (Framework)

текстовых документов, электронных таблиц, презентаций, баз данных и приложений на основе этих документов. Всякий раз, когда создается новый документ, его каркас составляют объекты библиотек, заданные по умолчанию. Этот каркас можно существенно изменить, добавив в документ новые свойства. Расширение каркаса не требует от программиста значительных усилий – достаточно включить в него необходимые библиотеки классов.

Область применения

Область применения офисного программирования широка – от настройки отдельных документов до решения задач автоматизации офисной деятельности масштаба предприятия, в т.ч. ориентированных на совместную работу в глобальной сети.

Visual Basic for Application

Visual Basic для приложений (Visual Basic for Application, VBA) – это инструмент разработки приложений, который позволяет создавать программные продукты, решающие практически все задачи, встречающиеся в среде Windows. Эти продукты можно использовать, например, для оформления документов (подготовки текстов) или анализа данных таблиц (электронных таблиц). VBA – уникальное приложение, поскольку оно встраивается в другое приложение и расширяет его функциональные возможности.

Visual Basic for Application (VBA) - стандартный макроязык пакета Microsoft Office, предназначенный для расширения функциональных возможностей приложения в котором используется.

С помощью VBA можно:

- создать собственное диалоговое окно и придать ему требуемый внешний вид;
- создать макросы, расширяющие функциональные возможности приложения, в которое встроен VBA;
- изменить меню приложения Microsoft Office;
- управлять другим приложением Microsoft Office или принадлежащими ему данными;
- объединить данные из нескольких приложений Microsoft Office в одном документе;
- автоматически создавать или изменять страницы Web, совместно используя приложения Microsoft Office и VBA.

Для разработчика доступны следующие инструменты и средства, которые используются при создании проекта VBA:

- отладка приложений без предварительной компиляции;
- средства Win32 API;
- SQL и объекты доступа к данным для управления данными и извлечения их из внешних источников данных, таких как Microsoft SQL Server;
- построение и проверка элементов интерфейса непосредственно в среде разработки VBA (Integrated Development Environment, IDE);
- связывание программ и процедур с событиями, которые возникают в приложениях VBA.

Среда разработки

Среда приложений Office ориентирована в первую очередь на пользователей, а не на программистов и в ней можно создавать документы без всякого программирования. Поэтому программист обычно начинает работать с документами не на пустом месте, а с их заготовками, созданными пользователями, т.е. и сам программист может выступать в роли пользователя. Средства совместной работы над документами Office обеспечивают одновременную работу программистов и пользователей.

Среда MS Office предлагает два способа создания программ, отличающихся подходом к процессу: использование макрорекордера и ручное кодирование (на языке VBA). Эти подходы ориентированы на разные категории: непосредственно пользователей и программистов соответственно.

Макрорекордер (MacroRecorder) – это программный инструмент, записывающий действия пользователя при работе с документами и приложениями, с сохранением записи в виде макроса -исходного кода на языке VBA. При вызове сохраненного макроса воспроизводится вся сохраненная последовательность действий.

Макрорекордер представляет возможность создания программного проекта или, по крайней мере, его отдельных компонентов автоматически, без программирования. Для записи и воспроизведения макроса не требуется специальных знаний, поэтому пользователь может самостоятельно создавать программы (макросы), в общем случае даже не представляя себе, как они работают.

Для программиста макрорекордер полезен тем, что позволяет создавать фрагменты программы автоматически, тем самым увеличивая скорость разработки и уменьшая время отладки.

Интегрированная среда разработки на VBA (Visual Basic Environment, VBA) - встроенное в MS Office средство для написания, тестирования и отладки приложений на VBA. Среда VBA представляет все возможности для создания законченных офисных приложений, включая средства визуального проектирования пользовательского интерфейса. VBA ориентирована на использование программистами для разработки офисных приложений (это отнюдь не означает, что пользователи не могут применять VBA).

Поддержка ООП

Разработка приложений для MS Office тесно связана с парадигмой объектно-ориентированного программирования. Все документы (более того, сами компоненты пакета) в MS Office - суть объекты, наделенные собственными наборами свойств (характеристик объекта), методов (подпрограмм управления свойствами) и событий (подпрограмм, обрабатывающих изменения состояния объекта в результате некоторых действий). Соответственно, для обеспечения более полной интеграции с пакетом, входной язык (VBA) также поддерживает ООП.

Все объекты приложения MS Office образуют иерархическую структуру, которая определяет связь между ними и способ доступа. Такая структура называется объектной моделью (object model). За рамки объектной модели выходят, но также могут использоваться в офисных приложениях, внешние объекты, поддерживающие технологии DDE, OLE/ActiveX и ряд других.

В объектно-ориентированную концепцию удачно вписывается технология *визуального программирования*. Все отображаемые элементы графического интерфейса, такие как формы, элементы управления, меню и панели инструментов являются объектами, наделенными набором свойств и методов и способными реагировать на события (например, щелчки мыши, нажатия клавиш и т.п.). При визуальном подходе не требуется программного задания (хотя это и возможно) их основных свойств (например, ширина или высота, цвет фона и т.п.). Эти свойства можно задать при помощи мыши (например, ширину и высоту формы путем операции "перетаскивания" маркеров) или

установить их в окне свойств (название формы, цвет фона формы и т. д.). Таким образом, визуальное программирование делает проектирование интерфейса программы более наглядным и быстрым. При этом сохраняется возможность управлять всеми объектами и программно.

Преимущества офисного программирования

Преимущества, которые получает конечный пользователь, использующий программируемые офисные документы:

- Пользователь получает документы, обладающие новыми функциями и способные решать задачи, характерные для проблемной области пользователя.
- Пользователь находится в единой офисной среде независимо от того, с каким документом он работает в данный момент и какой программист разрабатывал этот документ.
- Большинство доступных при работе с документами функций являются общими для всех документов, поскольку их предоставляет сама офисная среда. Единый стиль интерфейса разных документов облегчает работу с ними.
- Пользователь сам, не будучи программистом, способен создавать простые виды программируемых офисных документов, постепенно совершенствуясь в этой деятельности.

Преимущества, которые получает программист, работающий в Office:

- В распоряжении программиста находится мощная интегрированная среда. Для него эта среда представлена в виде совокупности хорошо организованных объектов, доступных в языке программирования и по принципу работы ничем не отличающихся от встроенных объектов языка или объектов, создаваемых самим программистом.
- Большинство повседневных задач становятся для него простыми, – чтобы их решить, зачастую достаточно стандартных средств.
- Там, где стандартных средств не хватает, где у документа должны появиться новые функциональные возможности, где необходимо создать документ по заказу, вступает в силу язык программирования – VBA, существенная особенность которого – возможность работы с объектами любого из приложений Office.

- Офисное программирование позволяет применять на практике идеи компонентного программирования. Компонентный подход предполагает взаимодействие компонентов, создаваемых в разных программных средах, на разных языках, на разных платформах и находящихся на разных машинах. Работа с компонентами (DLL, ActiveX, AddIns, ComAddIns) является неотъемлемой частью офисного программирования.

ТЕМА 2.3 МАКРОСЫ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАКРОРЕКОРДЕРА

Макросы

Независимо от используемых операционной системы и программных приложений MS Office пользователь часто выполняет одни и те же последовательности команд для многих рутинных задач. Вместо повторения последовательности команд каждый раз, когда необходимо выполнить какую-либо задачу, можно создать макрос (macro), который вместо пользователя будет выполнять эту последовательность. Термин macro произошел от греческого слова, означающего расширенный или растянутый.

Макрос – это программа (в контексте офисного программирования - созданная автоматически), состоящая из списка команд, которые должны быть выполнены приложением.

Основными преимуществами использования макросов являются:

- повышение точности и скорости работы, поскольку компьютеры лучше приспособлены для выполнения повторяющихся задач, чем человек;
- при выполнении макросов обычно нет необходимости в присутствии человека-оператора; в случае, если макрос очень длинный и выполняет операции, требующие значительного времени (например, поиск в базе данных и сортировка), пользователь может переключиться на другое приложение.

Макрос служит для объединения нескольких различных действий в одну процедуру, которую можно легко вызвать. Этот список команд состоит в основном из макрокоманд, которые тесно связаны с приложением, в котором создается макрос – т.е. с командами Word, Excel или других приложений Microsoft Office.

Можно выделить *три основные разновидности макросов*:

1. *Командные макросы* – это наиболее распространенные макросы, обычно состоящие из операторов, эквивалентным тем или иным командам меню или параметрам диалоговых окон. Основным предназначением такого макроса является выполнение действий, аналогичных командам меню – т.е. изменение окружения и основных объектов приложения.
2. *Пользовательские функции* – работают аналогично встроенным функциям приложения. Отличие этих функций от командных макросов состоит в том, что они используют значения передаваемых им аргументов, производят некоторые вычисления и возвращают результат в точку вызова, но не изменяют среды приложения.
3. *Макрофункции* – представляют сочетание командных макросов и пользовательских функций. Они могут использовать аргументы и возвращать результат, подобно пользовательским функциям, а также могут изменять среду приложения, как и командные макросы. Чаще всего эти макросы вызываются из других макросов, и активно используются для модульного программирования.

Поддержка макросов позволяет порой обойтись вообще безо всякого программирования: достаточно включить автоматическую запись выполняемых пользователем действий и в результате получить готовый макрос, а затем назначить ему кнопку на панели инструментов или новую команду меню, которые будут использоваться для вызова. Простые макросы удается создавать, не написав вручную ни одной строки программного кода.

Для разработки же серьезных приложений приходится программировать.

Таким образом, различают 2 способа разработки макроса:

- автоматическое создание, с использованием макрорекордера;
- написание макроса "с нуля", используя язык программирования VBA.

Отметим, что возможен и комбинированный подход: фрагменты будущей программы записываются автоматически, а затем они корректируются и дополняются "рукописным" кодом.

Для записи макросов из приложений Microsoft Office используется **макрорекордер.** Это встроенный инструмент, который фиксирует все действия пользователя, включая ошибки и неправильные запуски. При выполнении макроса интерпретируется каждая

записанная макрорекордером команда точно в такой последовательности, в которой пользователь выполнял их во время записи.

Для **записи макроса** в приложении Microsoft Office можно использовать меню "Сервис/Макрос/Начать запись" или выбрать кнопку "Записать макрос" на панели инструментов Visual Basic. До начала записи нужно указать имя макроса и определить, где он будет храниться и как будет доступен. Затем выполнить действия, которые требуется сохранить в макросе. Для завершения записи нужно на панели инструментов "Остановка записи" щелкнуть кнопку "Остановить запись".

Для **выполнения макроса** необходимо:

1. Установить курсор в место вставки выполнения макроса.
2. Выбрать пункт меню "Сервис/Макрос/Макросы".
3. В появившемся диалоговом окне "Макрос" выбрать имя нужного макроса и выбрать "Выполнить".

Чтобы **просмотреть код** записанного макроса, надо выбрать меню "Сервис/Макрос/Макросы". В появившемся диалоговом окне выбрать имя нужного макроса и щелкнуть кнопку "Изменить". Исходный код указанного макроса будет загружен в окно редактора Visual Basic.

Структура записанного макроса

Макросы, создаваемые макрорекордером MS Office, сохраняются в специальной части файла данных, называемой *модулем*. Модуль VBA содержит исходный код программы на языке VBA. Фактически макрос является подпрограммой (а точнее, процедурой) VBA. Записанный макрос имеет строго определенную структуру. Ниже представлен исходный код простого макроса, созданного в Microsoft Word.

Листинг 1. Пример макроса

```
Sub Hello()
' Макрос изменяет размер, начертание шрифта, выравнивание абзаца и
' выводит надпись в активный документ MS Word
'
    Selection.Font.Size = 24
    Selection.Font.Bold = wdToggle
    Selection.ParagraphFormat.Alignment = wdAlignParagraphCenter
```

```
    Selection.TypeText Text:="Hello, World!"
End Sub
```

В общем виде структуру кода макроса можно представить следующим образом[2]:

```
Sub имяМакроса ()
' текст комментария
    Оператор1
    Оператор2 ...
    ОператорN
End Sub
```

Каждый макрос VBA начинается с ключевого слова Sub, за которым следует имя макроса. Строку, содержащую ключевое слово Sub и имя макроса, называют *строкой объявления (declaration)* макроса. За именем макроса всегда следуют пустые круглые скобки (т.к. макрос является процедурой VBA без параметров).

За строкой объявления макроса следуют строки комментариев. *Комментарий (comment)* – это строка в макросе VBA, которая не содержит инструкций, являющихся частью этого макроса. Каждая строка комментария начинается с символа апострофа ('). Комментарии содержат имя макроса и текст, который был введен пользователем в текстовое поле "Описание" ("Description") диалогового окна "Запись макроса" ("Record Macro") в момент записи этого макроса.

Сразу за объявлением макроса следует *тело макроса (body)*. Каждая строка в теле макроса состоит из одного или более операторов VBA. *Оператор VBA (statement)* – это последовательность ключевых слов и других символов, которые вместе составляют одну полную инструкцию для VBA. Макрос VBA состоит из одного или нескольких операторов.

Конец макроса выделяется ключевой строкой End Sub, завершающей тело макроса.

ТЕМА 2.4 СРЕДА РАЗРАБОТКИ VBA

Visual Basic for Application (VBA) – это система программирования, которая используется как единое средство программирования во всех приложениях Microsoft

[2] Локализованные версии пакета MS Office позволяют использовать в макросах символы национальных алфавитов (например, в идентификаторах). Однако не следует пользоваться этой сомнительной возможностью во избежании сложностей с отладкой и портированием приложений на VBA.

Office. Всякая система программирования включает в себя, по меньшей мере, три составные части:

1. Язык (или языки) программирования.
2. Среду разработки, т.е. набор инструментов для написания программ, редактирования, отладки и т.п.
3. Библиотеку (или библиотеки) стандартных программ, т.е. набор готовых программ (процедур, функций, объектов и т.д.), которые можно использовать как готовые элементы при построении новых программ.

Для создания офисных приложений в MS Office имеется *интегрированная среда разработки* (Integrated Development Environment, *IDE*) с унифицированным интерфейсом. VBA IDE – это набор инструментов разработки программного обеспечения, таких как редактор Visual Basic (Visual Basic Editor, VBA), средства отладки, средства управления проектом и т.д.

Вызов VBA IDE из любого приложения выполняется через комбинацию клавиш Alt+F11 или меню "Сервис/Макрос/Редактор Visual Basic".

Структура VBA

VBA – это стандартное интерфейсное окно, содержащее меню, панели инструментов, другие окна и элементы, которые применяются при создании проектов VBA. Общий вид окна редактора Visual Basic представлен на рис. 3.

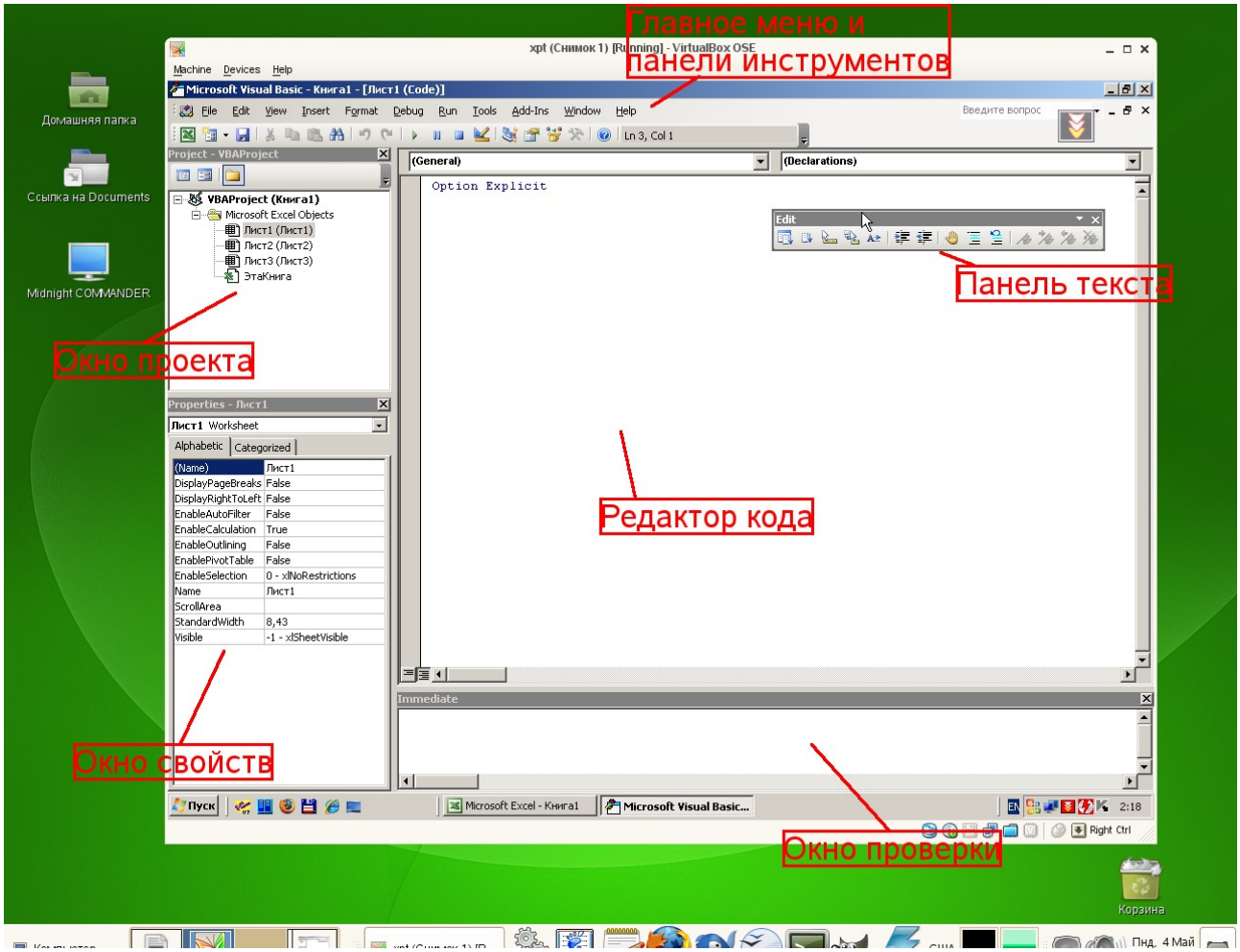


Рисунок 3. Окно редактора Visual Basic

Основными (открывающимися по умолчанию) являются три окна: окно проекта, окно свойств и окно редактирования кода. Краткое описание этих и некоторых других компонентов VBA приведено в таб. 4. Все они доступны через команды, представленные в меню "Вид".

Таблица 4. Назначение компонентов VBA

Наименование окна	**Описание**
Project (Проект)	Предназначено для отображения всех открытых проектов, а также их составляющих: модулей, форм и ссылок на другие проекты
Toolbox (Панель элементов)	Содержит элементы управления для конструирования форм
UserForm	Используется для создания форм путем размещения на них элементов

Наименование окна	Описание
	управления
Code (Программа)	Предназначено для просмотра, написания и редактирования программы на языке VBA. Поскольку среда разработки является многооконной, то для каждого модуля проекта можно открыть отдельное окно
Properties (Свойства)	Отображает свойства выделенных объектов. В этом окне можно задавать новые значения свойств формы и элементов управления
Object Browser (Просмотр объектов)	Отображает классы, свойства, методы, события и константы различных библиотек объектов. Используется для быстрого получения информации об объектах
Immediate (Проверка)	Предназначено для быстрого выполнения вводимых в него инструкций. В данном окне также выводятся результаты выполнения вводимых инструкций
Locals (Локальные переменные)	Автоматически показывает все переменные данной процедуры
Watches (Контрольные значения)	Применяется при отладке программ для просмотра значений выражений

Характеристики компонентов VBA

Окно проекта (Project)

Проект – это совокупность всех программных модулей, связанных с документом Microsoft Office. Окно *Project (Проект)* предназначено для быстрого получения информации о различных составляющих проекта.

Проект может содержать модули следующих видов:

- *Объекты основного приложения*. Проекты VBA выполняются совместно с другими приложениями. Приложение, в котором разрабатывается и выполняется проект VBA, называется основным.
- *Модули форм*. В VBA имеется возможность создавать пользовательские формы, предназначенные для ввода или вывода данных, а также процедуры обработки событий, возникающие в этих формах.

- *Модули кода*. Модульность - один из основных принципов парадигмы структурного программирования. Каждый модуль, как правило, содержит подпрограммы, сход-

  ные по назначению. Небольшие модули проще отлаживать и использовать повторно. В частности, в VBA имеются средства импорта/экспорта готового кода.
- *Модули классов*. VBA позволяет создавать и использовать собственные объекты. Описание объектов включается в модули класса. Каждый модуль класса содержит полную информацию об одном типе объекта.

С помощью окна проекта можно добавить или удалить какой-либо объект из проекта. Модули кода добавляются в проект командой "Вставить/Модуль". Формы создаются командой "Вставить/UserForm", а модули класса командой "Вставить/Модуль класса".

Окно проекта можно использовать также для быстрой навигации по формам проекта и программному коду. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню соответственно команды "Объект" или "Программа".

Окно свойств (Properties)

Список свойств выделенного объекта выводится в окне Properties (Свойства). Для того чтобы выделить объект, необходимо с помощью окна проекта выбрать форму и перейти в режим конструктора, используя команду "View Object". Свойства объекта можно упорядочить в алфавитном порядке (Alphabetic (По алфавиту)) или по категориям (Categorized (По категориям)), выбрав соответствующую вкладку. Предусмотрена также возможность получения быстрой справки по какому-либо свойству объекта. Для этого достаточно установить курсор на нужное свойство и нажать клавишу F1.

Окно просмотра объектов(Object Browser)

Окно Object Browser (Просмотр объектов) предназначено для просмотра объектов, доступных при создании программы. Точнее, в этом окне отображаются не сами объекты, а структура соответствующего класса объектов. Окно просмотра объектов может использоваться для поиска метода или свойства объекта.

Окно Code (Окно редактирования кода)

Окно Code (Программа) представляет собой текстовый редактор, предназначенный для написания и редактирования кода процедур приложения. Это окно появляется на экране, например, при создании нового модуля. Код внутри модуля организован в виде отдельных разделов для каждого объекта, программируемого в модуле. Переключение между разделами выполняется путем выбора значений из списка "Object" ("Объект"), который находится в левом верхнем углу окна. Каждый раздел может содержать несколько процедур, которые можно выбрать из списка "Procedure" ("Процедура") в правом верхнем углу.

Интеллектуальные возможности редактора кода:

1. При написании кода пользователю предлагается список компонентов, логически завершающих вводимую пользователем инструкцию.
2. На экране автоматически отображаются сведения о процедурах, функциях, свойствах и методах после набора их имени.
3. Автоматически проверяется синтаксис набранной строки кода сразу после нажатия клавиши Enter. В результате проверки выполняется выделение определенных фрагментов текста:
   - красным цветом – синтаксические ошибки; • синим цветом – зарезервированные ключевые слова;
   - зеленым цветом – комментарии.
4. Если курсор расположить на ключевом слове VBA, имени процедуры, функции, свойства или метода и нажать клавишу F1, то на экране появится окно со справочной информацией об этой функции.

Окно редактирования форм (UserForm)

Для создания диалоговых окон, разрабатываемых приложений VBA, используются формы. Редактор форм является одним из основных средств визуального программирования. При добавлении формы в проект (команда "Insert" – "UserForm" ("Вставить" – "UserForm")) на экран выводится незаполненная форма с панелью инструментов Toolbox (Панель элементов).

Используя панель инструментов Toolbox (Панель элементов) из незаполненной формы конструируется требуемое для приложения диалоговое окно. Размеры формы и

размещаемых на ней элементов управления можно изменять. Также окно редактирования форм поддерживает операции буфера обмена. Кроме того, команды меню "Format" ("Формат") автоматизируют и облегчают процесс выравнивания элементов управления как по их взаимному местоположению, так и по размерам.

Окна отладочной информации

Окно Immediate (Проверка) позволяет ввести инструкцию и выполнить ее. При этом инструкция должна быть записана в одну строку, директивы которой будут выполнены после нажатия клавиши Enter. Данное окно можно использовать для быстрой проверки действий, выполняемой той или иной инструкцией. Это позволяет не запускать всю процедуру, что удобно при отладке программ.

Окно Locals (Локальные переменные) автоматически отображает все объявленные переменные текущей процедуры и их значения.

Окно Watches (Контрольные значения) применяется при отладке программ для просмотра значений выражений.

МИНОБНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО УГГУ)

Н. В. Рубан

Основы гидрогеологии и инженерной геологии

**Методические указания
по организации самостоятельной работы для обучающихся направления подготовки
21.05.02 – Прикладная геология**

Квалификация подготовки – горный инженер-геолог

Форма обучения: очная

Екатеринбург
2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	3
1.	Общие положения	4
2.	Самостоятельная работа студентов, обеспечивающая подготовку к аудиторным занятиям	7
	2.1. Повторение материала лекций	7
	2.2. Самостоятельное изучение тем курса	8
	2.3. Подготовка к практическим и лабораторным работам	8
3.	Другие виды самостоятельной работы	8
	3.1. Подготовка к зачёту	8

Введение

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала в ходе аудиторных занятий, разнообразные формы познавательной деятельности студентов на занятиях и во внеаудиторное время, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени, выработку умений и навыков рациональной организации учебного труда.

Таким образом, самостоятельная работа – форма организации образовательного процесса, стимулирующая активность, самостоятельность, познавательный интерес студентов.

В методических указаниях рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы для студентов Уральского государственного горного университета.

Методическое указание включает три главы, которые логически связаны друг с другом. Первая глава знакомит читателя с теоретическими основами самостоятельной работы студентов и особенностями подготовки к ней в вузе. Во второй и третьей главах представлен материал, который содержит информацию о видах самостоятельной работы по данной дисциплине, а также об источниках информации для осуществления самостоятельной работы. Эмпирической основой разработки системы критериев и показателей оценки форм самостоятельной работы стал практический опыт работы преподавателей кафедры геодезии и кадастров.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования (ФГОС), созданных на основе Федерального закона от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации».

Конкретные требования к самостоятельной работе студентов определяются в Федеральных государственных образовательных стандартах высшего образования по направлению.

Нормативные требования к самостоятельной работе студентов дополняются документами локального характера: Уставом Уральского государственного горного университета, рабочей программой дисциплины.

Согласно требованиям нормативных документов, самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, подготовки к практическим занятиям, сдаче зачета и экзамена.

Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение образовательной программы высшего образования в соответствии с требованиями ФГОС.

Навыки самостоятельной работы по освоению каких-либо знаний приобретаются человеком с раннего детства и развиваются в течение всей жизни. К началу обучения в вузе каждый студент имеет личный опыт и навыки организации собственных действий, полученные в процессе обучения в школе, учреждениях дополнительного образования, во время внешкольных занятий и в

быту. Однако при обучении в вузе требования к организации самостоятельной работы существенно возрастают, так как они связаны с освоением сложных общекультурных и профессиональных компетенций.

Практика показывает, что студенты различаются по уровню готовности к реализации требований к самостоятельной работе. Выделяются две основные группы студентов. Первая характеризуется тем, что ее представители ориентированы на выполнение заданий самостоятельной работы и обладают универсальными учебными компетенциями, позволяющими успешно справиться с требованиями к ее выполнению (умением понимать и запоминать приобретаемую информацию, логически мыслить, воспроизводить материал письменно и устно, проводить измерения, вычисления, проектировать и т. д.). Студенты второй группы не имеют устойчивой ориентации на постоянное выполнение самостоятельной работы при освоении учебного материала и отличаются низким уровнем развития универсальных учебных компетенций и навыков самоорганизации.

Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие *задачи:*

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;

- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;

- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;

- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;

- развитие навыков самоорганизации;

- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Для реализации задач самостоятельной работы студентов и ее осуществления необходим *ряд условий*, которые обеспечивает университет:

- наличие материально-технической базы;
- наличие необходимого фонда информации для самостоятельной работы студентов и возможности работы с ним в аудиторное и внеаудиторное время;
- наличие помещений для выполнения конкретных заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- обоснованность содержания заданий, входящих в самостоятельную работу студентов;
- связь самостоятельной работы с рабочими программами дисциплин, расчетом необходимого времени для самостоятельной работы;
- развитие преподавателями у студентов навыков самоорганизации, универсальных учебных компетенций;
- сопровождение преподавателями всех этапов выполнения самостоятельной работы студентов, текущий и конечный контроль ее результатов.

Специфическими *принципами организации* самостоятельной работы в рамках современного образовательного процесса являются:

- принцип интерактивности обучения (обеспечение интерактивного диалога и обратной связи, которая позволяет осуществлять контроль и коррекцию действий студента);
- принцип развития интеллектуального потенциала студента (формирование алгоритмического, наглядно-образного, теоретического стилей мышления, умений принимать оптимальные или вариативные решения в сложной ситуации, умений обрабатывать информацию);

- принцип обеспечения целостности и непрерывности дидактического цикла обучения (предоставление возможности выполнения всех звеньев дидактического цикла в пределах темы, раздела, модуля).

Самостоятельная работа студентов планируется преподавателем в рабочей программе дисциплины.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение: в учебном плане в целом по теоретическому обучению, по каждому из циклов дисциплин, по каждой дисциплине; в рабочих программах учебных дисциплин с ориентировочным распределением по разделам или конкретным темам.

Самостоятельная работа студентов классифицируется: по месту организации (аудиторная и внеаудиторная); по целям организации (цели дисциплины, сформулированные и обоснованные в рабочей программе); по способу организации (индивидуальная, групповая).

Выбор формы организации самостоятельной работы студентов (индивидуальная или групповая) определяется содержанием учебной дисциплины и формой организации обучения (лекция, семинар, практическое занятие, контрольное занятие и др.).

В зависимости от формы промежуточной аттестации виды самостоятельной работы дополняются подготовкой к экзамену, зачету и процедурами текущей аттестации.

2. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ПОДГОТОВКУ К АУДИТОРНЫМ ЗАНЯТИЯМ

2.1. Повторение материала лекций

Источники информации по теме лекции:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия;

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

2.2. Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем осуществляется при обучении на заочной форме обучения.

Источники информации для самостоятельного изучения тем:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед сессией;

2) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

2.3. Подготовка к практическим и лабораторным занятиям

Типовые задания (примеры) работ, выполняемые на практических занятиях представлены в комплекте оценочных материалов.

Принципы работы на практических занятиях озвучиваются преподавателем на соответствующих лекционных занятиях.

Источники информации для подготовки к практическим занятиям:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения практического или лабораторного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины;

4) методические указания по выполнению практических и лабораторных занятий.

3. ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

3.1. Подготовка к зачету

В комплекте оценочных средств представлен перечень тестовых заданий, теоретических вопросов и практико-ориентированных заданий, которые входят в постав билетов.

Источники информации для подготовки к зачету:

1) раздаточный материал, который предоставляется студенту в электронном виде перед каждым лекционным занятием либо в начале сессии;

2) конспект лекции, который студент пишет во время проведения лекционного занятия (при наличии);

3) учебная литература, которая указана в рабочей программе дисциплины.

Учебное издание

Рубан Наталья Валентиновна

Основы гидрогеологии и инженерной геологии

Методические указания по организации самостоятельной работы
для обучающихся направления подготовки 21.05.02 – Прикладная геология
(специализация № 2 «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»)

Редактор С. Н. Тагильцев

Подписано в печать
Бумага писчая. Формат бумаги 60 х 84 1/16.
Гарнитура Times New Roman. Печать на ризографе.
Печ. л.. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинал-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ Н.Г. Кондратьев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.О.23 «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Практические занятия по курсам «Общая геология» и «Геология» представляют важную часть в общем цикле геологических дисциплин. Эти занятия дают студентам возможность познакомиться с главнейшими породообразующими минералами и наиболее распространенными горными породами, а также получить навыки работы с горным компасом.

Выполнение практических работ производится в три этапа. Вначале студенты знакомятся с основными породообразующими минералами и учатся распознавать их в составе горных пород. На втором этапе студенты получают навыки определения и описания магматических, метаморфических и осадочных горных пород. В завершение занятий студенты знакомятся с устройством горного компаса и получают представление о работе с ним.

Объем аудиторных практических занятий не достаточен для получения навыков по определению горных пород и минералов, поэтому студенты обязаны самостоятельно заниматься с коллекциями на кафедре в пределах часов, предусмотренных рабочими программами дисциплин.

В целях удобства работы на занятиях методические материалы скомпонованы в четыре самостоятельные брошюры:

Часть 1. Минералы
Часть 2. Магматические горные породы
Часть 3. Метаморфические горные породы
Часть 4. Осадочные горные породы

Часть 1

МИНЕРАЛЫ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МИНЕРАЛАХ

Подавляющее большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы).

Минералы – химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных геологических процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами.

Каждый минерал обладает вполне определенным химическим составом и вполне определенной кристаллической структурой, т. е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (атомов, ионов). Например, минерал галит (каменная соль) состоит из 39,4 % Na и 50,6 % Cl и имеет химическую формулу NaCl. Кристаллическая структура галита характеризуется поочередным расположением ионов Na^+ и Cl в углах кубов (рис. 1), где каждый ион хлора окружен шестью ионами натрия, и наоборот.

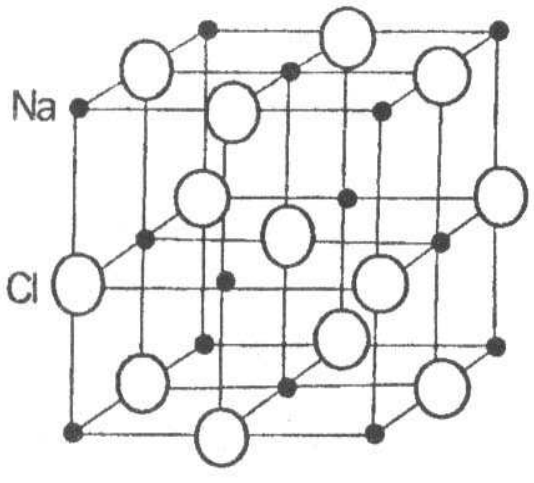


Рис. 1. Кристаллическая структура галита (NaCl)

В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обусловливают их физические свойства. Иногда минералы имеют неупорядоченные строения, когда атомы и ионы располагаются беспорядочно, хаотично. Минералы с таким строением называют аморфными.

Образование минералов является результатом различных геологических процессов. По способу образования (источнику энергии) минералы могут быть объединены в две группы.

1. Минералы эндогенного генезиса, образующиеся за счет внутренней энергии Земли. Возникают в результате кристаллизации магмы и связанных с ней горячих газовых и водных растворов (гидротерм) на различных глубинах, а также путем преобразования минералов в условиях больших давлений и температур.

2. Минералы экзогенного генезиса, образующиеся за счет внешней (солнечной) энергии. Источником минералообразования являются разнообразные горные породы, вступающие во взаимодействие с атмосферой, гидросферой и биотой, давая начало новым минералам.

Пути и способы образования минералов разнообразны. Они могут быть следствием: 1) кристаллизации огненно-жидкого силикатного расплава (магмы); 2) кристаллизации из горячих минерализованных растворов (гидротерм); 3) отложения кристаллического вещества из газообразных продуктов возгонов; 4) перекристаллизации минералов и горных пород; 5) образования новых минералов за счет разрушения ранее созданных.

1.1. Формы нахождения минералов

В природе минералы встречаются в виде отдельных хорошо образованных кристаллов либо в виде скоплений неправильной формы зерен (агрегатов).

1.1.1. Облик кристаллов

Среди минералов выделяют три группы, обладающие характерным обликом, или габитусом, кристаллов.

Изометричные – формы, имеющие близкие размеры во всех направлениях. Примером могут служить кубы пирита, галенита, октаэдры магнетита, ромбоэдры кальцита и др. (рис. 2).

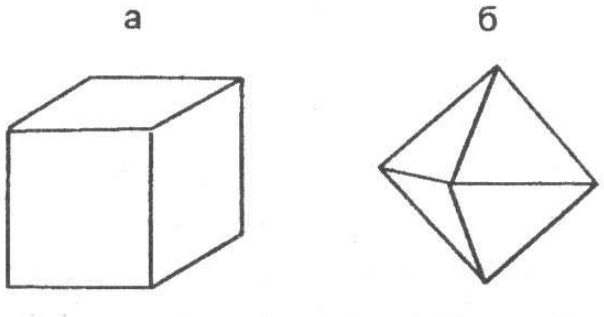


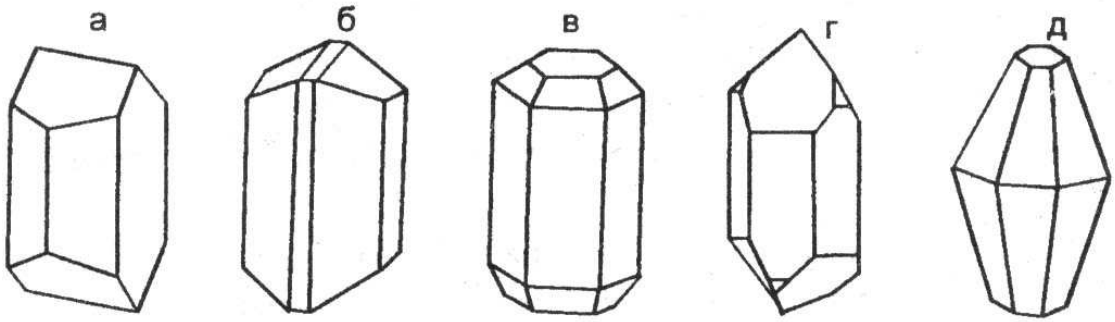
Рис. 2. Изометричные формы кристаллов:
а – кубический кристалл пирита;
б – октаэдрический кристалл магнетита

Уплощенные - формы, хорошо развитые преимущественно в двух направлениях. Сюда относятся таблитчатые, пластинчатые, листоватые и чешуйчатые кристаллы слюды, хлорита, графита и т. д. (рис. 3).



Рис. 3. Уплощенные формы кристаллов:
a – таблитчатый кристалл гематита;
b– пластинчатый кристалл мусковита

Удлиненные - формы, развитые в одном направлении. К этой группе относятся призматические, столбчатые, шестоватые, игольчатые и волокнистые кристаллы роговой



обманки, пироксена, кварца и т. д. (рис. 4).
Рис. 4. Удлиненные формы кристаллов:
а – полевого шпата; б – роговой обманки; в – апатита; г – кварца; д - корунда

1.1.2. Минеральные агрегаты

В природе чаще встречаются не единичные кристаллы минералов, а скопления или срастания различной формы зерен. Эти скопления называют минеральными агрегатами.

Агрегаты бывают мономинеральными (моно - один), т. е. состоящими из зерен одного минерала, и полиминеральными (поли - много), сложенными несколькими различными минералами. Выделяют несколько видов минеральных агрегатов.

Зернистые агрегаты обладают наибольшим распространением в земной коре. В зависимости от формы слагающих зерен различают собственно зернистые (состоящие из изометричных зерен), а также пластинчатые, листоватые, чешуйчатые, волокнистые, игольчатые, шестоватые и другие агрегаты. По величине зерен можно выделять агрегаты крупнозернистые, более 5 мм в поперечнике, среднезернистые - от 1 до 5 мм и мелкозернистые - с зернами менее 1 мм.

Землистые агрегаты - порошкообразные, рыхлые мягкие минеральные массы скрытокристаллического строения, обычно пачкают руки, легко распадаются на мелкие комочки.

Сажистые - (черные цвета) или охристые (желтого, бурого и других ярких цветов). Образуются в процессе химического выветривания. Примером являются минерал каолинит и марганцевые руды.

Натечные формы выделений минералов образуются на стенках пустот при медленном испарении или охлаждении поступающих туда растворов. Эти образования имеют разнообразную форму: почковидную, гроздевидную, неправильную, цилиндрическую. Натеки, свисающие в виде сосулек со сводов пустот, называются

сталактитами, а поднимающиеся им навстречу со дна пустот - сталагмитами. Характерным примером натечных образований являются: лимонит, малахит, кальцит.

Друзы - это сростки более или менее хорошо ограненных кристаллов на стенках каких-либо пустот. Примером могут служить довольно часто встречающиеся друзы кристаллов кварца или пирита.

Реже встречаются другие виды минеральных агрегатов: *секреции* -выполнение пустот изометричной, часто округлой формы, отличающиеся концентрически-зональным строением. Мелкие секреции в излившихся эффузивах называют миндалинами, крупные – жеодами; *конкреции* — шарообразные или неправильной формы стяжения и желваки, образующиеся в рыхлых осадочных породах (илах, глинах, песках и др.); *оолиты* - (от греч.-яйцо) - мелкие стяжения сферической формы размером от долей миллиметра до нескольких миллиметров, образующиеся путем наслоения коллоидального материала на песчинки в подвижной водной среде.

1.2. Физические свойства минералов

Минералы отличаются друг от друга по многим внешним признакам: цвету, блеску, твердости, форме и другим свойствам. Все физические свойства находятся в прямой зависимости от химического состава и кристаллической структуры, поэтому каждый из минералов характеризуется своим набором физических свойств, позволяющим проводить их диагностику (определение).

1.2.1. Оптические свойства

Цвет

У минералов различают идиохроматическую, аллохроматическую и псевдохроматическую окраски.

Идиохроматическая (от греч. «идиос» - свой, собственный и «хрома» - цвет) окраска обусловлена внутренними свойствами минерала, особенностями строения кристаллической решетки. Такую окраску имеют латунно-желтый пирит, черный магнетит, свинцово-серый галенит и др.

Аллохроматическая (от греч. «аллос» - посторонний) окраска связана с присутствием в минералах либо элементов-хромофоров (красителей), либо тонкорассеянных механических примесей. Например, очень сильным элементом-красителем является хром. Даже незначительная примесь Cr_2O_3 (0,1 %) окрашивает бесцветный минерал корунд в ярко-красный цвет, прозрачная разновидность которого называется рубином.

Наличие тонкорассеянных механических примесей оксидов и гидрооксидов железа в бесцветных минералах окрашивает последние во всю гамму красно-желтых тонов. Тонкорассеянное органическое вещество дает серые, черные цвета и т. д. Примером окраски такого рода может служить цвет галита. Чистые минералы галита прозрачны и бесцветны или имеют белый цвет. Но часто те или иные красящие пигменты обусловливают окраску различных цветов: серый (обычно глинистые частицы), желтый (*гидроксиды* железа), красный (*оксиды* железа), бурый и черный (органические вещества).

Природа окрашивания некоторых минералов кроется в нарушении однородности строения их кристаллических решеток, в возникновении в них различных дефектов (черный кварц, аметист и др.).

Псевдохроматическая (от греч. «псевдос» - ложный) окраска не имеет ничего общего с природой самого минерала. Некоторые минералы меняют окраску в зависимости от освещения. Например, на полированной поверхности минерала лабрадорита при некоторых углах поворота освещения появляются густые синие и зеленовато-синие переливы, вызванные интерференцией световых лучей, отраженных от плоскостей спайности лабрадорита. Такое явление называется иризацией.

Иногда минералы бывают покрыты тонкой поверхностной пленкой другого минерала, которая обычно имеет радужную окраску, напоминающую окраску тонких пленок нефти на поверхности воды. Подобные пленки на минералах называют побежалостью.

При определении окраски минерала обычно широко применяется метод сравнения с окраской хорошо известных предметов или веществ: яблочно-зеленый, лазурно-синий, шоколадно-коричневый и т. п. Эталонами считаются названия цветов следующих минералов: фиолетовый у аметиста, зеленый у малахита, красный у киновари, бурый у лимонита, свинцово-серый у галенита, железо-черный у магнетита, латунно-желтый у пирита, металлически-золотистый у золота.

Прозрачность - способность минерала пропускать свет. В зависимости от этой способности все минералы делятся: на прозрачные - горный хрусталь, топаз, исландский шпат и др.; полупрозрачные - флюорит, сильвин и др.; непрозрачные - пирит, магнетит и др.

Цвет черты

Это цвет тонкого порошка минерала, который легко получить, если провести испытуемым минералом черту на матовой (неглазурованной) поверхности фарфоровой пластики, называемой бисквитом. Цвет черты является более надежным признаком по сравнению с окраской минералов. В ряде случаев он соответствует цвету минерала (серая черта у серого галенита), но иногда цвет черты резко отличается от цвета минерала (латунно-желтый пирит оставляет черную черту). Для некоторых минералов этот признак является диагностическим. Например, очень похожие друг на друга минералы группы железа легко распознаются по цвету черты: магнетит имеет черную черту, гематит – вишневую, лимонит – желто-бурую.

Цвет черты определяется только у минералов с металлическим блеском, потому что другие минералы имеют белую или светлоокрашенную черту.

Блеск

Блеск – способность минералов отражать от своей поверхности световой поток. Установлено, что блеск зависит от показателя преломления минерала, т. е. величины, характеризующей разницу в скорости света при переходе из воздушной в кристаллическую среду. Минералы с показателем преломления 1,3-1,9 имеют *стеклянный* блеск, с 1,9-2,6 — *алмазный* блеск. *Полуметаллический* блеск отвечает минералам с показателем преломления 2,6-3,0 и *металлический* – выше 3,0. Металлический блеск отвечает отражению полированной поверхности металла. Такой блеск характерен для непрозрачных минералов. Примером могут служить минералы пирит, галенит, халькопирит. Полуметаллический блеск напоминает блеск потускневшего металла. Он характерен для гематита, графита и др. Наиболее широко распространен стеклянный блеск, на его долю приходится около 70 % минералов. Стеклянным блеском обладают горный хрусталь, кальцит, корунд, флюорит, амфиболы, пироксены, полевые шпаты и другие минералы.

Более сильным, чем стеклянный, является алмазный блеск, характерный, например, для алмаза, серы.

Блеск минерала зависит также от характера его поверхности. Если поверхность неровная, то отраженный свет несколько рассеивается, преобразуя стеклянный и алмазный блески в так называемый жирный. Порошковатые рыхлые минералы, обладающие тонкой пористостью, имеют матовый блеск, так как микроскопические поры являются своего рода «ловушками» для света. Примерами могут служить каолинит, землистые массы лимонита и др.

У минералов с параллельно-волокнистым строением наблюдается типичный шелковистый блеск (асбест), полупрозрачные «слоистые» и пластинчатые минералы имеют перламутровый отлив.

1.2.2. Механические свойства

Спайность и излом

Спайностью называют свойство минералов раскалываться по определенным направлениям, обусловленным строением их кристаллических решеток, образуя при этом ровные площади – плоскости спайности. Это свойство минералов связано исключительно с внутренним их строением и не зависит от внешней формы кристаллов. Например, при раскалывании кристаллов кальцита самой разнообразной формы получается спайный выколок всегда одной и той же формы – ромбоэдр, кристаллов флюорита – октаэдр, галенита и галита – куб.

По степени совершенства различают следующие виды спайности: *весьма совершенная* - минералы легко расщепляются на тонкие листочки, чешуйки (мусковит, биотит, хлорит, тальк, графит); *совершенная* — минералы при ударе раскалываются на обломки, со всех сторон ограниченные тремя и более плоскостями спайности (кальцит, флюорит, галенит, галит); *средняя* – минералы раскалываются на обломки, ограниченные двумя плоскостями спайности и неровными поверхностями по случайным направлениям (полевые шпаты, роговая обманка, пироксен); несовершенная – минералы раскалываются на обломки, ограниченные неровными поверхностями и одной плоскостью спайности (корунд, апатит); весьма несовершенная или отсутствует – минералы раскалываются только по случайным направлениям с неровными поверхностями (кварц, магнетит, пирит).

Чтобы не спутать грани кристаллов с плоскостями спайности необходимо помнить, что направление спайности дает систему взаимопараллельных плоскостей или трещин. При определении спайности в агрегате выбирается одно или несколько наиболее крупных зерен и в них наблюдаются плоскости спайности. Если угол спайности, например, равен 90 градусам, то излом *ступенчатый*, а если угол спайности острый – излом *занозистый*.

Неровные поверхности, получаемые при расколе минерала по случайным направлениям, называют *изломом*. Наиболее распространен *неровный* излом, но иногда наблюдаются и другие виды: *гладкий*, *раковистый* – излом характерен для минералов с весьма несовершенной спайностью, напоминает поверхность раковины с концентрической скульптурой (кварц, пирит); *ступенчатый*, *занозистый* – излом характерен для игольчатых или волокнистых минералов (селенит). Излом, как и спайность, определяется внутренним строением минерала, его кристаллической решеткой.

Твердость, хрупкость, ковкость, упругость

Под твердостью минерала подразумевается степень его сопротивления внешним механическим воздействиям. В минералогической практике применяют наиболее простой способ определения твердости - царапанье одного минерала другим, т. е. устанавливается относительная твердость минерала. Для оценки относительной твердости немецким минералогом Ф. Моосом была предложена шкала, состоящая из десяти минералов, каждый из которых, обладая более высокой твердостью, своим острым концом царапает все предыдущие с меньшими номерами. Твердость минералов-эталонов в шкале условно обозначена целыми числами.

Шкала Мооса представлена следующими минералами:

Тальк	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	1
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	2
Кальцит	$CaCO_3$	3
Флюорит	CaF_2	4
Апатит	$Ca_5[P0_4]_3(F,C1)$	5

Ортоклаз	$K[A1Si_30_8]$	6
Кварц	SiO_2	7
Топаз	$A1_2[SiO_4]F_2$	8
Корунд	$A1_20_3$	9
Алмаз	C	10

Для определения твердости исследуемого минерала устанавливают, какой эталон с максимальным номером он царапает. Например, если испытуемый минерал царапает апатит, но оставляет порошок, т. е. истирается на ортоклазе, значит его твердость выше 5, но ниже 6 и оценивается в 5.5.

Относительную твердость можно определить, не имея шкалы Мооса, используя некоторые заменители. Так, твердость ногтя – 2,5; медной монеты – 3,0-3,5; оконного стекла – 5,0; стального ножа – 6,0; напильника – 7,0. Твердость порошковатых разностей бывает занижена по сравнению с твердостью этого минерала в крупных зернах.

Под хрупкостью понимают свойство минерала крошиться при проведении по нему черты ножом. Противоположный эффект – гладкий блестящий след – свидетельствует о свойстве минерала деформироваться пластически. Ковкие минералы расплющиваются под ударом молотка в тонкую пластинку, упругие – способны восстанавливать форму после снятия нагрузки (слюды, асбест).

1.2.3. Прочие свойства

Удельный вес

Удельный вес может быть точно замерен только в лабораторных условиях различными методами; приблизительное суждение об удельном весе можно получить путем сопоставления с распространенными минералами, удельный вес которых принимается за эталон. Все минералы по удельному весу можно разделить на три группы: *легкие* - с удельным весом меньше 3 г/см^3 (галит, гипс, кварц и др.); *средние* - с удельным весом порядка 3-5 г/см^3 (апатит, корунд, пирит и др.); *тяжелые* - с удельным весом больше 5 г/см^3 (галенит, золото и др.).

1.2.4. Специфические свойства

Некоторые минералы обладают особыми, характерными только для них свойствами, когда нет необходимости определять их в других индивидах.

Магнитность. Сравнительно небольшое число минералов обладает свойством воздействовать на магнитную стрелку. Для минералов, обладающих магнитностью, это свойства имеет важное диагностическое значение. Минералы, обладающие ярко выраженными ферромагнитными свойствами, могут притягивать даже мелкие железные предметы - опилки, булавки (магнетит). Менее магнитные минералы (парамагнитные) слабо притягиваются магнитом (пирротин), и, наконец, имеются минералы, которые отталкивают магнитную стрелку, - самородный висмут.

Реакция с соляной кислотой. С соляной кислотой взаимодействуют минералы из класса карбонатов:

- кальцит $Ca\,CO_3$ - бурно реагирует, "вскипая" в кислоте;
- доломит $Ca\,Mg\,(CO_3)_2$ - «вскипает» только в порошке;
- магнезит $Mg\,CO_3$ - не реагирует с кислотой.

Двойное лучепреломление. Двупреломление света – разложение светового луча, входящего в кристалл, на два. Это свойство характерно для карбонатов, особенно для прозрачной разновидности кальцита – исландского шпата. При наложении исландского шпата на рисунок или текст явственно заметно раздвоение изображения.

Физиологические свойства. (Воздействие на вкусовые, обонятельные и тактильные анализаторы человека). Ряд минералов можно определить по вкусу. Например, галит имеет соленый вкус, сильвин – горько-соленый. Эти минералы, кроме того, растворяются

в воде. Другие минералы можно различить по запаху. При горении серы ощущается запах сернистого газа, в то время как горящий янтарь издает ароматический запах. Существенна также степень шероховатости минералов, т. е. ощущение, возникающее при прикосновении к минералу. Есть минералы жирные на ощупь (тальк), гладкие (горный хрусталь) и шершавые (каолин).

1.3. Классификация минералов

Существует несколько классификаций минералов, в основу каждой из которых положены различные признаки. Наиболее признанной является кристаллохимическая классификация, в основе которой лежит в равной мере химический состав и кристаллическая структура минералов. По этой классификации выделяется большое количество классов, из которых в данном курсе будут рассмотрены лишь следующие: 1 - самородные элементы, 2 - сульфиды 3 - галогениды, 4 - оксиды и гидрооксиды, 5 - карбонаты, 6 - сульфаты, 7 - фосфаты и 8 - силикаты.

Класс 1 - самородные элементы – некоторые химические элементы в свободном минеральном состоянии. К ним относят: *металлы* - золото (Au), серебро (Ag), медь (Cu) и др.; *полуметаллы* - мышьяк (As), висмут (Bi); *неметаллы* - графит (C), сера (S) и др.

Класс 2 – сульфиды – соли сернистой кислоты H_2S. Наиболее характерными признаками, свойственными большинству сульфидов, являются сильный металлический блеск и высокий удельный вес. Сюда относят минералы: пирит – FeS_2, халькопирит – $CuFeS_2$ и галенит – PbS.

Класс 3 – галогениды – соли соляной кислоты HCl (*хлориды*) и соли плавиковой кислоты HF (*фториды*). Для них характерны низкая твердость (2-4), прозрачность и совершенная спайность. К этому классу относят галит – NaCl, сильвин – КС1 и флюорит – CaF_2.

Класс 4 – оксиды и гидрооксиды – соединения металлов и неметаллов с кислородом и водой H_2O. Для оксидов характерна прочность кристаллической решетки, чем обусловлена их высокая твердость (5-9). К этому классу относят корунд – $A1_2O_3$, кварц – SiO_2, опал – $SiO_2 \cdot nH_2O$ и минералы группы железа: магнетит – Fe_3O_4, гематит – $Fe_2O_3 \cdot n\ H_2O$.

Класс 5 – карбонаты – соли угольной кислоты H_2CO_3. Большая часть карбонатов бесцветна, твердость невысокая (3), характерна совершенная спайность по ромбоэдру и эффект двойного лучепреломления. К этому классу относят кальцит – $CaCO_3$, доломит – $CaMg(CO_3)_2$, магнезит – $MgCO_3$.

Класс 6 – сульфаты – соли серной кислоты H_2SO_4. В технических науках их называют купоросами. Для минералов этого класса характерна низкая твердость (2-3,5) и пестрые цвета окраски. К ним относят гипс – $CaSO_4 \cdot 2H2O$ и ангидрит – $CaSO_4$, медный купорос – $CuSO_4$ и железный купорос – $FeSO_4$.

Класс 7 – фосфаты – соли ортофосфорной кислоты H_3PO_4. Характерна средняя твердость (5) и светлая окраска. Сюда относят минерал апатит – $Ca_5[PO_4]_3(F,C1)$.

Класс 8 – силикаты – самая обширная группа породообразующих минералов, содержащих SiO_2. Основой кристаллической решетки силикатов является скелет из кремнекислородных тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ (рис.5,а). Кремнекислородные тетраэдры в структурах силикатов могут находиться либо в виде изолированных друг от друга структурных единиц $[SiO_4]$, либо сочленяются друг с другом разными способами. В зависимости от способа их сочленения выделяют следующие подклассы:

Островные силикаты с изолированными тетраэдрами (см. рис.5, а) представлены оливином. Для них характерны повышенные твердость и удельный вес, а также изометричные формы кристаллов.

Цепочечные силикаты с одинарными цепочками тетраэдров (см. рис. 5, б) представленные пироксенами;

Ленточные силикаты со сдвоенной цепочкой тетраэдров (см. рис. 5, в) представлены роговой обманкой. Несмотря на существенное различие в количественных соотношениях компонентов, цепочечные и ленточные силикаты имеют много общих свойств: удлиненная форма кристаллов, средняя спайность в двух направлениях, твердость 5-6, темный цвет.

Листовые силикаты с непрерывными слоями кремнекислородных тетраэдров представлены слоями кремнекислородных тетраэдров (рис. 5, г). Сюда относят слюды (биотит, мусковит), хлорит, тальк, каолинит, серпентинит. В прямой зависимости от кристаллической структуры находится важное диагностическое свойство этих силикатов - весьма совершенная спайность, а также гексагональная форма кристаллов.

Каркасные силикаты с непрерывными трехмерными каркасами тетраэдров $[SiO_4]^{-4}$ представлены почти исключительно алюмосиликатами, в которых часть ионов Si^{4+} в кремнекислородных тетраэдрах замещена на ионы $A1^{3+}$. Для этих силикатов характерна светлая окраска и твердость 5-7.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Основная цель работы – знакомство с минералами и изучение их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в разделе 1. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 2

МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

2.1. Общие сведения о магматических горных породах

Магматические горные породы образуются в результате затвердевания магмы на глубине или на земной поверхности при вулканических извержениях. Магматические породы также называют изверженными.

Магма (от греч. «густая мазь») — огненно жидкий, главным образом силикатный расплав, возникающий в верхней мантии или в земной коре. Магма содержит большое количество растворенных газов и паров воды (F, C1, CO_2, H_2O и др.). На большой глубине магма находится под очень большим всесторонним давлением и обладает высокой температурой.

Поднимаясь вверх, магма внедряется в твердые и относительно холодные породы, которым она отдает свое тепло, начинает охлаждаться и кристаллизоваться. Большую роль в процессе кристаллизации играют летучие компоненты: пары воды и газа, способствующие и часто определяющие скорость кристаллизации минералов.

Поднимаясь вверх, магма оказывается в различных термодинамических условиях.

На значительных глубинах при медленном остывании магмы и сохраняющемся большом давлении происходит постепенная, последовательная и полная кристаллизация расплава. Последовательность в кристаллизации магмы связана с существованием минералов с разной температурой плавления. Тугоплавкие минералы кристаллизуются при более высоких температурах, когда другие еще находятся в расплаве.

К тугоплавким относят минералы, содержащие Fe и Mg (железисто-магнезиальные силикаты: оливин, авгит, роговая обманка, биотит и др.). При понижении температуры последовательно кристаллизуются и другие минералы.

Таким образом, на больших глубинах весь силикатный расплав превращается в агрегат тех или иных минералов, образуется полнокристаллическая горная порода. Долго сохраняющиеся условия высоких температур и давления создают благоприятные условия роста для всех минералов, в результате образуются полнокристаллические и равнокристаллические структуры пород с более или менее одинаковым размером зерен всех минералов.

На средних и небольших глубинах условия кристаллизации магмы менее стабильны и более разнообразны.

Если масса и температура расплава, внедрившегося на средних глубинах, достаточно велики для прогрева вмещающих пород и давление является достаточным для удержания в расплаве летучих компонентов, происходит также полная раскристаллизация расплава и образуется полнокристаллическая порода. При этом центральные части получают равнокристаллическое, а краевые — неравнокристаллическое строение в связи с относительно быстрым охлаждением на контакте с вмещающими породами и частичной потерей летучих компонентов. Летучие компоненты для некоторых минералов являются катализаторами и заметно повышают скорость их роста, тогда при полнокристаллическом строении возникает большая разница в размерах зерен разных минералов, могут возникать порфировидные структуры.

На небольших глубинах температура и давление магмы могут быть недостаточными для ее полной кристаллизации. В таких условиях часть магмы успевает раскристаллизоваться и превратиться в минеральные зерна — вкрапленники, а другая часть затвердевает в виде вулканического стекла — аморфной массы, в которой могут быть зародыши кристаллов — микролиты, хорошо различимые только под микроскопом. В этих условиях образуются неполнокристаллические породы.

При вулканических извержениях магма либо изливается на земную поверхность (или на дно водного бассейна) в виде лавы, либо при взрывах выбрасывается в воздух на разную высоту, застывает и падает на поверхность в виде твердых частиц и обломков разного размера (вулканический пепел, песок, лапилли, вулканические бомбы), давая начало пирокластическим горным породам обломочного строения. Последние образуют особую группу вулканических пород и будут рассмотрены ниже.

Магма, излившаяся на поверхность в виде лавы, попадает в условия резкого понижения температуры и давления и связанной с этим почти полной потери летучих компонентов, что приводит к быстрому затвердеванию лавы. При этом если расплав

поднимается медленно и с больших глубин и до выхода на поверхность в нем произошла частичная кристаллизация, то есть образовались кристаллы минералов, то при затвердевании на поверхности образуются неполнокристаллические породы. При быстром движении расплав не успевает кристаллизоваться и застывает на поверхности в виде вулканического стекла, образуя стекловатую породу, в которой кристаллы почти или полностью отсутствуют.

По условиям образования магматические горные породы подразделяют на следующие виды.

1. **Интрузивные** (внедрившиеся):
   - глубинные (абиссальные),
   - полуглубинные (гипабиссальные).
2. **Вулканические**:
   - эффузивные (излившиеся),
   - пирокластические.

Интрузивные, или внедрившиеся (от лат. «интрузио» — внедрение), горные породы образуются при застывании магмы под земной поверхностью и по глубине застывания делятся на глубинные и полуглубинные.

Глубинные, или абиссальные (от греч. «абиссос» — бездонный), или плутонические, породы формируются на больших глубинах, в условиях длительно сохраняющихся высоких температур и давлений и характеризуются полной раскристаллизацией магматического расплава.

Полуглубинные (гипабиссальные) горные породы, затвердевшие на средних и небольших глубинах, по условиям образования являются промежуточными между глубинными интрузивными и эффузивными. Температура и давление магмы на разных глубинах меняются по-разному, и могут возникать как полно-, так и неполнокристаллические породы.

Излившиеся, или **эффузивные,** породы (от лат. «эффузио» — излияние) образуются при излиянии лавы на дневную поверхность, где резко понижаются температура и давление. Эффузивные породы характеризуются неполной кристаллизацией или быстрым затвердеванием расплава в виде вулканического стекла.

Различия в условиях образования магматических пород четко отражаются на их внешнем облике и легко распознаются макроскопически по характеру структуры и текстуры.

2.2. Структуры и текстуры магматических горных пород

Структуры магматических горных пород макроскопически классифицируются по степени кристалличности вещества, относительному и абсолютному размеру зерен.

По *степени кристаллизации* магматического расплава выделяют следующие структуры:

полнокристаллические, когда все вещество раскристаллизовано в агрегат минералов;

неполнокристаллические, когда часть расплава раскристаллизовалась и образовались минеральные зерна, а другая часть затвердела в виде вулканического стекла;

стекловатые, когда вся порода представлена вулканическим стеклом. Для глубинных пород характерны полнокристаллические структуры, для полуглубинных — полно- и неполнокристаллические, а для излившихся — неполнокристаллические и стекловатые структуры.

По *относительному размеру* минеральных зерен выделяют структуры:

равнокристаллические (равномерно-кристаллические). Если порода полнокристаллическая по степени кристаллизации и размеры минеральных зерен близки по величине;

неравнокристаллические структуры выделяются как для полнокристаллических, так и для неполнокристаллических пород.

Для полнокристаллических различают:

неравнокристаллические, когда размер минеральных зерен различается не резко;

порфировидные, если одни зерна по размеру резко отличаются от других.

Для неполнокристаллических пород различают:

порфировые, состоящие из нераскристаллизованной части исходного расплава, которая вне зависимости от ее количества в породе называется «основной массой», и раскристаллизованной — «вкрапленников», представленных кристаллами минералов;

афировые, если порода состоит из основной массы без вкрапленников .

Равно- и неравнокристаллические и порфировидные структуры характерны для интрузивных пород, порфировые и афировые — для эффузивных и близповерхностных полуглубинных пород.

Для пород полно- и равнокристаллических выделяют *структуры по абсолютному размеру зерен*, см:

Гигантокристаллические	> 1
Крупнокристаллические	1-0,3
Среднекристаллические	0,3-0,1
Мелкокристаллические	0,1-0,05
Скрытокристаллические (афанитовые)	< 0,05

Все вышеперечисленные структуры, от гиганто- до скрытокристал-лической, характерны для интрузивных глубинных и полуглубинных пород, афанитовые — для основной массы эффузивных пород (вкрапленники при этом могут иметь различные размеры).

Среди многочисленных структур, выделяемых по взаимоотношениям минералов в породе, макроскопически хорошо различима *пегматитовая (письменная)*, характеризующаяся закономерным прорастанием полевого шпата кварцем, образующим клинообразные зерна, напоминающие древнееврейские письмена, откуда и произошло название структуры.

Текстуры изверженных горных пород подразделяют на компактные, когда нет пор и пустот, и некомпактные, если есть в породе пустоты и поры. К компактным текстурам относят: *массивную, пятнистую, флюидалъную, полосчатую, миндалекаменную;* к некомпактным — *пористую, пенистую, пузырчатую.*

Массивная текстура отличается беспорядочным расположением минеральных зерен, она наиболее характерна для интрузивных пород, нередко встречается и в эффузивных породах.

Пятнистую текстуру выделяет при неравномерном распределении светлых и темных минералов в породе. Встречается реже, главным образом в интрузивных породах.

Флюидальная текстура отличается ориентированным расположением удлиненных кристаллов, например столбиков роговой обманки, что отражает вязкое течение магмы или лавы в процессе застывания, при котором удлиненные кристаллы, как бревна в реке, располагаются своими длинными осями по направлению течения более или менее параллельно друг другу.

Флюидальная текстура может проявляться также в *полосчатости,* характеризующейся различиями в составе или структуре полос.

Некомпактные текстуры характерны для эффузивных пород и связаны с выделением из лавы летучих компонентов, после чего в затвердевшей лаве остаются пустоты округлой или миндалевидной формы.

Если пустоты мелкие (до нескольких миллиметров), образуется *пористая,* более крупные — *пузырчатая текстура*. В особо благоприятных условиях пары и газы могут

вспенивать лаву, и при застывании образуется *пенистая,* или *пемзовая, текстура,* в которой пустоты по объему преобладают.

Миндалекаменная (мандельштейновая) текстура характерна для эффузивных горных пород и образуется в результате заполнения пор и пустот в затвердевшей лаве вторичными минералами (кварц, халцедон, кальцит, хлорит и др.). Образовавшиеся миндалины обычно выделяются своим более светлым цветом на фоне темно-серой или черной породы. От вкрапленников миндалины отличаются округлой или миндалевидной формой. Горные породы с миндалекаменной текстурой называют мандельштейнами.

2. 3. Классификация магматических горных пород по химическому и минеральному составам

В основу классификации магматических горных пород положены химический и минеральный составы и структурные особенности пород (см. таблицу).

Химический анализ магматических горных пород показывает, что они состоят в основном из восьми оксидов: SiO_2, $A1_2O_3$, Fe_2O_3, FeO, MgO, CaO, Na_2O, K_2O. В значительно меньших количествах присутствуют TiO_2, MnO, P_2O_5, H_2O и некоторые другие. Из главных оксидов только SiO_2 присутствует во всех магматических породах в значительных количествах. Оксид SiO_2 и принят за основу химической классификации изверженных горных пород.

По содержанию кремнезема (оксида SiO_2) магматические породы подразделяют на четыре группы:

- кислые (SiO_2 = 64-78 %),
- средние (SiO_2 = 53-64 %),
- основные (SiO_2 = 44-53 %),
- ультраосновные (SiO_2 = 30-44 %).

Границы между этими группами магматических пород в известной мере являются условными, так как между породами соседних групп существуют постепенные переходы.

Важным показателем для классификации является содержание в магматической породе щелочей. По сумме щелочей (Na_2O + K_2O) выделяют три ряда магматических пород: нормальной щелочности (низкощелочные, известково-щелочные), субщелочные (умеренно-щелочные) и щелочные (с высокой щелочностью).

Границы содержаний суммы щелочей для выделения рядов значительно варьируют в зависимости от группы магматических пород по содержанию оксида SiO_2.

По относительному количеству железисто-магнезиальных силикатов в объемных процентах (M — цветное число) магматические породы подразделяют на ультрамафические (M > 70), мафические (70 > M > 20) и салические (M < 20).

Химический состав магматических пород взаимосвязан с комплексом слагающих их минералов. Минералами — показателями степени кислотности (содержания оксида SiO_2) являются кварц и оливин. Кислые породы отличаются значительным содержанием кварца. Для основных и ультраосновных пород характерен оливин, а кварц может встречаться только как второстепенный (менее 5 %) минерал и макроскопически обычно не виден. Средние по степени кислотности породы, занимая промежуточное положение и по минералогическому составу, являются переходными между кислыми и основными породами. В них выделяют средние кварцевые, переходные к кислым, и средние бескварцевые, переходные к основным породы.

Количество железисто-магнезиальных темноцветных минералов постепенно увеличивается от кислых к основным и ультраосновным породам. Некоторые разности основных и все ультраосновные породы состоят почти на 100 % из цветных силикатов и относятся к ультрамафитам.

Содержание полевых шпатов уменьшается от кислых к основным породам. В кислых и средних породах полевые шпаты развиты широко, в основных — количество их уменьшается, а ультраосновные породы являются бесполевошпатовыми.

Высокая щелочность магматических пород определяется присутствием щелочных минералов, таких как нефелин, калиевый полевой шпат и другие.

Химический и минералогический состав определяют цвет магматической породы: чем кислее порода, тем она светлее, чем основнее — тем темнее. Кислые и средние породы обычно бывают серыми или цветными (розовыми, красными, желтыми), основные — темно-серыми или черными, ультраосновные — черными или темно-зелеными.

Условия образования не оказывают существенного влияния на химический и минеральный состав изверженных пород. Поэтому в классификации по степени кислотности

Классификация магматических горных пород нормальной щелочности

	Группы пород по содержанию SiO_2 (в масс. %)							
	кислые (78-64)		средние (64-53)		основные (53-44)		ультраосновные (44-30)	
	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся	глубинные	излившиеся
Породы нормальной щелочности	Гранит, гранодиорит	Риолит, обсидиан, дацит	Диорит	Андезит	Габбро	Базальт	Дунит, перидотит, пироксенит, горнблендит	Пикрит, коматиит
Породо-образующие минералы	**Кварц,** КПШ, биотит, кислый плагиоклаз В обсидиане, пемзе - стекло		Средний плагиоклаз, роговая обманка, пироксен		Основной плагиоклаз, пироксен, роговая обманка, оливин		Оливин, пироксен, роговая обманка	
Количество кварца	15-40 %		-		-		-	
Цвет излившихся пород		Белый, серый, светлые тона		Темно-серый, коричневый		Черный		Черный
Количество темно-цветных минералов в глубинных породах	10-15 ± 5 %		25 ± 15 %		50 ± 15 %		100 %	

изверженных пород в одну группу объединяют различные по происхождению (интрузивные, эффузивные, жильные), но близкие по химическому и минеральному составу.

Первоначальный минералогический состав магматических пород может заметно меняться в результате вторичных изменений.

Магматические горные породы весьма разнообразны, но лишь немногие из них распространены в земной коре широко. Наиболее широко развиты породы основного и кислого состава.

В земной коре среди магматических пород *около 70 %* составляют *основные* породы, а *кислые* и *средние* вместе — *около 30 %*. На ультраосновные породы приходится незначительная доля процента.

При этом среди эффузивов самыми распространенными являются лавы основного состава (базальты), а среди интрузивных образований — кислые породы (граниты и гранодиориты).

Среди всех типов по степени кислотности (кислые, средние и т. д.) наиболее широко распространены магматические породы нормальной щелочности (известково-щелочные). Однако субщелочные и щелочные породы хотя и развиты меньше, но не являются редкими.

В таблицах приводится характеристика наиболее часто встречающихся разновидностей глубинных (плутонических) и эффузивных пород.

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
5. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
6. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
7. Вывод: название, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
8. Глубинный аналог.

После нескольких лабораторных занятий проводится контрольная работа для проверки и закрепления полученных знаний.

Часть 3

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

3.1. Общие сведения о метаморфизме

Горные породы после формирования могут попасть в такую геологическую обстановку, которая будет существенно отличаться от обстановки образования породы и на нее будут оказывать влияние различные эндогенные силы: тепло, давление (нагрузка) вышележащих толщ, глубинные флюиды, растворы и газы, вода, водород, углекислота и др. Изменение магматических и осадочных пород в твердом состоянии под воздействием эндогенных факторов и называется **метаморфизмом**. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и ранее образовавшиеся метаморфические. В физико-химических условиях, отличных от тех, в которых образовались горные породы, происходит изменение их минерального состава, структуры и текстуры. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать **изохимически**, т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и **метасоматически**, т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы, без существенного расплавления пород. Лишь при определенных физико-химических условиях метаморфизм сопровождается частичной или полной кристаллизацией исходных пород. Процессы подобного характера объединяются под названием **ультраметаморфизма.**

В зависимости от интенсивности метаморфических процессов наблюдается постепенный переход от слабо измененных, сохраняющих состав и структуру исходных разностей, до глубоко преобразованных пород, первичная природа которых практически утрачена. Метаморфические отложения широко распространены в земной коре.

Метаморфизм - процесс преобразования любых исходных пород под воздействием изменившихся физико-химических условий среды. Он реализуется преимущественно путем перекристаллизации пород без существенного плавления под воздействием меняющихся температур, давлений, газовой (флюидной) среды. Преобразуя свой минеральный состав, порода, таким образом, приспосабливается к изменившимся термодинамическим (Т-Р) условиям.

Название термина происходит от греческого слова metamorpho – преобразование, превращение. Метаморфическим преобразованием могут подвергаться изначально осадочные, магматические и (повторно) метаморфические породы. При этом исходные породы, как правило, после таких преобразований полностью теряют свой первоначальный облик.

Факторами метаморфизма, т. е. непосредственными причинами преобразования пород, являются: давление (Р), температура (Т), а также растворы и газы (флюиды), пронизывающие толщи горных пород.

Давление при метаморфических преобразованиях может быть обусловлено рядом причин: давлением нагрузки вышележащих толщ (литостатическим - Рл), динамическим давлением тектонического движения (стрессовым - Рс), давлением движущейся магмы (Рм), а также давлением поровых (гидротермальных и флюидных) растворов (Рф). Главным среди отмеченных причин следует считать тектоническое или стрессовое давление, способное достигать десятков тысяч атмосфер и распространяться на огромные пространства. При проявлении тектонического или стрессового давления роль нагрузки вышележащих пород может оказаться незаметной, а проявление магматического и порового давления флюидов на таком фоне может повлиять на характер минеральных преобразований лишь локально, в местах их проявления.

Температура метаморфических преобразований могут быть обусловлены

несколькими причинами и достигать уровней, когда порода начинает плавиться, т. е. 1000 - 1200 °С. Всегда существует температурный фон, обусловленный глубиной погружения пород, т. е. геотермическим градиентом (Тг), составляющим обычно около 30°/1 км. Однако основные тепловые превращения в породе осуществляются за счет тектонических подвижек (Тс), а также нередко сопровождающих такие движения аномальных глубинных тепловых потоков (Тф). На контакте с магматическими породами преобразование осуществляется за счет прогрева пород очагом остывающей магмы (Тм).

Гидротермальные растворы и флюиды, которые способны привносить или выносить различные химические компоненты, могут влиять на характер минералообразования, создавать специфическую окислительную или восстановительную (Eh), а также кислую либо щелочную (pH) среды.

Глубинные флюиды насыщены, прежде всего, парами воды и углекислоты, а также более редкими соединениями водорода, хлора, фтора и др.

3.2. Типы метаморфизма

В зависимости от сочетания упомянутых выше факторов выделяются те или иные типы метаморфизма. Наиболее простая схема типов метаморфизма, выделяющихся в зависимости от термодинамических (Р, Т) параметров, показана на рис. 1, а геологические условия их проявления - на рис. 2. Можно говорить о контактовом типе метаморфизма, когда порода преобразуется под преимущественным воздействием температуры, а также динамическом, когда основным фактором выступает давление, и динамотермальном, когда проявляются оба фактора одновременно. Каждый из этих типов обладает своими специфическими геологическими условиями проявления (рис. 2).

Контактовый тип метаморфизма проявляется в породах обрамления магматических тел, на контакте с ними, поэтому он называется контактовым. Температура магматических тел колеблется в интервале 800-1200° С, а вмещающие породы, разогретые первоначально за счет геотермического градиента, могут быть относительно «холодным». Ширина зоны (ореол) контактового метаморфизма зависит, главным образом, от объема магматического очага и может достигать нескольких километров. Если вмещающая порода разогрета жильным магматическим телом (пегматитовая жила, дайка гранитоидов и т. д.), то прогретой бывает лишь узкая полоса в несколько метров.

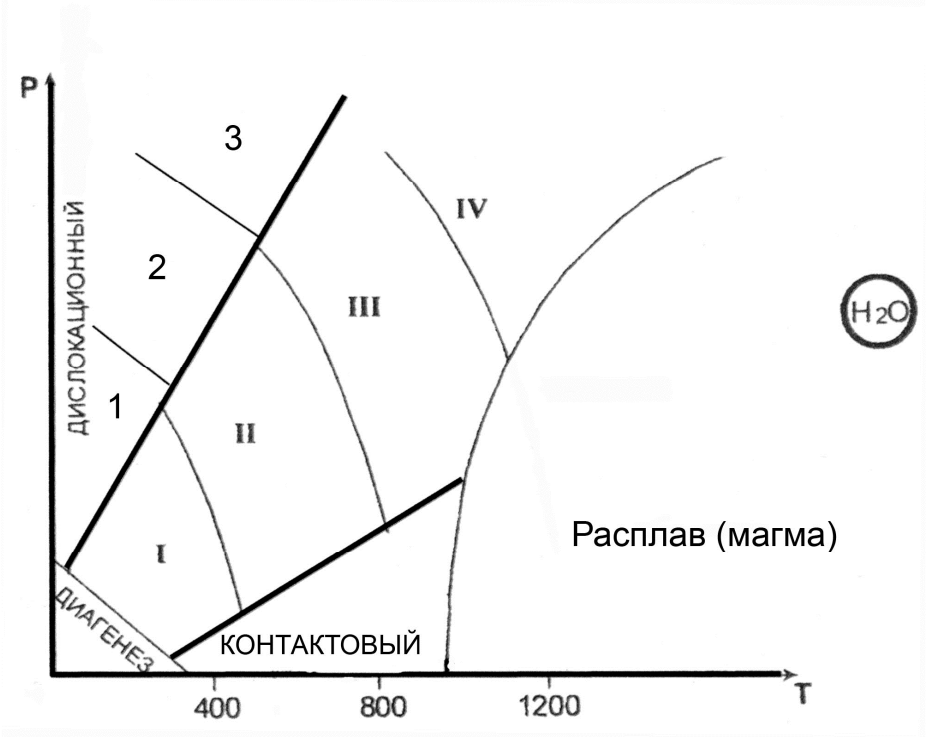


Рис. 1. Типы метаморфизма

Фации умеренного давления: I – зеленосланцевая, II – Эпидот-амфиболитовая, III – амфиболитовая, IV – гранулитовая

Фации высокого давления: 1– глаукофановая, 2 – дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов, 3 – эклогитовая

Весьма существенную роль при контактовом метаморфизме играет химический состав магмы и вмещающих пород, а точнее, контрастность состава между ними. В случае резкого контраста между многокомпонентной магмой и вмещающими породами на их контакте протекают диффузионные процессы взаимного проникновения, меняющие как состав внешней оболочки магматического тела, так и состав вмещающих пород. Такой процесс перекристаллизации пород, протекающий с существенным изменением их первичного химического состава, называется **метасоматозом**. Обычно метасоматоз сопровождается интенсивной гидротермальной и флюидной проработкой, способствующей привносу и выносу химических компонентов. Типичными представителями таких контактово-метасоматических процессов (на границе между силикатными магмами и известняками) являются скарны. С другой стороны, в случае, если силикатная магма находится в контакте с близкими ей по химическому составу вмещающими породами, то формируются роговики - прогретые и перекристаллизованные продукты метаморфизма первичных пород без проявления метасоматоза.

Дислокационный метаморфизм протекает в условиях высокого стрессового давления, под воздействием тектонических движений по крупным разрывным нарушениям (разломам). При этом происходит дробление пород с

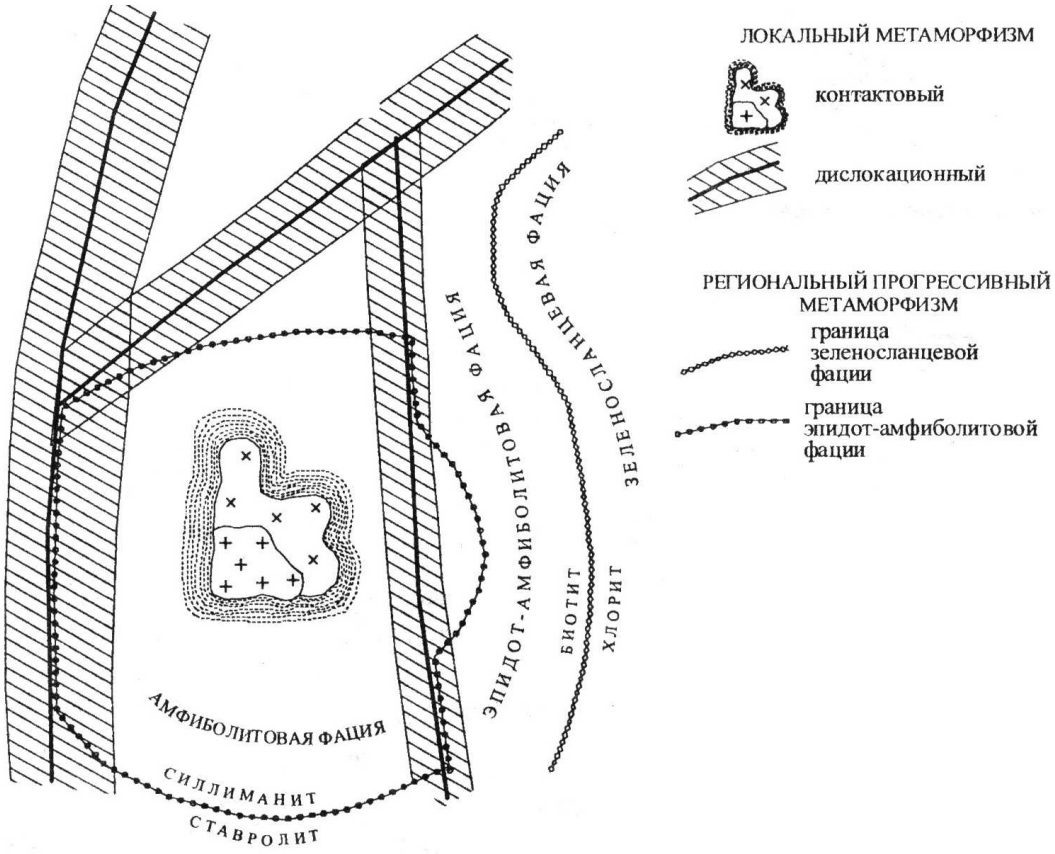


Рис. 2. Схематическая карта метаморфизма

образованием структур катаклаза, а под действием проникающих в ослабленные зоны флюидов (гидротермальных растворов), горные породы подвергаются частичной или полной перекристаллизации и цементации.

Новообразованными минералами - индикаторами высоких давлений являются кианит, глаукофан, пироп, омфацит (пироксен), алмаз. Эти минералы фиксируют давления больших глубин, где всегда имеется и некоторый температурный фон, создаваемый геотермальным градиентом. В приповерхностных условиях можно наблюдать и неперекристаллизованные брекчии, милониты, филлониты.

Процессы контактового и дислокационного типов метаморфизма протекают в ограниченных пространствах, т. е. развиваются локально. Контактовый метаморфизм проявляется в виде узкой полосы вокруг магматических тел, а дислокационный – такой же полосой сопровождает тектонические трещины, в связи с чем эти два тип метаморфизма объединяются под общим названием **локальный метаморфизм** (рис. 3).

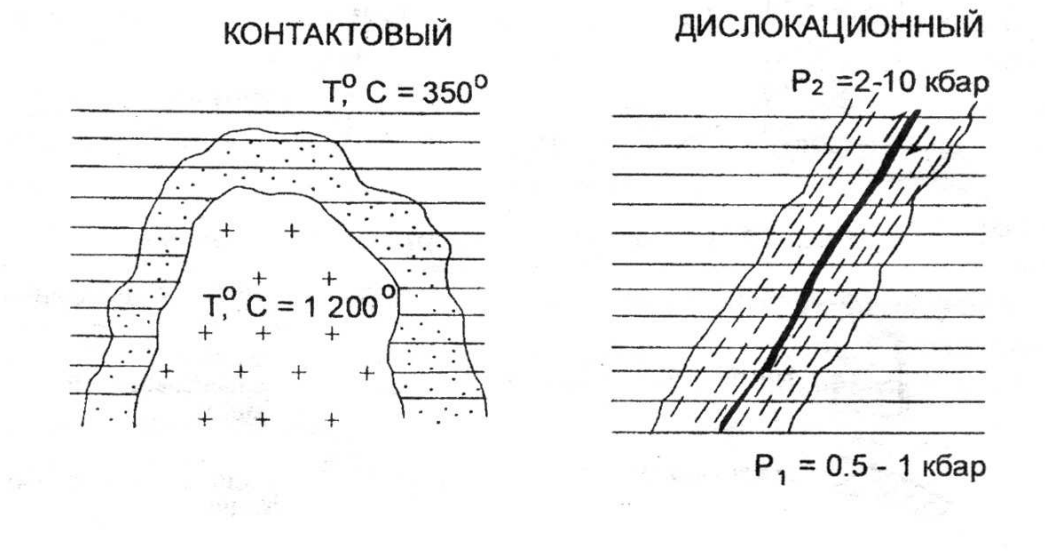


Рис. 3. Локальные типы метаморфизма

В противоположность локальному выделяют **региональный метаморфизм.** Региональный метаморфизм – широкомасштабный процесс, охватывающий огромные территории в пределах подвижных поясов земной коры. Главными его факторами являются температура и давление, а также воздействие воды и углекислоты, содержащихся в исходных породах и способствующих ходу химических реакций. Преобразование горных пород, происходящее на глубине без существенного плавления и метасоматоза, сопровождается перекристаллизацией и развитием новых минералов в условиях расплющивания и пластического течения вещества, что приводит к появлению характерной для метаморфических образований ориентированности (параллельному расположению) минеральных зерен. Породы регионального метаморфизма имеют наиболее широкое распространение.

Метасоматоз контактовый – процесс метасоматического изменения горных пород в контакте с интрузивными телами. При метасоматозе возникают как экзометасоматиты, то есть контактовоизмененные вмещающие породы под воздействием внедрившихся в них интрузий, так и эндометасоматиты, являющиеся продуктами изменения самих интрузивных образований при биметасоматических реакциях. Температурный режим этих процессов изменяется от 900 до 300-200 ºС. Примерами контактового метасоматоза могут служить скарнообразование, грейзенизация и пр.

1.2. Фации метаморфизма

В зависимости от параметров метаморфизма и минерального состава образующихся пород выделяют **фации метаморфизма**, понимая под этим термином совокупности горных пород, минеральный состав которых находится в равновесии при данных условиях метаморфизма.

Для метаморфических пород, в соответствии с типами метаморфизма, выделяют две группы фаций:

- фации умеренных давлений (региональный метаморфизм);

- фации высокого давления (дислокационный метаморфизм).

Метаморфические породы **умеренных давлений** подразделяются на четыре фации. По мере возрастания Р-Т условий регионального метаморфизма выделяют: 1 – зеленосланцевую фацию; 2 – эпидот-амфиболитовую фацию; 3 – амфиболитовую фацию; 4 – гранулитовую фацию. Название фации определяется по типичной породе, сложенной определенной ассоциацией минералов. В области термодинамических условий гранулитовой (иногда амфиболитовой) фации в породе может отмечаться частичное плавление, такое преобразование называют ультраметаморфизмом. Это переходная зона от метаморфизма к магматизму, сложенная мигматитами.

Фация зеленых сланцев (зеленосланцевая) соответствует наиболее низкотемпературной ступени регионального метаморфизма и объединяет породы, сформировавшиеся в температурном интервале 250-450 °С при давлении от 1,5 до 3 кбар. Широкое развитие минералов зеленого, светло-зеленого цвета (хлорита, актинолита, серицита, талька и др.) определило название фации.

Эпидот-амфиболитовая фация отвечает более высокотемпературной ступени регионального метаморфизма (Т = 450-600 °С, Р = 3-6 кбар) и поэтому характеризуются заменой низкотемпературных минералов более высокотемпературными. Граница прорисована линией исчезновения хлорита и замещением его биотитом. В этой фации появляется гранат, эпидот, ставролит, роговая обманка и другие. Наиболее широко распространены кристаллические сланцы с гранатом, биотитом, мусковитом, ставролитом и другие.

Амфиболитовая фация представлена гнейсами, амфиболитами, для образования которых требуются уже значительные температуры и давление (Т = 600-800 °С, Р = 4-8 кбар). При этих условиях исчезает эпидот, ставролит.

При высоком содержании в породах воды наступает частичное их плавление – анатексис с возникновением гранитного расплава, что приводит к образованию мигматитов.

Гранулитовая фация отличается наиболее интенсивными параметрами метаморфизма (Т = 750-1100 °С, Р = 6-11 кбар). Такие условия создавались на больших глубинах, на ранних стадиях развития Земли – архейского и протерозойского эонов. Породы, сформированные в условиях этой фации, почти полностью лишены воды; гидроксилсодержащие минералы в них содержатся редко.

В условиях дислокационного метаморфизма выделяются **фации высокого давления,** которые локализуются в глубинных узких тектонических зонах, формируются в условиях повышенного давления (до 10-20 кбар) и температурах 300-800 °С.

Глаукофановая фация является наиболее низкотемпературной и в этом отношении сопоставимой с зеленосланцевой фацией. Эта фация характеризуется развитием различных сланцев, в которых обычно присутствует хлоритоид, фенгит, парагонит, глаукофан.

Фация дистен-мусковитовых сланцев и дистеновых гнейсов соответствует примерно интервалам температур эпидот-амфиболитовой фации умеренных давлений, но наряду с минералами, свойственными указанной фации появляются новые минералы, индикаторы высокого давления – дистен, омфацит, глаукофан, пироповый гранат, парагонит и ряд других

минералов. Обычными породами этой фации являются дистен-мусковитовые (парагонитовые) сланцы и более высокотемпературные дистеновые гнейсы.

Эклогитовая фация включает весьма своеобразные породы, называемые эклогитами. Главными минералами эклогитов является пироксен (омфацит) и гранат (пироп).

3.3. Особенности минерального состава метаморфических горных пород

Широкий диапазон термодинамических условий проявления метаморфизма обусловил большое разнообразие минерального состава пород. Кроме того, этот набор минералов зависит от состава исходных пород. Сам механизм перекристаллизации пород, протекающий в твердом виде, представляет собой сложный процесс замещения одних минералов (неустойчивых при новых Р-Т- условиях) другими, более устойчивыми. При этом важную роль играют поровые флюиды как катализаторы реакций замещения.

Кроме упоминавшихся минералов, входящих в состав магматических пород, выделяется группа минералов, характерных преимущественно для метаморфических пород.

Тальк – низкотемпературный чешуйчатый минерал, возникающий при гидротермальной проработке магнезиальных пород. Мягкий, с жирным блеском.

Хлорит – низкотемпературный чешуйчатый минерал часто с зеленоватым оттенком. Образуется при гидротермальной проработке основных пород.

Серпентин – возникает как продукт гидротермальной проработки ультраосновных пород. Не обладает четко выраженной формой (иногда образует волокнистые агрегаты), серого с зеленоватыми оттенками цвета.

Серицит – низкотемпературная, мелкочешуйчатая, наиболее гидроксилнасыщенная разновидность слюды - мусковита. Присутствие в породе серицита обусловливает ее шелковистый блеск.

Эпидот – образует призматические кристаллы, лучистые или зернистые агрегаты. Цвет светло-зеленый. Блеск сильный стеклянный.

Гранат – кристаллы изометричные в виде ромбододекаэдров, реже зернистые агрегаты. Цвет – от коричневого до красного. Макроскопически легко узнается по характерному облику кристаллов и цвету.

Актинолит – низкотемпературная разновидность роговой обманки. Образует волосовидные, тонколучистые неориентированные агрегаты. Цвет светло-зеленый.

Глаукофан – разновидность роговой обманки, образующаяся при высоких давлениях. Образует тонколучистые агрегаты. Цвет густо фиолетовый до черного.

Ставролит – кристаллы в виде коротких ромбического сечения призм, характерные двойники, напоминающие прямой или косой (угол 60°) крест. Цвет коричневый, красно-бурый до черного. Легко узнается по цвету и двойниковым формам.

Дистен (кианит) – кристаллы длинные, уплощенные. Имеет анизотропию твердости. Цвет голубой или синий.

3.4. Текстуры и структуры метаморфических горных пород

Текстуры и структуры метаморфических пород зависят от специфических физических условий их образования. Эти условия отличаются от термодинамических параметров кристаллизации магматических пород, для которых действует в полной мере известный закон Паскаля, обеспечивающий при любом направленном тектонических движений одинаковое давление во все стороны. Этим условием обеспечивается повсеместная массивная текстура глубинных магматических пород. Слюды в гранитах, например, благодаря действию закона Паскаля, не ориентированы в одном направлении.

Метаморфические процессы не достигают условий плавления, поэтому породы изменяются в твердом или пластичном состоянии, когда закон Паскаля работает лишь частично или не проявляется вовсе. Для регионального метаморфизма, например, ориентированное давление влияет на форму возникающих минералов, а также на их параллельную или субпараллельную ориентировку. Поэтому у низкотемпературных продуктов регионального метаморфизма отмечаются, как правило, **сланцеватые текстуры** с параллельным и субпараллельным расположением вытянутых, уплощенных или чешуйчатых минералов.

С повышением температуры, в условиях амфиболитовой фации, когда вещество начинает проявлять пластические свойства, а значит, частично проявляется закон Паскаля, четкая ориентировка удлиненных, уплощенных минералов постепенно исчезает, т. к. давление становится, до определенной степени, всесторонним. Такая текстура со слабо выраженной ориентировкой минералов называется **гнейсовой,** по названию главного и типичного представителя пород амфиболитовой фации - гнейса.

Максимальное проявление закона Паскаля достигается в условиях гранулитовой фации, поэтому ее продукты не несут следов ориентировки минералов, а текстура называется **массивной** как у глубинных магматических пород.

Так как региональный метаморфизм протекает в условиях тектонического давления, то сланцеватые текстуры могут усложняться мелкой складчатостью. Тогда такая текстура называется плойчатой. Нередко метаморфические процессы высокотемпературных фаций сопровождаются расслоением первично однородной массы на слои контрастного минерального состава. Образуются темно-окрашенные (с амфиболом, слюдами) и светлоокрашенные (с кварцем, полевым шпатами) слои. В этом случае говорят о **полосчатой** текстуре пород.

Более широкий диапазон текстур характерен для продуктов локального (контактового и дислокационного) метаморфизма. Для скарнов, роговиков, березитов, лиственитов, мраморов, образующихся при контактовом метаморфизме без проявления тектонического (стрессового) давления, наиболее часто отмечается **массивная** текстура, хотя может встречаться пористая, ноздреватая, пятнистая и другие.

Структурные особенности метаморфических пород также в существенной степени определяются Р-Т условиями среды минералообразования. Очевидно, что в условиях полной анизотропии среды, когда относительно «холодная» твердая порода подвергается тектоническому направленному сжатию, легче кристаллизоваться и расти чешуйчатым минералам, которые относительно легко могут наращивать свой размер вкрест, перпендикулярно вектору давления. В то же время в условиях изотропной среды гранулитовой фации, когда давление становится всесторонним, возникают благоприятные условия для кристаллизации изометричных, объемных минералов.

Так как для метаморфических процессов отмечается тесная обусловленность внешними факторами формы минералов, эта особенность заложена в понятие структуры (в противоположность магматическим и осадочным породам, где в понятие структуры вкладывается не форма, а размер минералов, зерен и т. д.). Форма минералов, а значит и структура породы, совместно с ее текстурными особенностями позволяют восстанавливать Р-Т условия образования продуктов метаморфизма.

Конкретные названия структур определяются несколькими латинскими названиями упомянутых форм минералов: лепидос - чешуйка; нематос - нить, иголка; гранос - зерно. Кроме того, следует помнить, что метаморфизм – процесс постоянного обновления минерального состава породы, все минералы вновь выросшие, возникшие. Этот процесс называется бластезом (от греческого «бластос» – росток). В итоге структуры продуктов регионального метаморфизма, в зависимости от формы слагающих ее минералов, могут называться: лепидобластовая, гранобластовая, нематобластовая, либо более сложными комбинированными названиями: лепидо-гранобластовая, немато-гранобластовая или лепидо-немато-бластовая т. д.

Гранобластовая структура чаще отмечается для пород амфиболовой и гранулитовой фаций метаморфизма при наличии зерен изометричной формы кварца, полевых шпатов, гранатов, карбонатов и др.

Лепидобластовая характерна обычно для зеленосланцевой фации при обилии чешуйчатых, листоватых минералов – серицита, мусковита, биотита, хлорита, талька, серпентина.

Нематобластовая в чистом виде встречается редко (амфиболиты, актинолитовые сланцы) и отличаются наличием минералов игольчатой, длиннопризматической формы (эпидот, роговая обманка, актинолит, кианит, рутил).

Иногда в породе отмечаются разнозернистые агрегаты, когда один из новообразованных минералов резко выделяется по размеру среди остальных. В этом случае можно говорить о **порфиробластовой** структуре.

Значительно меньшую информацию об условиях образования несут структуры контактового метаморфизма, продукты которого чаще всего обладают **кристаллобластовыми** структурами.

Среди пород регионального метаморфизма имеется два характерных исключения. В зависимости от Р-Т условий различные формы минералов возникают лишь в том случае, если в исходном химическом составе имелись в наличии необходимые породообразующие компоненты, позволяющие строить все многообразие решеток минералов (чешуйчатых, игольчатых, зернистых). Среди осадочных пород известны две мономинеральные, а значит простые по составу, образования - известняки ($CaCO_3$, $MgCO_3$) и кварцевые пески (SiO_2). При метаморфизме эти простые по составу породы не способны формировать игольчатые, чешуйчатые и другие, кроме зернистых, формы. Поэтому известняки при метаморфизме переходят в мономинеральную (с одним кальцитом) породу – мрамор с возможным укрупнением зерна по мере роста температуры. Аналогично ведут себя кварцевые пески, которые способны образовать только зернистый агрегат кварцита. Так как отмеченные породы не способны реагировать на давление изменением формы зерен, то для них, обычно, трудно восстановить тип метаморфизма – региональный или контактовый.

3.5. Методика выполнения лабораторной работы

Основная цель лабораторной работы – знакомство с метаморфическими горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом. Студенты должны научиться определять продукты разных типов метаморфизма (регионального, термального и дислокационного) и, при возможности, устанавливать их исходный состав (эдукт).

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте).

Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4

ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

4.1. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

4.1.1. Литогенез

Формирование осадочных пород представляет собой сложный и длительный процесс, связанный с экзогенными процессами. В образовании осадочных пород выделяют следующие стадии: 1) образование исходного осадочного материала; 2) перенос осадочного материала; 3) накопление осадка (седиментогенез); 4) преобразование осадка в осадочную породу (диагенез); 5) изменение осадочной породы до начала метаморфизма или начача выветривания (катагенез). Процесс формирования осадочной породы, начиная от образования исходного материала и заканчивая превращением осадка в породу, носит название литогенеза. Крупный вклад в изучение этого процесса внесли советские учёные Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, Г. Ф. Крашенинников, Н. Б. Вассоевич, Л. Б. Рухин, Н. В. Логвиненко, Т. А. Лапинская и др.

Исходным материалом осадочных пород служат продукты разрушения магматических, метаморфических и ранее образовавшихся осадочных пород на поверхности Земли. Разрушаются горные породы и входящие в их состав минералы в результате экзогенных процессов, причём основная масса продуктов разрушения образуется в результате выветривания. Под действием поверхностных вод и в меньшей степени ледников и ветра продукты разрушения переносятся к областям седиментации (осадконакопления). Весь этот материал, находящийся на стадии переноса, при соответствующих условиях рельефа и геохимической обстановки может перейти в осадок. При этом начинается третья стадия образования породы - седиментогенез, или накопление осадка. Осаждение частиц может быть временным, когда частицы вновь подхватываются движением среды, или окончательным, когда происходит накопление осадка, т. е. постепенное закрепление частиц на дне.

Подавляющая масса осадков накапливается в конечных водоёмах стока - озёрах и, главным образом, морях. Такие осадки называют субаквальными. В отличие от них осадки, накапливающиеся на суше, вне водной среды, называют субаэральными. В конечных водоёмах стока в зависимости от характера поступающего материала, а также от гидродинамического и гидрохимического режимов формируются осадки трёх типов: обломочные, органогенные и хемогенные. Характерно, что породы биогенного происхождения встречаются только в толщах субаквальных отложений. Субаэральные отложения обычно представлены только обломочными и хемогенными образованиями, отличными по своим свойствам от тех же разностей, сформировавшихся в субаквальных условиях. На стадии седиментогенеза закладываются такие важные свойства осадка, как минеральный состав, размер и форма слагающих его частиц, слоистость. Следующим этапом формирования породы является стадия диагенеза. Диагенез - совокупность процессов, преобразующих осадок в осадочную породу. Свежесформированные осадки обычно образуют рыхлые, сильно обводнённые слои, насыщенные разнообразными химически активными соединениями. Кроме минеральных веществ в осадке присутствует органическое вещество в виде остатков отмерших организмов и живые бактерии.

Только что образовавшийся осадок представляет собой рыхлое или текучее тело, обильно обводненное, богатое микроорганизмами и состоящее из весьма разнообразного материала, частью твердого, частью жидкого и газообразного. Главная особенность свежесформированного осадка - отсутствие равновесия между входящими в его состав реакционноспособными соединениями. Из-за неравномерности свежий осадок представляет собой неустойчивую физико-химическую систему. Так, в осадке имеется

много кислорода и богатых им веществ, здесь же - живые организмы, нуждающиеся в кислороде для своего существования, и органическое вещество, которое способно к окислению и сгоранию. Пропитывающая иловый осадок вода по составу почти не отличается в первый момент от воды наддонной. Эта вода не насыщена карбонатами, кремнеземом, фосфатами и другими компонентами; в то же время в осадке много биогенно осажденных или перенесенных в виде взвеси кальцита, магнезита, кремнезема и других веществ. В состав глинистых минералов в виде примеси входят также поглощенные ими катионы многих металлов.

После фиксации осадка на дне естественно начинается процесс уравновешивания этой системы. Физико-химическое равновесие достигается при процессах обезвоживания, разложения органических остатков, уплотнения и цементации осадков, образования конкреций.

Стадией диагенеза заканчивается процесс собственно формирования осадочной горной породы. Она продолжает существовать в земной коре до тех пор, пока находится в термодинамических условиях, характерных для верхних горизонтов. Однако и здесь осадочная горная порода не остаётся неизменной. Наступает стадия катагенеза. Катагенез — это совокупность процессов, изменяющих осадочную породу в период её' существования до начала метаморфизма или выветривания. В отличие от диагенетических процессов, обусловленных внутренней неуравновешенностью осадка, причиной катагенез является отсутствие равновесия между породой и средой, в которую она попадает в результате прогибания или подъёма участков земной коры. Основными факторами катагенеза являются температура и воздействие подземных вод. В целом процессы катагенеза протекают менее интенсивно, чем диагенетические, но зато чрезвычайно длительны и приводят к заметным результатам, а именно: уплотнению и обезвоживанию, растворению и выносу ряда минералов подземными водами, перекристаллизации минералов в осадочной породе.

4. 1.2. Химический и минеральный составы осадочных пород

Осадочные горные породы состоят из различных по составу и происхождению компонентов: аллотигенных, органических остатков разного типа и вулканогенного материала.

Аллотигенные (привнесённые извне) компоненты составляют основную массу обломочных и некоторых глинистых пород и представляют собой обломки и частицы пород и минералов различного размера. Как правило, в осадочных породах встречаются обломки наиболее устойчивых минералов и пород. Главным образом это кварц, затем следуют полевые шпаты, слюды. пироксены, амфиболы.

Аутигенные (образовавшиеся на месте нахождения) компоненты образуются за счёт выделения минерального вещества из природных растворов или в результате обменных и других реакций либо в воде бассейна осадконакопления, либо в осадочной горной породе. Наибольшее значение из них имеют глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, соли, оксиды и гидроксиды Fe, Mn, Al, Si, а также фосфаты. Эти минералы слагают основную массу хемогенных и часть глинистых пород, а также широко распространены в цементах обломочных пород и конкрециях.

Органические остатки. В осадочных горных породах присутствуют органические останки или следы жизнедеятельности организмов. Это обломки раковин или скелетных частей различных животных и растительных организмов. В породах биогенного происхождения органические останки являются преобладающим компонентом, а в некоторых случаях породы целиком сложены ими (ракушняки, известняки, мел и др.).

В значительной части современных осадков присутствует вулканогенный материал в виде обломков вулканического стекла и эффузивных пород. Вулканогенный материал попадает в осадки обычно как примесь вулканического пепла, песка и более крупных

образований при извержениях. При этом название породы состоит из двух слов, например, туфогенный песчаник. Следует иметь в виду, что прилагательное в этом словосочетании (в данном случае «туфогенный») означает, что вулканогенного материале в породе меньше, чем терригенного. В песчанистом туфе меньше терригенного материала, чем вулканогенного.

3.2. Классификация осадочных горных пород

Общепризнанных классификаций осадочных горных пород нет, что связано, прежде всего, с разнообразием процессов и факторов, контролирующих образование осадков. В нашей стране распространением пользуется классификация осадочных пород, предложенная в 1958 г. М. С. Шевцовым, в основу которой положено, с одной стороны, их происхождение, а с другой - их химический и минеральный составы. Упрощенная классификация осадочных пород приведена в виде таблицы.

По генетическим признакам среди осадочных горных пород выделяют три главные группы.

1. Терригенные (обломочные) породы образуются в результате механического разрушения ранее существовавших горных пород и накопления обломочного материала. К ним относят песчаники, гравелиты, конгломераты, а также их не сцементированные и неокатанные разности: пески, гравий, дресву, галечник и щебень. В эту же группу входят глинистые породы, являющиеся продуктом преимущественно химического разрушения пород, а также переотложения глинистых минералов, освободившихся при выветривании глинистых толщ и тончайшего дробления химически стойких минералов.

2. Органогенные породы, которые образуются в результате жизнедеятельности организмов (коралловые постройки) и их отмирания (кости рыб, зубы акул и т. д.). В отдельную группу выделяют каустобиолиты, образующиеся из растительных и животных (планктон) останков, преобразованных под влиянием биохимических, химических и другихгеологических факторов и обладающих горючими свойствами. Это - угли, торф, сапропель и др.

3. Хемогенные породы, образующиеся при химическом разрушении, растворении минералов материнских пород и последующем выпадении новых минералов в осадок из пересыщенных растворов.

Более детальное подразделение осадочных пород в пределах выделяемых генетических групп производится по вещественному и минеральному составам. Терригенные осадочные горные породы по размеру обломков (частиц) подразделяют на грубообломочные (псефиты), песчаные (псаммиты), пылеватые (алевролиты) и глинистые (пелиты). По характеру связи (цементации) обломочного материала их подразделяют на сцементированные и несцементированные (рыхлые).

При классификации органогенных и хемогенных пород определяющим является их химический состав.

3.3. Текстуры и структуры осадочных горных пород

Строение осадочных пород характеризуется текстурой и структурой.

Текстура - это общий рисунок породы, черты ее строения, определяемые способом заполнения пространства, характером сочетания между собой элементарных частиц (минералов, зерен, обломков). Текстура породы формируется с этапа накопления осадка. Возникшие в процессе осадконакопления первичные текстуры отражают состояние среды в момент накопления осадочного материала и результаты её взаимодействия с осадком. Вторичные текстуры возникают в уже сформировавшейся породе при процессах диагенеза и гипергенеза.

'Структура осадочной породы - это особенности её строения, которые определяются размером, формой, степенью однородности составных частей, а также количеством, размером и степенью сохранности органических остатков. Элементы структуры породы формируются на протяжении всех этапов образования и жизни породы.

Важнейшим признаком, характеризующим строение осадочных пород, является их слоистая текстура. Образование слоистости связано с условиями накопления осадков. Любые перемены этих условий вызывают либо изменение отлагающегося материала, либо обстановку в его поступлении, что внешне выражается в появлении слоев.

Классификация осадочных горных пород

ТЕРРИГЕННЫЕ				
Структура	Рыхлые, несцементированные		Сцементированные	Размер, мм
	неокатанные	окатанные		
псефитовая	Глыбы Щебень Дресва	Валуны Галечник Гравий	>50 Конгломераты 10 Гравелит	> 1-10
псаммитовая	Песок		Песчаник	0,1-1,0
алевритовая	Алевриты		Алевролиты	0,01 -ОД
пелиговая	Глины		Аргшшпы	<0,01
ОРГАНОГЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Известняки, мел			CaCOз	
Доломит			CaMg(CQ,)	
Опоки, трепела			SiQz-nHaO	
Сапропелиты, торф, уголь			Органические соединения углерода	
ХЕМОГ ЕННЫЕ				
Название			Химический состав	
Соли галоидные: галит сильвин Соли сернокислые: гипс ангидрит Соли фосфатные: аштит Бурые железняки Бокситы			NaCl KC1 CaS0$_4$-2H20 CaS0$_4$ АЩз • nH$_2$O, Al(OHb A10(OH)	

Слои представляют собой более или менее плоские тела, горизонтальные размеры которых во много раз больше их толщины (мощности), и отделяющиеся друг от друга поверхностями напластования. Слоистая текстура обусловлена чередованием слоев нескольких разностей осадочных пород и может быть вызвана резким изменением размера обломочных частиц и вещественного состава пород либо ориентировкой осадочного материала.

Для осадочных пород характерна также пористая текстура, характеризующая степень её проницаемости. По степени пористости выделяют следующие породы:

микропористые, в которых пористость не заметна на глаз, но устанавливается специальными методами;

мелкопористые, в которых можно различить мелкие частые поры;

крупнопористые - с колебанием размера пор в пределах от 0,5 до 2,5 мм;

кавернозные имеют крупные поры (каверны) на месте выщелоченных раковин и остатков других организмов, а также отдельных частей горной породы.

Для однородных, преимущественно зернистых хемогенных и органогенных пород, характерны массивные текстуры. Все несцементированные осадочные горные породы имеют рыхлую текстуру.

Структура осадочных пород отражает их происхождение. Структуры осадочных пород определяются, главным образом, размером и отчасти формой слагающих их частиц. По величине обломков для терригенных горных пород (мм) выделяют такие структуры, как: галечная (окатанные обломки) - 10 - 100; щебеночная (остроугольные обломки) - 10

- 100; гравийная (окатанные обломки) - 1 - 10 ; дресвяная (остроугольные обломки) — 1-10; псаммитовая -0,1-1; алевролитовая — 0,01 - 0,1; пелитовая - < 0,01.

Для хемогенных пород (известняки, доломит, гипс) характерна кристаллически-зернистая структура. В зависимости от размера слагающих породу зерен выделяют крупнозернистую (преобладают зерна величиной 1,0 -0,5 мм), среднезернистую (0,5 - 0,25 мм), мелкозернистую структуры (0,25 -0,1 мм), иногда, когда порода плохо отсортирована, выделяют разнозернистую структуру.

Оолитовая структура наблюдается в случаях, когда в породе в массовых количествах присутствуют мелкие шаровидные стяжения (оолиты) различного размера (боксит, оолитовый известняк).

Структуры пород, в составе которых большое участие принимают остатки организмов (свыше 20 - 30 % объема породы), определяются степенью сохранности этих останков и их количеством. Выделяются следующие структуры: биоморфная - в случае хорошей сохранности скелетных остатков организмов; детритовая - порода почти полностью состоит из скелетных обломков размером крупнее 0,1 мм.

Осадочные породы имеют самую разнообразную окраску и оттенки. При этом иногда окраска является признаком, характерным для определения этих пород, и зависит: 1) от окраски минералов, слагающих пород; 2) окраски рассеянных в породе примесей и цемента; 3) цвета тончайшей корочки, часто обволакивающей зерна составляющих породу минералов. Белый и светлосерый цвета обычно обусловлены окраской главных минералов осадочных пород (кварца, каолинита, кальцита, доломита и др.) и свидетельствует до некоторой степени о чистоте породы. Темно-серый и черный цвета чаще всего появляются в результате примеси углеродистого вещества и, реже, оксидов и гидрооксидов марганца. Красный и розовый цвета связаны с примесью в породе оксидов железа, а зеленый цвет зависит от примеси закисного железа и присутствия минералов с зеленой окраской - чаще глауконита, реже хлорита и малахита.

4.3. Методика выполнения практической работы

Основная цель практической работы - знакомство с осадочными горными породами, их текстурно-структурными особенностями, минеральным составом.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее.

При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента.

Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.23 ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность

21.05.02 Прикладная геология

специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых
Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
Прикладная геохимия, петрология, минералогия
Геология нефти и газа

форма обучения: очная, заочная

Автор: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 «Прикладная геология» по дисциплине Б1.Б.1.15 «Общая геология» предусматривается написание контрольной работы на тему «Визуальное определение и описание минералов и горных пород в выданных контрольных образцах». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию ПК-1:

- готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией.

Студент должен уметь визуально определять и описывать минералы и горные породы и объяснять с какими эндогенными и экзогенными геологическими процессами связано их образование.

Порядок выполнения контрольной работы

Задания контрольной работы, направленные на оценку уровня знаний, умений, владений, формирующих компетенцию ПК-1.

Основные задачи выполняемой работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

Контрольная работа № 1 по теме 3

Описать и определить название минералов в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 2 по теме 5

Описать и определить название магматической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 3 по теме 6

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Контрольная работа № 4 по теме 12

Описать и определить название метаморфической горной породы в выданных контрольных образцах.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти образцов.

Критерии оценивания: Полнота (0-3 балла) и правильность описания минералов и горных пород (0-1 балла) ; использование методов определения физических свойств минералов и горных пород (0-1 балл)

оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если работа соответствует всем критериям (5 баллов)

оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если 4 балла

оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 3 балла

оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если обучающийся набрал 0-2 балла

Оценка за каждую контрольную работу определяется простым суммированием баллов:

Критерии оценки контрольной работы	*Количество баллов*
полнота описания минералов и горных пород	0-3
правильность описания минералов и горных пород	0-1
использование методов определения физических свойств минералов и горных пород	0-1
Итого	0-5

5 баллов (90-100%) - оценка «отлично»
4 балла (70-89%) - оценка «хорошо»
3 балла (50-69%) - оценка «удовлетворительно»
0-2 балла (0-49%) - оценка «неудовлетворительно»

Результаты текущего контроля фиксируются преподавателем.

Для осуществления текущего контроля знаний, умений, владений обучающихся используется комплект оценочных средств (приложение 1).

Порядок описания образцов минералов и горных пород

Часть 1. Минералы. Основная цель работы – определение минералов и их физических свойств. Исследование физических свойств выполняется в соответствии с рекомендациями, изложенными в методических указаниях по выполнению лабораторных работ. Вначале определяется форма и характер минеральных агрегатов, затем цвет, блеск и другие физические свойства. Полученные данные сводятся в таблицу описания минералов.

Название минерала, формула	Форма кристаллов или минераль-ных агрегатов	Физические свойства минералов						Приме-чание
		цвет	цвет черты	блеск	спай-ность	твер-дость	спец. св-ва	
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Часть 2. Магматические горные породы

Порядок описания интрузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен и для равно-, полнокристаллических по абсолютному размеру зерен).
3. Текстура.
4. Минералогический состав в процентах.
5. Характеристика каждого из минералов, входящих в состав породы (размер и форма зерен, цвет, спайность, излом, блеск).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
7. Эффузивный аналог.

Порядок описания эффузивных пород.

1. Цвет.
2. Структура (по степени кристаллизации, по относительному размеру зерен).
3. Текстура. Соотношение основной массы и вкрапленников в процентах.
4. Характеристика основной массы (цвет, особенности).
5. Характеристика вкрапленников (цвет, форма и размер зерен, спайность, блеск, излом, вторичные изменения).
6. Вывод: название породы, условия образования, группа по степени кислотности и щелочности.
6. Глубинный (интрузивный) аналог.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Выполнение лабораторных работ проводится в определенной последовательности: вначале определяется текстура породы, позволяющая устанавливать тип метаморфизма; затем исследуются структурные особенности, по которым восстанавливают термодинамические условия проявлений метаморфизма (фации – для продуктов регионального метаморфизма), которые уточняются после диагностики минерального состава породы. По совокупности полученных сведений о метаморфической породе делаются выводы об исходной породе (эдукте). Описание пород ведется в следующей последовательности: цвет породы, текстура, структура, минеральный состав. По совокупности всех описанных признаков студент должен определять тип метаморфизма, фациальный уровень (Р-Т- условия), и при возможности предположить возможный состав эдукта.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Правильное определение осадочных горных пород возможно только при полном учете всего комплекса внешних свойств. Подробно должны быть описаны текстура и структура породы, характер слоистости (в случае отсутствия последней это должно быть специально указано), наличие или отсутствие кавернозности и т. д. Необходимо устанавливать и указывать возможно точнее структуру породы со всеми ее особенностями, окраску, твердость, излом, удельный вес и другие признаки, точно определять состав породы. Не менее подробно, чем породу, следует описывать и все инородные включения в нее: органические остатки, конкреции, прожилки, различные выделения, выцветы, примазки и т. д. Полное описание дает возможность установить тип породы и способ ее образования, а тем самым и определить ее. При описании псефитов следует указывать состав, окраску, величину и характер окатанности обломков, состав и окраску цемента и соотношение в породе обломков и цемента. Описывая глину, необходимо указать следующие ее внешние признаки: цвет, причем подчеркнуть, в каком состоянии влажности описывается глина; пластичность (глина бывает жирная, пластичная, сухая и песчанистая); характер примесей, часто обусловливающих окраску; структуру; растительные остатки и окаменелости.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
комплексу _____ С.А. Исаев

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ» ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Автор: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры геологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Введение

Естественные науки – совокупность наук о природе. Природа – в широком смысле – все сущее, весь мир в многообразии его форм; объект естествознания. К естественным наукам относятся и география, и геология. **География –** система естественных – физико-географических и общественных – экономико-географических наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и производственно-территориальные комплексы и их компоненты. **Геология –** комплекс наук о составе, строении и истории развития земной коры и Земли (Советский энциклопедический словарь. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979).

В школьных программах нет дисциплины «Геологии». Элементарные сведения о Земле как планете и ее внутреннем строении школьники получают на уроках «Географии» в 6 и 7 классах. Для изучения геологических вопросов рекомендуем самостоятельно читать учебники по геологии. В настоящее время выпущено огромное число самых различных учебников, учебных пособий, методических указаний по всем направлениям геологических наук. Любой желающий по своему усмотрению без особого труда может для себя их приобрести. Но следует помнить афоризм Козьмы Пруткова: «Никто не обнимет необъятного!» Нельзя школьникам сразу преподносить геологические знания в объеме читаемой в высшей школе, но знать основы геологии необходимо каждому грамотному человеку для того, чтобы понимать историю развития природы. Без этих знаний невозможно понять процесс формирования как прошлых, так и современных ландшафтов – важнейших составных частей географической оболочки Земли.

Для квалифицированного подхода к встрече с природными объектами рекомендуем иметь элементарные познания по геологии. Аннотации первоочередных лекций приведены в настоящих методических указаниях.

Геология – это наука о Земле, о ее свойствах и изменениях, происходящих на ней в настоящее время, а также совершавшихся во времена прошедшие. Геология – это история Земли, и эту историю она сама записывает. Она сама ведет свою автобиографию; ведет ее без перерыва почти от начала своего образования и до настоящего времени, записывая ее на своих каменных страницах, и человеку остается лишь научиться читать эту занимательную каменную летопись, научиться понимать эти каменные письмена, в которых буквами являются попадающиеся нам под ноги камешки, а чернилами – воды ручьев, рек и морей. Вначале мы должны научиться различать буквы – камни, потом должны постигнуть самый процесс чтения записей Земли, для этого должны изучать геологические процессы, и лишь после того, как мы хорошо освоимся с ними, мы можем приступить к чтению древних страниц этой летописи. В этой великой многотомной летописи Вселенной всякая летопись человека, будь то самый древний папирус, является лишь одной незначительной строчкой, помещенной в конце ее последней страницы. Читая эту великую автобиографию, мы уносимся в бесконечно отдаленные от нас, неизмеримые даже тысячелетиями, времена. Эти далекие времена отдалены от нас во времени так, как отдалены от нас в пространстве далекие, загадочно мерцающие звезды.

Но где и как можно научиться читать эту великую летопись Земли? Где и как надо изучать геологию? Везде и всюду – в каждом овраге, в каждой речке, в любом карьере можно наблюдать результаты геологических процессов. Для изучения геологических процессов необходимо принимать участие в геологических экскурсиях, проходящих по геологическим объектам, доступными непосредственно нашему наблюдению.

1. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

1.1. НАУКА О ЗЕМЛЕ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Два греческих слова "гео" — Земля и "логос – учение позволяют трактовать термин "геология" как науку о Земле. Однако в наше время ограничиться таким простым толкованием уже нельзя, поскольку этот термин объединяет в себе целый комплекс самостоятельных направлений, как фундаментальных, так и прикладных.

Под ***фундаментальными*** обычно понимают те направления, которые разрабатывают понятия, открывают явления, закономерности, свойства, определяющие развитие геологии как науки. Фундаментальность не следует отождествлять с теоретическими разработками. К фундаментальным геологическим наукам могут быть отнесены следующие дисциплины: геохимия, минералогия, петрография, геотектоника, общая геология и историческая геология. Названные дисциплины занимаются различными уровнями организации вещества Земли в пространстве и во времени. Именно это обстоятельство в основном и определяет фундаментальность каждого из названных направлений. Все они теснейшим образом связаны между собой.

К ***прикладным направлениям*** принято относить те, которые непосредственно работают на производство: создают приёмы, методы, технологию геологических исследований, связанных в первую очередь, с поисками и разведкой полезных ископаемых, а также охраной и рациональной эксплуатацией земных недр. Их в современной геологии значительно больше, чем фундаментальных. Назовём лишь несколько: региональная геология, структурная геология, геологическое картирование, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, инженерная геология.

1.2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ГЕОЛОГИИ

Объектом общей геологии является Земля в целом: её возникновение как планеты, формирование внутренних и внешних оболочек, их функционирование и взаимодействие. Иными словами, речь идёт об изучении Земли как геологической системы.

Предметом непосредственного изучения геологии служат минералы, горные породы, ископаемые органические остатки и современные геологические процессы.

В основе научного познания геологической истории Земли, реконструкции процессов и обстановок прошлого лежит ***метод актуализма.*** При использовании этого метода к пониманию прошлого идут от изучения современных процессов, но с осознанием того, что в прошлом, особенно отдалённом от современности, и физико-географическая обстановка, и сами процессы отличались от современных тем больше, чем больше отдалена от нас прошлая геологическая эпоха.

1.3. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОЛОГИИ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Огромное значение, которое имеет геология, может быть рассмотрено в двух аспектах - общенаучном и народнохозяйственном.

Общенаучное значение геологии заключается в её неоценимой роли в формировании материалистического понимания природы. Данные геологии играют важную роль в диалектико-материалистическом обосновании философских принципов, отражающих материальное единство мира и его развитие,

Практическое значение геологии заключается в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами различных отраслей хозяйства, в инженерно-геологическом обосновании строительства разнообразных гражданских и промышленных объектов, в решении питьевого и технического водоснабжения.

1.4. КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

Геология зародилась в глубокой древности. Задолго до новой эры человек научился выплавлять металлы, использовать минеральную воду. Издавна привлекали внимание человека и природные процессы. Однако временем возникновения геологии как науки принято считать вторую половину ХУШ в. – период зарождения и бурного развития горнодобывающей промышленности. В России основоположником обобщений геологических знаний стал М.В. Ломоносов (1711-1765), в Западной Европе - Д.Геттон (1726-1797) и А.Г.Вернер (1750-1817).

2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗЕМЛЕ

2.1. ЗЕМЛЯ ВО ВСЕЛЕННОЙ

"Вселенная, весь мир, бесконечный во времени и пространстве и бесконечно разнообразный по тем формам, которые принимает материя в процессе своего развития. Вселенная существует объективно, независимо от сознания человека, её познающего. Вселенная содержит гигантское множество небесных тел, многие из которых по размерам превосходят Землю иногда во много миллионов раз (БСЭ, т.5, с. 1315). Доступная для изучения часть Вселенной называется ***Метагалактикой,*** включающей свыше миллиарда звёздных скоплений, или ***галактик*** (греч. "галактика" - молочный, млечный).

Наша ***Галактика Млечного Пути*** - типичная звездная система с массой около 10^{10} масс Солнца относится к типу спиральных и включает свыше 150 миллиардов звёзд. С Земли, расположенной внутри Галактики, Млечный Путь представляется в виде широкой белёсой полосы звезд, пересекающей небо. Период обращения Солнца и звёзд вокруг центра Млечного Пути 200 млн. лет. Возраст Галактики около 12 млрд. лет. Когда речь идёт о Солнечной системе, то имеется в виду Солнце и всё, что находится в поле его тяготения. К наиболее крупным телам этой системы относятся 9 планет, 34 их спутника, многочисленные кометы и астероиды. Согласно современным космогеническим представлениям Земля и другие планеты Солнечной системы образовались 4,6 млрд. лет назад почти одновременно с Солнцем.

Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите на среднем расстоянии 149,6 млн. км (144,117 млн. км в перигелии, 152,083 в афелии), период обращения 365,242 средних солнечных суток (год), скорость в среднем 29,765км\с (30,27км\с в перигелии, 29,27км\с в афелии). Период обращения Земли вокруг оси 23 час 56 мин 4,1 с (сутки).

Пожалуй, все согласны с тем, что исходным веществом для формирования Солнечной системы послужили межзвёздная пыль и газы, широко распространенные во Вселенной. Но каким образом в их составе оказался полный набор химических элементов таблицы Менделеева и что послужило толчком для начала конденсации газа и пыли в протосолнечную туманность остается дискуссионной проблемой. Следующая стадия образования Солнечной системы предусматривает распад протопланетного диска на отдельные планеты внутренней и внешней групп с поясом астероидов между ними. Промежуточной фазой было образование сонма твердых и довольно крупных, до сотен километров в диаметре, тел, именуемых планетезималями, последующее скопление и соударение которых и явилось процессом аккреции (наращивания) планеты. Этот процесс занял не более сотни миллионов лет, т.е. был с геологической точки зрения очень быстрым.

Важнейшее отличие Земли от других планет Солнечной системы - существование на ней жизни, появившейся 3-3,5 млрд. лет назад и достигшей с появлением человека (12 млн. лет назад) своей высшей формы.

2.2. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

Под фигурой, или формой Земли, понимают форму ее твердого тела, образованную поверхностью материков и дном морей и океанов. Форма планеты определяется ее вращением, соотношением сил притяжения и центробежной, плотностью вещества и его распределением в теле Земли. Геодезические измерения показали, что упрощенная форма Земли приближается к ***эллипсоиду вращения (сфероиду)***. В СССР в качестве эталона в 1946 году был принят эллипсоид Ф.Н.Красовского и его учеников (А.А.Изотов, и др.), основные параметры которого подтверждаются современными исследованиями и с орбитальных станций. По этим данным экваториальный радиус равен 6378,245 км, полярный радиус 6356,863 км, полярное сжатие 1/298,25.

Поверхность реальной Земли чрезвычайно сложна и во всех деталях навряд ли может быть описана с помощью математических формул. Однако эта сложность существенно уменьшается при переходе от крупномасштабного к мелкомасштабному изображению, когда особенности рельефа Земли рассматриваются для достаточно обширных территорий.

В связи с расчлененностью рельефа (наличием высоких гор и глубоких впадин) действительная форма Земли является более сложной, чем трехосный эллипсоид. Наиболее высокая точка на Земле - гора Джомолунгма в Гималаях - достигает высоты 8848 м. Наибольшая глубина - 11 034 м - обнаружена в Марианской впадине. Таким образом, наибольшая амплитуда рельефа земной поверхности составляет немногим менее 20 км. Учитывая эти особенности, немецкий физик Листинг в 1873 г. фигуру Земли назвал геоидом, что дословно обозначает «землеподобный». **Геоид** — некоторая воображаемая уровневая поверхность, которая определяется тем, что направление силы тяжести к ней будет всегда перпендикулярно. Эта поверхность совпадает с уровнем воды в Мировом океане, который мысленно проводится под континентами. Это та поверхность, от которой проводится отсчет высот рельефа. Поверхность геоида приближается к поверхности трехосного эллипсоида, отклоняясь от него местами на величину 100-150 м (повышаясь на материках и понижаясь на океанах, что, по-видимому, связано с плотностными неоднородностями масс в Земле и появляющимися из-за этого аномалиями силы тяжести.

2.4. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Изучение внутреннего строения Земли производится различными методами. Геологические методы, основанные на изучении естественных обнажений горных пород, разрезов шахт и рудников, керна глубоких буровых скважин, дают возможность судить о строении приповерхностной части земной коры. Глубинное внутреннее строение Земли изучается главным образом геофизическими методами: сейсмическими, гравиметрическими, магнитометрическими и др. Одним из важнейших методов является сейсмический, основанный на изучении скорости распространения упругих волн, вызванных естественными и "искусственными" землетрясениями.

На основании скорости распространения сейсмических волн австралийский сейсмолог К. Буллен разделил Землю на ряд зон, дал им буквенные обозначения в определённых усреднённых интервалах глубин, которые используются с некоторыми уточнениями до настоящего времени.

Выделяются три главные области Земли:

Земная кора (слой А) - верхняя оболочка Земли, мощность которой изменяется от 6-7 км под глубокими частями океанов до 35- 40 км под равнинными платформенными территориями континентов, до 50 - 75км под горными сооружениями (наибольшие под Гималаями и Андами).

Мантия Земли распространяется до глубин 2900км. В её пределах по сейсмическим данным выделяются: верхняя мантия - слой В глубиной до 400км и С - до 800 - 1000км (некоторые исследователи слой С называют средней мантией); нижняя мантия - слой D до глубины 2900 с переходным слоем от 2700 до 2900км.

Ядро Земли подразделяется на внешнее ядро - слой Е в пределах глубин 2900 - 4980км; переходную оболочку - слой Г - от 4980 - 5120км; и внутреннее ядро - слой G до 6971 км.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Она представляет собой наиболее активный слой твердой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли,

Мантия Земли является самым крупным элементом Земли - она занимает 83% ее объема и составляет около 66% ее массы.

Верхняя мантия характеризуется резким нарастанием скорости распространения сейсмических волн с глубиной. Выделяется два слоя: В (35-420 км), С (420-1000 км). Внутри слоя В, с глубин 80-100 км под материками и 50-70 км под океанами и до глубин 250-300 км, выделяется слой пониженной вязкости, который носит название *астеносферы*. Астеносфера выделяется по геофизическим данным как слой пониженной скорости, поперечных сейсмических волн и повышенной электропроводности. Повышенная вязкость астеносферы обусловлена, по-видимому, высокой температурой, приводящей, как полагают, к частичному выплавлению базальтовой магмы. Астеносфера играет важную роль в эндогенных процессах, протекающих в земной коре.

Земная кора вместе с твёрдой частью слоя Гутенберга образует единый жесткий слой, лежащий на астеносфере, который называется *литосферой.* По существу литосфера является своеобразной геосферой, отделённой от остальной части мантии активным поясом астеносферы.

Земная кора и верхняя мантия включая астеносферу, представляют собой *тектоносферу* - область Земли, где происходят тектонические явления.

3. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

3.1.ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Под воздействием внутренних, или ***эндогеннных,*** и внешних, или ***экзогенных,*** сил земная кора испытывает постоянные изменения, которые называются ***геологическими процессами***. Соответственно различают эндогенные и экзогенные процессы.

Эндогенные процессы определяются глубинными источниками энергии. В результате на поверхности Земли образуются горные хребты и впадины, в земной коре возникают магматические очаги, происходят вулканические извержения, землетрясения. Эндогенные процессы характеризуются сложностью и большим разнообразием.

Экзогенные **процессы** развиваются на поверхности Земли за счёт энергии Солнца, и их интенсивность связана с активностью атмосферных явлений, геологической деятельностью поверхностных и подземных вод, озер, ледников, морей и океанов.

Сформировавшийся под воздействием эндогенных процессов рельеф молодых горных областей подвергается воздействию экзогенных сил, направленных на

сглаживание, выравнивание рельефа. Таким образом, эндогенные и экзогенные процессы развиваются одновременно, связанно и взаимно обусловленно.

К эндогенным процессам относятся тектонические движения, магматизм и метаморфизм.

3.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ

Совокупность тектонических движений и деформаций, под воздействием которых формируются геологические структуры, называется тектоническими процессами, или *тектогенезом*. Тектонические движения – механические перемещения масс горных пород различного масштаба, сопровождающиеся изменениями их залегания и строения, а также связанными с этими изменениями деформациями (дислокациями). Тектоническим движениям принадлежит ведущая роль в развитии всех геологических процессов, так как они обусловливают перераспределение и трансформацию внутренней энергии Земли, влияют на изменение давления, интенсификацию теплопотока и т.д.

Упрощенно в зависимости от интенсивности, преимущественной направленности и геологических результатов тектонические движения можно разделить на две основные группы - *колебательные и дислокационные.*

3.3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАГМАТИЗМА

Магматизмом называют явления, связанные с образованием, изменением состава и движением магмы из недр Земли к ее поверхности. Магма представляет собой природный высокотемпературный расплав, образующийся в виде отдельных очагов в литосфере и верхней мантии, главным образом в астеносфере. Подъем магмы и прорыв ее в вышележащие горизонты происходят вследствие инверсии плотностей, при которой внутри литосферы появляются очаги менее плотного, но мобильного расплава. Магматизм - это глубинный процесс, обусловленный тепловым и гравитационными полями Земли.

В зависимости от характера движения магмы различают магматизм интрузивный и эффузивный. При ***интрузивном магматизме*** (плутонизме) магма не достигает земной поверхности, а активно внедряется во вмещающие вышележащие породы, частично расплавляя их, и застывает в трещинах и полостях коры. При ***эффузивном магматизме*** (вулканизме) магма через подводящий канал достигает поверхности Земли, где образует вулканы различных типов, и застывает на поверхности. В обоих случаях при застывании расплава образуются магматические горные породы. Температуры магматических расплавов, находящихся внутри земной коры, судя по экспериментальным данным и результатам изучения минерального состава магматических пород, находятся в пределах 700-1100°С.

Измеренные температуры магм, излившихся на поверхность, в большинстве случаев колеблются в интервале 900-1100°С, изредка достигая 1350°С. Более высокая температура наземных расплавов обусловлена тем, что в них протекают процессы окисления под воздействием атмосферного кислорода. На больших глубинах в магме в растворенном состоянии присутствуют летучие компоненты - пары воды и газов (H_2O, H_2, CO_2, HCl и др.). В условиях высоких давлений их содержание может достигать 12%. Они являются химически очень активными подвижными веществами и удерживаются в магме только благодаря высокому внешнему давлению.

3.4. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАМОРФИЗМА

Метаморфизм - преобразование горных пород под действием эндогенных процессов, вызывающих изменение физико-химических условий в земной коре. Преобразованию могут подвергаться любые горные породы: осадочные, магматические и

ранее образовавшиеся метаморфические. Изменение минерального состава при метаморфизме может протекать ***изохимически,*** т. е. без изменения химического состава метаморфизуемой породы, и ***метасоматически,*** т. е. со значительным изменением химического состава метаморфизуемой породы за счет привноса и выноса вещества. Изменение структуры и текстуры пород обычно происходит в процессе перекристаллизации вещества. Особенность метаморфических процессов заключается в том, что они протекают с сохранением твердого состояния системы.

Метаморфизм представляет собой сложное физико-химическое явление, обусловленное комплексным воздействием температуры, давления и химически активных веществ.

3.5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ЭКЗОГЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Экзогенные геологические процессы в отличие от эндогенных протекают в самых верхних слоях земной коры на её границе с внешними геосферами Земли. Их энергетической основой является энергия солнечной радиации и сил гравитации. Экзогенные процессы протекают при нормальных значениях температуры и давления с поглощением тепла и направлены на дифференциацию вещества земной коры. Выделяют четыре группы (стадии) экзогенных геологических процессов: выветривание, денудацию, аккумуляцию, диагенез.

Выветривание (нем. "веттер" - погода) представляет собой процесс глубокого изменения магматических, метаморфических и осадочных горных пород и минералов, оказавшихся неустойчивыми в условиях земной поверхности. Изменение физического и химического состояния первичных минералов и горных пород происходит в месте их залегания в результате физического, химического и биологического воздействия воды, углекислого газа, различных минеральных и органических кислот, живых организмов, а также непосредственного воздействия солнечной радиации.

Денудация (лат. "денудацио" - обнажение) - это совокупность процессов удаления (сноса и переноса) продуктов выветривания с места их образования и непосредственного разрушения горных пород агентами денудации (силы гравитации, воды континентов, морей и океанов, ветер, ледники). Перемещая материал с возвышенностей в пониженные участки рельефа, денудационные процессы приводят к разрушению земной поверхности и образованию выровненных форм рельефа.

Аккумуляция (осадконакопление) - геологические процессы, в результате которых рыхлые продукты разрушения первичных горных пород накапливаются в понижениях рельефа: в речных долинах, озёрах, болотах, морях и океанах.

Диагенез (перерождение) представляет собой сложный процесс преобразования продуктов экзогенной деятельности (осадков) в осадочные горные породы под влиянием гравитационных сил и изменения физико-химических условий в приповерхностной части земной коры.

Все экзогенные геологические процессы тесно взаимосвязаны. Благодаря выветриванию происходит подготовка материала для денудации, а сами продукты выветривания, оставшиеся на месте, являются материалом для образования новых горных пород.

Основными результатами экзогенных геологических процессов являются изменения вещественного состава верхней части земной коры, дифференциация вещества по физическим и химическим свойствам, создание толщ осадочных горных пород и форм рельефа земной поверхности. Благодаря экзогенным процессам формируются почвы и полезные ископаемые. Около 60% мировой добычи полезных ископаемых связано с продуктами экзогенной деятельности.

Вместе с тем разрушения берегов рек, озёр и морей, обвалы, оползни, снежные лавины, размыв и разрушение склонов, рост оврагов и заболачивание территорий - это также результаты деятельности экзогенных геологических процессов

4. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Земную кору — верхнюю твердую оболочку Земли - слагают горные породы (магматические, осадочные и метаморфические), состоящие из определенного сочетания минералов, в состав которых входят различные химические элементы. Изучая такую иерархию: химические элементы – минералы – горные породы, можно судить о строении земной коры в различных структурных зонах.

4.1. МИНЕРАЛЫ

Подавляющие большинство химических элементов образуют в земной коре простые или сложные соединения (исключения составляют инертные газы и некоторые самородные элементы). Химические соединения, образовавшиеся в земной коре в результате природных процессов и обладающие определенными химическим составом и физическими свойствами, называются ***минералами.*** Установлено, что в земной коре содержится около 4000 минералов.

Любой минерал обладает вполне определённым химическим составом и вполне определённой кристаллической структурой, т.е. закономерным расположением в пространстве элементарных частиц (молекул, атомов, ионов). В зависимости от особенностей химического состава и кристаллической структуры минералы образуют многогранники различной формы, называемые кристаллами. Эти же характеристики минералов (химический состав и кристаллическая структура) обуславливают все физические свойства, такие, как цвет, блеск, твёрдость и т.д.

4.2. ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Горными породами называются устойчивые парагенетические ассоциации минералов, возникающие в результате определённых геологических процессов и образующие геологически самостоятельные тела в земной коре. Науки, изучающие горные породы, - петрография, литология, астрофизика и физика горных пород.

Традиционно под горными породами подразумеваются только твёрдые тела, в широком применении к горным породам относят также воду, нефть и природные газы.

Горные породы могут слагаться как одним минералом, так и их комплексом. Минералы, входящие в состав горной породы и определяющие её состав и свойства, называются ***породообразующими***

Если горные породы состоят из одного минерала (кварцит, известняк, каменная соль), они называются ***мономинеральными,*** если же из нескольких -***полиминеральными*** (гравий, глина).

Все горные породы обладают комплексом морфологических особенностей, которые объединяют в понятия структура и текстура. Наряду с химическим и минеральным составом структура и текстура являются важнейшими диагностическими признаками горных пород.

По происхождению горные породы делятся на три класса: осадочные, магматические и метаморфические.

Осадочные горные породы образуются только на поверхности земной коры при разрушении_любых, ранее существовавших горных пород, в результате жизнедеятельности и отмирания организмов и выпадения осадков из пересыщенных растворов.

Магматические горные породы возникают путём кристаллизации природных силикатных расплавов внутри земной коры или на её поверхности.

Метаморфические горные породы возникают путем коренного преобразования магматических, осадочных и ранее существовавших метаморфических пород под влиянием высоких температур, давления и химически активных растворов.

5. СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Строение земной коры рассматривается отдельно по той причине, что эта геосфера является основным объектом геологии и средой горного производства.

Земная кора - это верхняя каменная оболочка Земли, сложенная магматическими, метаморфическими и осадочными породами и имеющая мощностьот 7 до 75 км. Она представляет собой наиболее активный слой твёрдой Земли - сферу деятельности магматических и тектонических процессов. Нижняя граница земной коры как бы зеркально повторяет поверхность Земли. Под материками она глубоко опускается в мантию, под океанами приближается к поверхности Земли.

Выделяют два главных типа земной коры: континентальную и океаническую.

Мощность ***континентальной*** коры в зависимости от тектонических условий меняется в среднем от 25-45 . (на платформах) до 45-75 км (в областях горообразования), однако в пределах каждой геоструктурной области она не остаётся строго постоянной. В континентальной коре различают осадочный, гранитный и базальтовый слои.

Мощность осадочного слоя достигает 20 км , но распространён он не повсеместно. Названия гранитного и базальтового слоев условны и исторически связаны с выделением разделяющей их границы Конрада, хотя последующие исследования показали некоторую сомнительность этой границы.

Основное отличие ***океанической*** коры от континентальной - отсутствие гранитного слоя, существенно меньшая мощность (2-10 км), более молодой возраст (юра, мел, кайнозой), большая латеральная однородность. Океаническая кора состоит из трёх слоев. Первый слой, или осадочный, характеризуется широким диапазоном скоростей и мощностью до 2 км. Второй слой, или акустический фундамент, имеет среднюю мощность 1,2-1,8 км. Глубоководным бурением установлено, что этот слой сложен сильно трещиноватыми и брекчированными базальтами, которые с увеличением возраста океанической коры становятся более консолидированными. Третий слой сложен породами в основном габброидного состава.

Кроме двух главных типов земной коры выделяется кора переходного типа - субконтинентальная в островных дугах и субокеаническая на континентальных окраинах.

Участки земной коры, различающиеся типом геологического строения, называются ***структурными элементами.*** *С* точки зрения закономерностей пространственного строения земной коры океаны и континенты - это ***структуры*** **I** (планетарного) порядка . В пределах структурных элементов I порядка по особенностям геологического строения и развития выделяются структуры П порядка: на материках - платформы и геосинклинальные пояса, на океанической коре - талассократоны и срединно - океанические хребты.

6. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ. ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Геология - наука естественно-историческая, и поэтому особо важное значение имеет ее раздел, посвященный изучению развития геологических событий по времени. Задачи исторической геологии - восстановление физико-географических обстановок накопления осадков в различные эпохи, последовательности формирования пород и их

распределения по относительному возрасту, изучение истории развития органического мира от древнейших эпох до настоящего времени.

6.1. ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ И СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛЫ

В геологии как в никакой другой науке важна последовательность установления событий, их хронологии, основанной на естественной периодизации геологической истории. Геологическая хронология, или геохронология, основана на выяснении геологической истории наиболее хорошо изученных регионов. На основе широких обобщений, сопоставления геологической истории различных регионов Земли, закономерностей эволюции органического мира в конце прошлого века на первых международных геологических конгрессах была выработана и принята Международная геохронологическая шкала, отражающая последовательность подразделений времени, в течение которых формировались определённые комплексы отложений, и эволюцию органического мира. Таким образом, Международная геохронологическая шкала - это естественная периодизация истории Земли.

Среди геохронологических подразделений выделяются: зон, эра, период, эпоха, век, время. Каждому геохронологическому подразделению отвечает комплекс отложений, выделенный в соответствии с изменением органического мира и называемый стратиграфическим: эонотема, группа, система, отдел, ярус, зона. Таким образом существует две шкалы - геохронологическая и стратиграфическая. Первую мы используем, когда говорим об относительном времени в истории Земли, а вторую, когда имеем дело с отложениями. В настоящее время выделяют три наиболее крупных стратиграфических подразделения - эонотемы: архейскую, протерозойскую и фанерозойскую.

6.2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФОРМИРОВАНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Представления о закономерностях формирования земной коры развивались на протяжении длительного времени по мере накопления фактического материала, совершенствования геологических и геофизических методов исследований. Особое значение на современном этапе развития теоретической геологии имеют данные, полученные при изучении обширных океанических территорий, и результаты космических исследований.

Гипотезы горизонтального дрейфа континентов

Механизм горизонтального перемещения континентальных глыб был разработан в 1929г. американским учёным А.Холмсом. Его гипотеза подкоровых течений предполагает существование в мантии (субстрате) медленных конвективных потоков, обусловленных различным накоплением тепла под континентами и океанами. Восходящие конвективные потоки приводят к разрыву коры, раздвиганию блоков и образованию молодого океанического дна. В районах нисходящих потоков, наоборот, блоки сталкиваются, сминаются, образуя системы надвигов, шарьяжей, а глубинные слои коры даже вовлекаются в мантию, переходя в глубинные аналоги базальтов - эклогиты.

Можно отметить, что с разработкой гипотезы А.Холмса идеи мобилизма получили новый импульс, обусловивший их широкую популярность и в наши дни. Кроме того, в последние годы при изучении строения дна океанов получены новые данные, которые также используются для подтверждения возможности горизонтального дрейфа. Эти данные послужили основой гипотезы новой глобальной тектоники, или тектоники плит. Гипотеза разработана американскими учёными Г.Хессом и Р.Дицем. Значительный вклад в её развитие внесли зарубежные и советские геологи.

Основные идеи, положенные в основу гипотезы тектоники плит, связаны с открытием зон формирования молодой океанической коры в зонах рифтообразования и зон поглощения коры у глубоководных желобов.

По мнению авторов гипотезы, в зонах рифтообразования происходит "раздвигание" плит литосферы с образованием молодой океанической коры в центральной рифтовой зоне. Это явление называется ***спрединг*** океанического дна, характеризуется прерывистостью, сопровождается внедрениями мантийного вещества из астеносферы и разрывами маломощных базальтов в рифтовой зоне. С этой активной зоной связаны проявления вулканизма, неглубокие зоны землетрясений и аномалии теплового потока.

Образование новой коры в зонах спрединга сопровождается поглощением блоков (плит) литосферы в других участках нашей планеты. По мнению авторов гипотезы, такими участками являются зоны глубоководных океанических желобов, в которых происходит прерывистое поддвигание одной плиты литосферы под другую. Это явление называется ***субдукцией,*** сопровождается кратковременным выделением значительной механической энергии в виде землетрясений, проявлений вулканизма. Длительное поддвигание океанической коры под континентальную приводит к деформации окраинного моря, смещению островной дуги к континенту и складкообразованию. При этом поддвигание может смениться развитием обширных надвигов океанической коры - ***обдукцией***. Другим путём образования орогенных зон, по мнению авторов гипотезы, является столкновение - ***коллизия*** континентов.

Движущие силы механизма перемещения блоков литосферы авторы гипотезы тектоники плит связывают с конвективным перемешиванием мантийного вещества, что близко к взглядам А.Холмса. Однако в отличие от положений гипотезы подкоровых течений, в соответствии с рассматриваемой гипотезой потоки мантийного вещества здесь замыкаются на уровне астеносферы.

Таким образом, в соответствии с гипотезой тектоники плит под действием потоков мантийного вещества происходят глобальные перемещения континентов, но не изолированно, как считал А.Вегенер, а в составе мощных плит литосферы. При таком горизонтальном перемещении плит в зонах спрединга происходит обновление коры, а в зонах субдукции - её поглощение и растворение в астеносфере.

По современным данным, литосфера состоит из семи крупных плит, ограниченных зонами спрединга, субдукции или смятия: Тихоокеанской, Евразиатской, Индийской, Африканской, Антарктической, Северо-Американской и Южно-Американской.

7. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

7.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Важнейший раздел геологии, позволяющий решать обширные прикладные задачи, - учение о полезных ископаемых. Он включает в себя совокупность сведений о геологической позиции и закономерностях размещения месторождений различных полезных ископаемых, методику поисков и экономику минерального сырья, тесно соприкасается с технологий переработки руд и извлечения из них ценных компонентов.

Полезным ископаемым называют природное минеральное образование, которое используется в народном хозяйстве в естественном виде или после предварительной обработки (переработки) путем дробления, сортировки, обогащения для извлечения ценных металлов или минералов. По физическому состоянию полезные ископаемые бывают газообразными, жидкими и твердыми. К первым относятся горючие газы углеводородного состава и негорючие инертные газы, ко вторым - нефть, рассолы, вода, к третьим - большинство полезных ископаемых, которые применяются как

химические элементы или их соединения, а также в виде кристаллов, минералов, горных пород. По промышленному использованию полезные ископаемые разделяются на ***металлические, неметаллические, горючие или каустобиолиты, гидро-и газоминеральные.***

Металлические полезные ископаемые служат для извлечения из них металлов и элементов: черных (железо, титан, хром, марганец и др.); легирующих (никель, кобальт, вольфрам, молибден и др.); цветных (алюминий, свинец, цинк, сурьма, ртуть и др.); благородных (золото, серебро, платина, палладий и др.); радиоактивных (уран, радий, торий и др.); редких и рассеянных (висмут, цирконий, ниобий, тантал, галлий, германий, кадмий, индий и др.); редкоземельных (лантан, церий, иттрий, прометий, самарий, лютеций и др.).

К *неметаллическим* полезным ископаемым принадлежат строительные горные породы (естественные строительные камни, пески, глины, сырье для каменного литья, стекол и керамики и др.), индустриальное (алмаз, графит, асбест, слюды, драгоценные и поделочные камни, пьезокристаллы, оптические минералы и др.), а также химическое и агрономическое сырье (сера, флюорит, барит, галит, калийные соли, апатит, фосфориты и др.).

Горючие ископаемые включают торф, бурый уголь, каменный уголь, антрацит, горючие сланцы, озокерит, нефть, горючий газ. Они служат энергетическим и металлургическим топливом, а также сырьем для химической промышленности.

К ***газоминеральному*** сырью относятся негорючие инертные газы: гелий, неон, аргон, криптон и др.

Гидроминеральные полезные ископаемые разделяются на подземные воды питьевые, технические, бальнеологические или минеральные и нефтяные, содержащие ценные элементы (бром, йод, бор, радий и др.) в количестве, позволяющем извлекать их, а также рассолы (озерные рассолы, минеральные грязи, илы). Важным гидроминеральным сырьем являются воды морей и океанов, используемые для получения пресной воды и извлечения многих ценных элементов.

Рудой называется минеральное сырье, содержащее ценные полезные компоненты (металлы, их соединения, минералы) в количестве, достаточном для промышленного извлечения при современном состоянии экономики, техники и технологии. В зависимости от вида извлекаемого компонента выделяются руды металлические (железные, медные, свинцово-цинковые и т. д.) и неметаллические (серные, асбестовые, графитные, апатитовые и др.). По количеству компонентов руды различают монометалльные (мономинеральные), биметалльные (биминеральные) и полиметалльные (полиминеральные).

Месторождением **полезного ископаемого** называется его природное в виде геологических тел скопление в земной коре, которое по условиям залегания, количеству и качеству минерального сырья при данном состоянии экономики и техники может служить объектом промышленной разработки в настоящее время или в ближайшем будущем. К месторождениям полезных ископаемых промышленность предъявляет требования, определяемые технической возможностью и экономической целесообразностью их разработки.

Совокупность требований промышленности к минеральному сырью называется ***кондициями*** - они не являются постоянными и зависят от экономических условий и состояния техники и технологии добычи и переработки минерального сырья.

Площади распространения полезных ископаемых в порядке их уменьшения разделяются на провинции, области (пояса, бассейны), районы (узлы), поля, месторождения, тела.

Телом полезного ископаемого называют ограниченное со всех сторон скопление минерального вещества, которое приурочено к отдельным структурным элементам или их комбинациям.

7.2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Являясь природными минеральными образованиями, все полезные ископаемые обладают определенным вещественным (минеральным и химическим) составом, строением или структурно-текстурными особенностями, а также некоторым комплексом физических, физико-химических и технологических свойств. Все эти характеристики в общем случае обусловливают качество полезных ископаемых, которое имеет важнейшее значение для оценки месторождений с целью их промышленного использования.

Вещественный состав металлических и неметаллических руд определяется соотношением рудных, или ценных, и сопутствующих им нерудных, или жильных, минералов. В металлических рудах рудные минералы являются носителями ценных металлов, в неметаллических - минералы сами представляют практический интерес благодаря специфическим свойствам.

По составу преобладающей части минералов выделяются следующие типы руд:

самородные - самородные металлы и интерметаллические соединения - медь, золото, платина и др.;

сернистые **и им** подобные - сульфиды, арсениды и антимониды тяжелых металлов - меди, цинка, свинца, никеля, кобальта, молибдена и др.;

оксидные - оксиды и гидроксиды железа, марганца, хрома, олова, урана, алюминия и др.;

карбонатные - карбонаты железа, марганца, магния, свинца, цинка, меди и др.;

сульфатные - сульфаты бария, стронция, кальция и др.;

фосфатные - *апатитовые и фосфоритовые неметаллические руды, а также фосфаты некоторых металлов и др.;*

силикатные - *сравнительно редкие руды железа, марганца, меди; широко распространенные неметаллические полезные ископаемые - слюды, асбест, тальк и др.;*

галоидные - *минеральные соли и флюорит и др.*

По вещественному составу, определяющему промышленную ценность и технологические свойства, полезные ископаемые разделяются на природные типы и промышленные сорта.

7.3. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В настоящее время известно несколько десятков генетических классификаций месторождений полезных ископаемых. Наиболее известной является классификация В.И.Смирнова.

Эндогенные месторождения, к числу которых относятся скопления полезных ископаемых, прямо или косвенно связанные с магматической деятельностью, подразделяют на: собственно магматические, пегматитовые и постмагматические.

Магматическими называются месторождения, образующиеся из жидких магматических расплавов в процессе их внедрения и раскристаллизации. При подъеме магматических расплавов в верхние горизонты земной коры и остывании происходит их дифференциация, с чем связана концентрация, а иногда и полное обособление рудных компонентов. Процессы образования магматических месторождений достаточно сложны. В одних случаях месторождения образуются в результате внедрения магмы, обогащенной рудными компонентами еще на глубине, в других - рудные концентрации возникают из магм при ее подъеме, в третьих - лишь на месте становления интрузива.

Главная особенность всех магматических месторождений - их связь с материнскими интрузивами, которые рассматриваются как вещественный или

энергетический источник оруденения. Магматические месторождения разделяются на генетические подгруппы: ликвационные, раннемагматические и позднемагматические.

В группу ***экзогенных*** включаются скопления полезных ископаемых, которые образуются при экзогенных процессах в результате химической, биохимической и механической дифференциации вещества земной коры. По способу накопления осадочного материала различают месторождения выветривания и осадочные.

К ***месторождениям выветривания*** относятся остаточные и инфильтрационные месторождения. ***Остаточные*** месторождения полезных ископаемых образуются при физическом и химическом выветривании горных пород, которое сопровождается гидролизом породообразующих минералов, растворением и выносом неустойчивых компонентов.

К **осадочным месторождениям** относятся аллювиальные и прибрежно-морские россыпи, химические и биохимические осадочные месторождения.

Метаморфизованными называют месторождения любого происхождения, испытавшие метаморфические преобразования одновременно с вмещающими породами. При этом процессы метаморфизма могут выражаться в изменении и преобразовании структур и текстур, изменении характера минерального состава руд, а также в переотложении рудного вещества, изменении формы рудных тел, рассланцевании и изменении состава вмещающих пород.

Под ***метаморфическими*** месторождениями понимают такие месторождения, которые возникли в результате метаморфизма горных пород, до того не содержащих промышленных рудных скоплений и не представляющих собой полезного ископаемого. К возникающим в процессе метаморфизма собственно метаморфическим месторождениям относятся месторождения высокоглиноземистого сырья (кианит, андалузит, силлиманит), графита, гранулированного кварца, слюды, амфибол-асбеста, корунда, наждака, граната, титана и др.

8. СИСТЕМА ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Геологическое изучение недр в России производится последовательно и планомерно с тем, чтобы не только получить необходимую геологическую информацию о недрах, но и своевременно выявить промышленные и отбраковать непромышленные скопления полезных ископаемых. В общей системе геологического изучения недр можно выделить три крупных этапа. Этапы геологического изучения включают несколько последовательных стадий.

Этап I. Работы общегеологического и минерагенического назначения.

Стадия 1. Региональное геологическое изучение недр прогнозирование полезных ископаемых.

Этап II. Поиски и оценка месторождений.

Стадия 2. Поисковые работы.

Стадия 3.Оценочные работы.

Этап III. Разведка и освоение месторождений.

Стадия 4. Разведка месторождения.

Стадия 5. Эксплуатационная разведка.

На каждой стадии геологического изучения недр осуществляется их геолого-промышленная оценка, заключающаяся в определении действительной или возможной значимости изучаемого участка земной коры, в котором содержатся или могут содержаться скопления полезной минерализации или же предполагается горное строительство. С этой целью исследуются состав и строение горных пород и полезного ископаемого, условия залегания, степень и характер тектонической нарушенности,

гидрогеологические и инженерно-геологические характеристики месторождения, географо-экономические условия района и т. п.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для более углубленного изучения отдельных разделов геологических дисциплин рекомендуем воспользоваться следующими методическими указаниями.

Часть 1. Минералы.

Часть 2. Магматические горные породы.

Часть 3. Метаморфические горные породы.

Часть 4. Осадочные горные породы.

Часть 5. Организация геологических экскурсий.

Часть 6. Художественная обработка камнесамоцветного сырья.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

БУРОВЫЕ СТАНКИ И БУРЕНИЕ СКВАЖИН

Методические указания

по выполнению курсового проекта
по дисциплине
«Буровые станки и бурение скважин»

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология

очного и заочного обучения

Екатеринбург
2018

Оглавление

1. Общие положения ……3
2. Объем курсового проекта и его оформление ……3
3. Содержание основных разделов проекта ……4
Введение……4
3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза……..4
3.2. Выбор и характеристика средств откачки ……..……4
3.3. Выбор и расчет фильтра ……...5
3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины …….....5
3.5. Технология бурения скважин……...6
3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента……...7
3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта …….8
3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды.....8
Рекомендуемая литература …….8
Приложение 1. Пример выполнения титульного листа курсового проекта…….9
Приложение 2. Пример бланка задания …….10
Приложение 3. Геолого-технический наряд……...12

1. Общие положения

Студенты специальности Прикладная геология выполняют курсовой проект по бурению скважин на воду после изучения дисциплины «Буровые станки и бурение скважин». Это самостоятельная работа, характеризующая умение студентам решать комплексные инженерные задачи в зависимости от конкретных технико-экономических и гидрогеологических условий производства работ.

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по дисциплине «**Буровые станки и бурение скважин**» и их практическое применение к решению конкретных инженерных задач, знакомство с методикой пользования специальной и справочной литературой. Курсовой проект можно рассматривать как важнейший этап подготовки к работе над технической частью дипломного проекта.

Курсовой проект разрабатывается на основании фактических материалов, собранных студентами на производственной практике. Эти материалы включают геологическую карту района производства работ, геологический разрез с указанием места заложения проектной скважины, гидрогеологическую характеристику разреза с подробными данными о всех водоносных горизонтах и ориентировочном проектном дебите каждого из них.

Курсовой проект выполняется под руководством преподавателя кафедры технологии и техники разведки месторождений полезных ископаемых. Каждый студент перед началом проектирования получает у руководителя индивидуальное задание, в котором содержатся формулировка темы проекта, характеристика проектного геологического разреза, данные о проектном дебите скважины, статическом уровне подземных вод и условиях производства работ.

2. Объем курсового проекта и его оформление

Курсовой проект выполняется на бумаге формата А4 (210×297) с одной стороны листа. С левой стороны листа оставляется поле для подшивки 30 мм; с верхней – 20 мм; с правой – 15 мм; с нижней – 35 мм, на котором посередине проставляется порядковый номер страницы.

После титульного листа (приложение 1) помещается задание на курсовой проект, затем содержание, и далее следует текст. В конце проекта приводится список используемой литературы и приложения.

Текст пояснительной записки должен быть выполнен на компьютере. Общий объем записки курсового проекта – 25-30 с.

Графические приложения к тексту выполняются на плотной бумаге, кальке или миллиметровке формата 210×297 мм и подшиваются вместе с текстом записки. На отдельном листе формата А3 выполняется чертеж, на котором могут быть представлены геолого-технический наряд, схемы различных устройств, технологические схемы откачки, вскрытия, освоения водоносных пластов.

Пример оформления геолого-технического наряда представлен в приложении 3.

Текст курсового проекта включает следующие основные разделы.

Вводная часть – 5 % от всего объема.

Гидрогеологическая часть – 5-10 % объема.

Технико-технологическая часть – 85-90 % объема.

Разработка и изложение отдельных вопросов в проекте должны быть осуществлены в следующей последовательности.

Содержание курсового проекта:

Введение

1. Гидрогеологическая характеристика разреза.
2. Выбор и характеристика средства откачки.
3. Выбор и расчет фильтра.

4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины.
5. Выбор бурового оборудования и инструмента.
6. Вскрытие и освоение водоносного пласта.
7. Техника безопасности и охрана окружающей среды.

Список использованной литературы.
Приложения.

3. Содержание основных разделов проекта

Введение.

Во введении обосновывается назначение проектируемой скважины. Приводятся общие сведения о районе работ, дается его краткая физико-географическая и экономическая характеристика, оцениваются условия производства работ по бурению и оборудованию скважин, отмечается обеспеченность электроэнергией, топливом, водой, глиной и т. д.

3.1. Гидрогеологическая характеристика разреза

Приводится описание литологического состава горных пород, указываются их мощность, физические свойства, категория буримости, дается характеристика коллекторских свойств пород водоносных горизонтов (трещиноватость, гранулометрический состав, пористость, проницаемость), величина дебита каждого водоносного горизонта и статический уровень подземных вод.

Затем приводится характеристика тектонических зон и указываются возможные осложнения при их бурении.

Геологический разрез составляется в масштабе 1:200 или 1:500.

3.2. Выбор и характеристика средств откачки

В зависимости от целевого назначения скважины и ее дебита выбирается наиболее рациональный способ подъема воды из скважины. Выбор водоподъемной установки производится с учетом следующих исходных данных:

1) проектного дебита скважины;
2) глубины установки водоподъемных средств;
3) особых условий производства откачки, обусловленных повышенной температурой, минерализацией или высоким загрязнением воды. При этом фактические производительности и напор выбранного водоподъемника должны быть равны или несколько больше проектных. Особое внимание уделяется размерам водоподъемника, особенно его диаметру, который влияет на выбор размера водоподъемных труб и, следовательно, на конструкцию скважины. Обычно необходимо выбирать водоподъемники с минимально возможными размерами рабочих органов, что упрощает и удешевляет конструкцию скважины.

Водоподъемные установки выбираются по справочникам на основании данных о проектном дебите и динамическом уровне откачки.

Эрлифты применяются на стадии испытания, освоения водоносных горизонтов и при откачке из разведочных скважин. Выбранная схема эрлифта должна быть рассчитана для определения основных его параметров: глубины погружения смесителя, удельного расхода воздуха и производительности эрлифта, диаметров водоподъемных и воздухопроводных труб.

3.3. Выбор и расчет фильтра

Производительность скважины в процессе откачки зависит от правильного выбора водоприемной части скважины (типа фильтра и от его геометрических размеров).

Тип, конструкция фильтра выбираются в зависимости от характера пород (гранулометрического состава) водоносного горизонта, назначения скважины, ее производительности и глубины, агрессивности вод и ряда других факторов.

Необходимые конструктивные размеры фильтра для конкретных условий откачки определяются расчетом.

Диаметр и длина рабочей части фильтра подбираются и рассчитываются с учетом дебита скважины, коэффициента фильтрации пород водоносного горизонта и его мощности.

При этом необходимый диаметр фильтра рассчитывается исходя из диаметра выбранного водоподъемника, а точнее диаметра эксплуатационной колонны. При мощности водоносного горизонта, не превышающей 10 м, диаметр фильтра рассчитывается с учетом проектного дебита скважины, рабочей длины фильтра и коэффициента фильтрации пород. В данном случае длина рабочей части фильтра принимается равной мощности водоносного горизонта (10 м), а при мощности более 10 м рассчитывается на основании проектного дебита скважины диаметра фильтра. Скважность фильтра выбирается с учетом характеристики пород водоносного горизонта и должна обеспечивать водопропускную способность фильтра с минимальным сопротивлением движению и с допустимой скоростью движения воды, которая не приводит к переносу частиц шлама в скважину.

При правильном выборе и расчете параметров фильтра его водопропускная способность должна быть равна или более проектного дебита скважины.

3.4. Выбор способа бурения и расчет конструкции скважины

Выбор способа бурения скважин на воду производится с учетом гидрогеологических условий, проектной глубины скважины, ее целевого назначения, экономичности и качественных показателей по вскрытию и освоению водоносного горизонта.

В настоящее время применяются следующие способы бурения скважин на воду: роторный, колонковый, ударно-вращательный и ударно-канатный.

Роторный способ применяется при бурении разведочно-эксплуатационных и эксплуатационных скважин на воду в твердых, трещиноватых породах с промывкой водой, в мягких породах, а также в тектонических зонах сильно рассланцованных, перемятых пород с промывкой глинистым раствором. В районах с затрудненным водоснабжением (Крайний Север, Средняя Азия) роторное бурение целесообразно использовать с продувкой воздухом или применять пневмоударное бурение. Роторное бурение рекомендуют использовать при вскрытии глубокозалегающих водоносных горизонтов, и оно отличается более высокой производительностью и экономичностью по сравнению с другими способами.

Канатно-ударное бурение применяется для бурения разведочно-эксплуатационных, эксплуатационных и дренажных скважин большого диаметра (свыше 500 м) при вскрытии низконапорных горизонтов. Оно отличается высокой металлоемкостью конструкции скважин и является более дорогостоящим по сравнению с роторным бурением. Канатно-ударный способ рекомендуется при бурении скважин глубиной до 150 м в породах осадочного комплекса, представленного средне- и крупнозернистыми песками, плывунами, валунно-галечными отложениями, а также сильно трещиноватыми и кавернозными породами, в которых использование роторного бурения весьма затруднительно.

Колонковый способ в основном применяется при бурении разведочных скважин на воду небольшого диаметра (до 200 мм) в породах различной крепости.

После выбора способа бурения проектируется конструкция скважины. При бурении скважин на воду выделяют следующие элементы конструкции скважин: кондуктор (направление), эксплуатационную колонну и фильтр.

При проектировании конструкции скважины необходимо учитывать специфику и возможности выбранного способа бурения. В частности, расчетные диаметры бурения обсадных труб должны быть указаны со стандартными размерами бурового инструмента конкретно для выбранного способа бурения.

3.5. Технология бурения скважин

Технология бурения разрабатывается на основании составленного ранее геологического разреза с учетом физико-механических свойств горных пород и характеристик водоносных горизонтов. При этом для каждой разновидности горных пород выбираются рациональные конструкции буровых наконечников и определяются технологические параметры режима бурения этими наконечниками.

Прежде всего необходимо выбрать типы буровых наконечников (коронки, долота) и установить их необходимые характеристики в соответствии с конструкцией скважины.

Затем для вращательных способов бурения выбирается вид промывочной жидкости и определяются необходимые параметры (например, глинистых растворов), характеризующие их качество. Параметры промывочных жидкостей (удельный вес, вязкость, водоотдача, статическое напряжение сдвига, содержание песка и др.) применяются в зависимости от возможных осложнений при бурении скважин.

После этого рассчитываются рациональные величины технологических параметров режима бурения. Для вращательных способов бурения это – осевая нагрузка на породоразрушающий инструмент, частота вращения бурового снаряда и количество промывочной жидкости, нагнетаемой в скважину. Для ударно-канатного бурения определяются вес, высота сбрасывания и частота ударов бурового инструмента.

Необходимо также разработать мероприятия по борьбе с возможными осложнениями при бурении скважин (обвалы стенок скважин, поглощения промывочной жидкости и др.).

Устье скважины оборудуется направлением или кондуктором. Эксплуатационная колонна обеспечивает крепление ствола скважины, в ней обычно устанавливают насос для подъема воды.

В скважинах со сложным геологическим разрезом, в котором может встречаться несколько зон осложнений, устанавливают иногда промежуточную колонну, которая обычно следует после кондуктора. Выбор конструкции разведочно-эксплуатационной скважины необходимо начинать с определения типа водоподъемника и его диаметра, который определяет внутренний диаметр эксплуатационной колонны:

$$D_{\text{в.эк}} = D_{\text{в}} + 2\Delta,$$

где $D_{\text{в}}$ - наружный диаметр водоподъемника, мм; Δ - зазор между водоподъемником и эксплуатационной колонной, мм.

Диаметр долота под эксплуатационную колонну определяется из условия:

$$D_{\text{д}} = D_{\text{м}} + 2\delta,$$

где $D_{\text{м}}$ - наружный диаметр муфты, мм; δ - зазор между муфтой и скважиной, мм.

Для $D_{\text{м}}$ <250 мм δ = 25 мм; для $D_{\text{м}}$ >250 мм δ =20-50 мм.

Чем больше выход колонны из-под башмака обсадных труб, тем больше должен быть зазор δ.

Диаметр фильтра подбирают из условия обеспечения необходимого водопритока. Конечный диаметр скважины определяется необходимостью проведения комплекса гидрогеологических исследований и наблюдений.

Особое внимание уделяется технологии бурения скважин в интервалах водоносных горизонтов, направленной на сохранение естественной водопроницаемости водоносных пластов.

В случае бурения разведочных скважин устанавливаются интервалы бурения с отбором керна для составления детального геологического разреза и проведения исследований образцов горных пород. Особое внимание необходимо уделить разработке мероприятий по обеспечению получения качественного керна с интервалов водоносных горизонтов. С целью обеспечения получения качественных образцов горных пород при бурении необходимо выбрать комплекс технических средств и разработать специальные технологические и организационные мероприятия.

3.6. Выбор бурового оборудования и инструмента

Буровое оборудование выбирается с учетом целевого назначения скважины, ее конструкции, характера пород геологического разреза, способа бурения и разработанной технологии бурения.

В настоящее время буровое оборудование комплектуется в буровые агрегаты и установки, которые выпускаются отечественной промышленностью. Поэтому выбор основного бурового оборудования сводится к выбору буровой установки.

Выбор буровой установки производится по способу бурения, по проектной глубине бурения, по величине начального и конечного диаметра, которые обычно даются в ее характеристике. Также учитываются и другие данные характеристики буровой установки, такие как скорости вращения, осевое усилие, развиваемое механизмом подачи, которые обеспечивают необходимые технологические параметры режима бурения. В зависимости от наличия источников энергосбережения в районе бурения скважин буровые установки выбираются с электроприводом (от электролинии) или с автономным приводом от двигателя внутреннего сгорания (при отсутствии электролинии).

Вспомогательное буровое оборудование (труборазвороты, глиномешалки, КИП, талевая оснастка, вертлюги-сальники и др.) выбирается в зависимости от его потребности и условий производства работ.

После выбора всего комплекса бурового оборудования, необходимого для бурения проектируемой скважины, приводятся его технические характеристики.

Выбор породоразрушающего инструмента (коронок, долот) производится с учетом физико-механических свойств горных пород и их буримости.

Для вращательного бурения выбираются типы бурильных труб и их диаметры, конструкция и тип колонковой трубы для обеспечения качественного выхода керна; длина и диаметр утяжеленных труб при бурении скважин сплошным забоем большого диаметра (более 150 мм).

Для ударно-канатного бурения выбирается конструкция и размеры ударного снаряда, тип и размеры долот. Для ликвидации наиболее распространенных аварий (обрывы бурильных канатов, колонковых, обсадных труб) необходимо предусмотреть ловильный аварийный инструмент (метчики, колокола, труболовки, крючки, штопоры, овершоты).

В приложении нужно дать спецификацию всего бурового оборудования и инструмента с указанием его наименования и количества, необходимого для бурения скважины.

На основании геологического задания, выбора бурового оборудования, конструкции скважины и разработанной технологии бурения составляется геолого-технический наряд на бурение скважины, форма которого приведена в приложении 2.

3.7. Вскрытие и освоение водоносного пласта

Ответственными операциями при сооружении скважин на воду являются вскрытие и освоение водоносного пласта, которые оказывают большое влияние на производительность и долговечность скважины.

Вскрытие водоносного пласта включает комплекс технологических операций, направленных на успешное бурение горных пород водоносного пласта при обеспечении их устойчивости и сохранения естественной водопроницаемости.

Выбор технологии вскрытия водоносного пласта зависит от глубины его залегания, устойчивости и коллекторских свойств горных пород, слагающих водоносный пласт, пластового давления, мощности водоносного пласта и дебита скважины.

Неустойчивые горные породы водоносного пласта не рекомендуется вскрывать с применением глинистого раствора, так как глинистые частицы вызывают кольматацию пор и трещин и резкое снижение их водопроницаемости. В этом случае применяют специальные промывочные жидкости: малоглини-стые, меловые, полимерные, аэрированные, самораспадающиеся промывочные жидкости, пены и др.

Безнапорные пески при наличии устойчивой кровли водоносного пласта могут вскрываться гидровмывом фильтра, а также формированием каверны в водоносном пласте. Существуют и другие методы с применением различных схем промывки.

Освоение скважины обычно включает такие технологические операции, как установка фильтра в скважину, восстановление естественной водопроницаемости или ее искусственное увеличение, устройство гравийной обсыпки фильтров, откачки воды из скважины с целью формирования водоприемной части скважины и осветления воды.

При выборе способа освоения скважины необходимо учитывать его эффективность и простоту его технологического выполнения.

3.8. Промсанитария, техника безопасности и охрана окружающей среды

В этом разделе необходимо предусмотреть мероприятия по охране здоровья работающего персонала и средства по оказанию первой помощи пострадавшим.

Мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и охране окружающей среды проектируются в соответствии с действующими инструктивными указаниями при выполнении различного вида работ: монтаж установок, бурение скважины, транспорт, демонтаж установки, эксплуатация скважин.

Рекомендуемая литература

Бейсебаев А. М., Туякбаев Т. Н., Федоров Б. В. Бурение скважин и горно-разведочное бурение. – М.: Недра, 1990. – 303 с.

Соломин Б. Н. Проектирование скважин на воду. – М.: Недра, 1983. – 107 с.

Справочник по бурению скважин на воду / Д. Н. Башкатов, С. С. Сулакшин, С. Л. Драхлис, Г. П. Квашнин. – М.: Недра, 1979. –560 с.

Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду / В. В. Дубровский [и др.]. – М.: Недра, 1972. – 512 с.

Разведочное бурение / О. В. Ошкордин [и др.] – М.: Недра, 2000. – 748 с.

Приложение 1

Пример выполнения титульного листа курсового проекта

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО

«УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Кафедра ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ РАЗВЕДКИ МПИ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

НА ТЕМУ: «Сооружение разведочно-эксплуатационной скважины на воду»

Руководитель_____
Студент_____
Группа _____

Екатеринбург 201__г.

Приложение 2

Пример бланка задания

З А Д А Н И Е

по курсовому проекту на бурение гидрогеологической скважины

Студенту _____ группы _____

Тема проекта _____
_____

Содержание проекта

I. Исходные данные
1. Геологический разрез скважины.

№ п/п	Наименование пород и горизонты	Интервалы, м	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			

2. Проектная глубина скважины _____
3. Проектный дебит скважины ___$м^3$/час из горизонта_____
4. Статический уровень _____
5. Проектный динамический уровень _____
6. Период работы _____
7 . Особые условия (обеспеченность электроэнергией, водой, глиной и т. п.)_____

II. Задачи проектирования
1) выбрать и обосновать тип и размеры откачных средств;
2) обосновать выбор типа фильтра и произвести его расчет;
3) выбрать и обосновать способ бурения скважины;
4) составить и обосновать конструкцию скважины;
5) разработать рациональную технологию бурения для каждого горизонта:
   а) выбрать породоразрушающий инструмент;
   б) выбрать промывочную жидкость и обосновать ее качественные параметры;
   в) рассчитать технологические параметры режима бурения.
6. Выбрать буровое оборудование:
   а) буровой агрегат (буровой станок, насос, привод);
   б) буровой копер или мачту.
7. Разработать конструкцию бурового снаряда:
   а) колонкового набора;
   б) колонны бурильных труб;
   в) колонны обсадных труб.

Примечание: для выбранного оборудования приводится краткая техническая характеристика.

8. Уточнить режим бурения с учетом технических характеристик выбранного оборудования.

9. Произвести проверочный расчет выбранного бурового оборудования:

а) насоса (по производительности и рабочему давлению);

б) привода бурового станка и насоса;

в) бурового копра или мачты (по грузоподъемности);

г) колонны бурильных труб.

10. Запроектировать способ вскрытия водоносного горизонта и опробования.

11. Предусмотреть мероприятия по технике безопасности, противопожарной технике и промсанитарии.

12. Составить спецификации основного оборудования, инструмента и материалов, необходимых для бурения скважин.

III. Графические приложения

1. Геолого-технический наряд.
2. Схема конструкции скважины.
3. Схема бурового снаряда.
4. Схема фильтра.
5. Схема оборудования скважины для откачки.

Дата сдачи проекта на кафедру _____

Руководитель проекта _____

Приложение 3

Геолого-технический наряд

ГРО, ГРЭ _____
Проектная глубина, м _____
Начало бурения _____
Окончание бурения _____

Буровой станок_____
Буровой насос _____
Двигатель _____
Мачта_____
Буровые трубы _____

Скважина _____

Геологическая часть							Техническая часть										
Масштаб глубин	Наименование горных пород	Категория пород по буримости	Литология	Интервал и вид отложений	Статический уровень Динамический уровень	Мощность слоев, м	Конструкция скважины	Тип и диаметр ПРИ, мм	Длина и диаметр УБТ	Режимы бурения			Качество бурового раствора	Способы борьбы с осложнениями	Способ вскрытия водоносного пласта	Тип фильтра	Примечание
										Осевая нагрузка, кН	Частота вращения, об/мин.	Расход промывочной жидкости, л/мин.					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Ф. П. Сердюков, Г. А. Усов

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В БУРЕНИИ

Учебно-методическое пособие
к практическим занятиям и самостоятельной работе
по профилирующим дисциплинам
для студентов специальности

21.05.02 Прикладная геология
очного, заочного обучения

Екатеринбург
2018

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено в помощь преподавателям и студентам при проведении занятий по бурению скважин, а также для подготовки курсовых и квалификационных работ по профилирующим дисциплинам. Сборник выполнен для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. При выполнении работ используются справочные материалы, которые приведены в таблицах каждого расчета. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

В конце приводится список литературы, использованной при написании данного учебно-методического пособия.

Расчет №1
Расчет предельного значения кернопотерь

1. Расчет предельного значения кернопотерь

$$B_k^{\min}=F(\text{НП, И},[m_k]).$$

При НП, И $[m_k]$ табличные значения (см. таблицу) расчет по формуле для реального (различного) B_k и по данным лабораторных анализов P, $P_{\text{к}}$, $P_{\text{сред}}$

$$B_k^{\min}=\frac{(\text{НП}-1)*\text{И}}{(\text{НП}-1)*\text{И}+m_k^{\text{доп}}}*100\ \%$$

где $B_k^{\min}$- выход керна минимальный, %;
НП- неоднородность оруденения, %;
И- избирательность кернопотерь, %;
$m_k^{\text{доп}}$ - погрешность опробования, %.

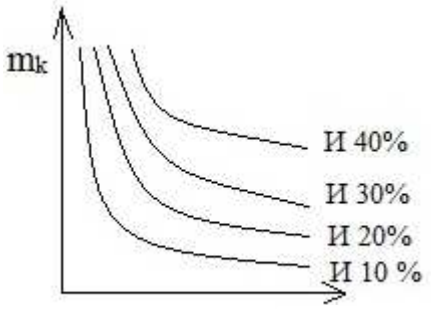
Группировка месторождений по значениям НП и И

Группы и типы руд	Примеры руд и месторождений	Характерные значения	
		НП, %	И
I. Сплошные массивные			
I.1. Мономинеральные	Сплошные мартитовые, магнетитовые, гидромагнетитовые и другие богатые железные руды криворожского типа, сплошные мономинеральные руды каменной соли, бокситы Боксонского месторождения, тальк Алгуйского месторождения и т. п.	1,2±10	40±15
I.2. Полиминеральные	Сплошные колчеданные медные и медно-цинковые месторождения ураль-ского типа, сплошные полиметаллические руды Горевского, Риддер-Сокольного и других месторождений. Апатиты Ошурковского месторождения и т. п.	4±10 2,5±10	15±10 20±10
II. Вкрапленные			
II. 1. В массивных изверженных и осадочных породах	Вкрапленные руды полиметаллических месторождений Садовое, Миргалимсай. медные руды Алмалыка, редкометал-льных месторождений Белозиминское, Африкандское и т. п.	6,5±10	7± 5
II. 2. В жилах и дайках	Руды жильных золоторудных месторождений Средней Азии, Забайкалья, Якутии, оловянных и вольфрамовых месторождений Приморья, Якутии и др.	16±5	5±4
III. Прожилково- и слоисто-вкрапленные			
III. 1. Руды штокверковых месторождений	Руды вольфрамовых, молибденовых, медно-молибденовых месторождений Забайкалья, Казахстана и Средней Азии	6,5±5	10±8
III. 2. В линейно-вытянутых зонах трещиноватости	Руды полиметаллических месторождений Алтая, Средней Азии, Прибайкалья, оловорудных месторождений Комсомольского района, ртутных месторождений Терлиг-Хая и частично Никитовки и т. п.	8,3±6	10±8
IV.Прожилковые, слоистые и переливающиеся			
IV. 1. Прожилковые	Медные руды месторождения Дальнего: никель-кобальтовые руды Тувинской АССР, асбестовое месторождение Молодежное; оловянные - Тарбальджей, Иигода, Хрустальное; золотые - Советское, Коммунар и др.	3,3±15	25±15
IV. 2. Переслаивающиеся и полосчатые	Железистые кварциты Кольского полуострова, Кривого Рога, сферосидериты Дагестана	1,7±10	30±15
V. Прожилково-гнездовые			
V. Прожилково-гнездовые	Руды ртутных месторождений Средней Азии (Хайдаркан, Акташ, Чувай), отдельных участков Никитовки и др. Мусковит Луговского, Чуйского и Согдиондонского месторождений	20±10 6,5±5	4±3 8±5

2. Изучение влияния выхода керна на погрешность опробования для различных сортов руд (для бакалаврской работы)

Слабонеоднородные руды **НП=2**

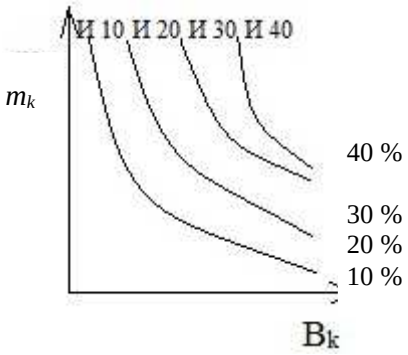
m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}



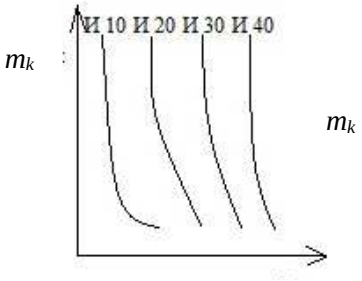
B_k

Средненеоднородные руды **НП=6**

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}



Сильнонеоднородные руды **НП=15**



B_k

m_k\И	10 %	20 %	30 %	40 %
5 %	B_k^{1-1}	B_k^{1-2}	…	…
10 %	…	B_k		B_k^{2-4}
15 %	B_k^{3-1}			
20 %	…			B_k^{4-4}
25 %	B_k^{5-1}	…	…	B_k^{5-4}

3. Основные аналитические задачи:

3.1. Для каких руд избирательность истирания более всего влияет на погрешность опробования?

3.2. При какой избирательности и в каких сортах руд наибольший эффект дают мероприятия по повышению выхода керна?

3.3. Постройте таблицу нормативных значений минимального выхода керна, при допустимой погрешности m_k=5 % (10 %, 15 %, 20 %, 25 %) для всех сортов руд (для всех табличных комбинаций НП и И).

Расчет №2

Определение рациональной частоты вращения бурового снаряда при твердосплавном бурении, рад/с

$$n = \frac{60*0{,}105\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{2*\omega_0}{D_0};$$

$$n = \frac{60*\omega_0}{\pi*D_0} \approx \frac{20*\omega_0}{D_0}.$$

Таблица исходных данных

Обозначение	Наименование	Ед.изм	Пределы изменения		Примечание
			от	до	
ω_0	Окружная скорость движения резцов	м/с	1,0 крепкие породы (YI-YIII кат.)	3,0 мягкие породы (II-IYкат.)	Ограничивается сверхнормативным износом
D_0	Средний диаметр коронки	м	$46*10^{-3}$	$223*10^{-3}$	Стандарт
n_0	Частота вращения	Рад/с об/мин	9,3 93	65 500	Ограничение техническими условиями бурения

Расчет №3

Минимальная (критическая) частота вращения шнекового снаряда, рад/с

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} * \frac{\sqrt{g*(\tan a + f)}}{f'*R*(1 - f*\tan a)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Единица измерения	Пределы измерения	
			от	до
R	Радиус вала шнека	м	$50*10^{-3}$	$89*10^{-3}$
a	Угол подъема винтовой ленты	град	10	30
f	Коэффициент трения породы о шнек	-	0,25	1,4
f'	Коэффициент трения породы о породу	-	0,2	1,5
g	Ускорение силы тяжести	м/с^2	9,8	

Основные аналитические задачи

1.1. Оцените влияние коэффициента трения породы о шнек и породы о породы на $n_{\min}$. Постройте графики зависимости $n_{\min}$ от f и f' для различных значений R и a.

1.2. Оцените влияние конструктивных параметров шнека (R и a) на $n_{\min}$ для вязких (f'=1,5; F=0,25). Постройте графики.

Расчет №4

Определение критической скорости восходящего потока и расхода очистного агента по предельным нормативным характеристикам (для воды малоглинистых растворов)

1. Критическая скорость восходящего потока очистного агента, м/с:

$$U_{kp} = K_{\text{ф}}\sqrt{\frac{d_u(\gamma_{\text{п}}-\gamma_{\text{р}})}{\gamma_{\text{р}}}}.$$

2. Рациональная скорость восходящего потока, м/с:

$$U_{\text{р}} = U_{\text{кр}} + U\ .$$

3. Расход промывочной жидкости, обеспечивающий рациональную скорость движения восходящего потока, м^3/с:

$$Q_{\text{кр}} = U_{\text{р}} * \frac{\pi(D^2_{\text{скв}}-d^2_{\text{бур.тр.}})}{4}.$$

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$K_{\text{ф}}$	Коэффициент формы частиц шлама	-	2,5 (плоские)	5,11 (ид. шар)
d_u	Диаметр (средний размер) частиц	м	0,1*10^3	1,5*10^3
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес горной породы, руды	т/м^3	2,0	5,5
$\gamma_{\text{р}}$	Удельный вес раствора	т/м^3	1	1,15
U	Желательная скорость движения шлама вверх	м/с	0,1	0,3
$d_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, номинальный (без учета износа)	м	32*10^{-3}	73*10^{-3}
$d'_{\text{бур.тр.}}$	Диаметр бурильной колонны, с учетом износа	м	30*10^{-3}	70*10^{-3}
$D_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, номинальный	м	46*10^{-3}	225*10^{-3}
$D'_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом разработки ствола	м	47*10^{-3} 230*10^{-3}	50*10^{-3} 250*10^{-3}
$D''_{\text{скв}}$	Диаметр скважины, с учетом каверн	м	По геолого-геофизическим и гидрогеологическим данным $D_{\text{скв}}$ 500*10^{-3}	
Q	Расход очистного агента	м^3/с л/мин	0,0002 10,0	0,003 160

Расчет №5

Критический расход глинистого раствора с учетом реологии раствора

$$Q_{\text{кр}} = 0{,}392 * \text{ŋ} * \frac{D+d}{\gamma}\left[1 + \sqrt{1 + \frac{2*10^{-3}*\gamma*t_0*(D-d)^2}{3*\text{ŋ}}}\right]$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерения		Примечания
			от	до	
D	Диаметр долота	мм	46	225	
d	Диаметр колонны	мм	32	73	
ŋ	Пластическая вязкость	Пуаз (Па*с)	0,05	0,4	В зависимости от содержания глины в качестве раствора
γ	Уд. вес раствора	г/см^3	1,01	1,2	
t_0	Динамическое напряжение сдвига	Дин/ см^2	50	600	
Q	Расход глинистого раствора Критическая скорость восходящего потока	л/с м/с	0,1	5,0	В зависимости от диаметра скважины

Расчет №6

Расчет осевой нагрузки при твердосплавном бурении, кН

$$P = \frac{b^2 * m}{\text{ŋ}\sqrt{\frac{2\omega * \text{ц}_\text{к} * D_\text{н} * n * K * \tan a}{b * P_\text{ш}}}}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
b	Ширина резца	м	$3*10^3$	$30*10^3$
K	Количество резцов на ширине кольца	шт	2 (М-1)	4 (СТ-2)
m	Количество основных резцов	шт	8 (М-1)	30 (СА-3)
$\boldsymbol{\mu_к}$	Коэффициент резцов о породу	-	0,2	1,0
$\boldsymbol{\omega}$	Удельный износ резца	$м^3/Н*м$	2	60
$D_\text{н}$	Наружный диаметр коронки	М	$46*10^3$	$225*10^3$
n	Частота вращения снаряда	рад/с	60	360
a	Угол приострения резца	град	45	90
ŋ	Коэффициент угла приострения	-	0,97	0,9
$P_\text{ш}$	Твердость породы по штампу	Па	$1*10^6$	$70*10^3$

Расчет №7
Определение механической скорости (интенсивности) углубки скважины при твердосплавном бурении, м/ч

$$V_м = V_0 * e^{-\gamma t} = V_0 * (\frac{1}{e})^{\gamma t}.$$

Если $V_0 = 60 * n * h_0 * K * m$,

то $V_м = 60 * n * h_0 * K * m * e^{-\gamma t}$.

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
n	Частота вращения снаряда	об/мин	40	600
h_0	Торцовый вылет основных резцов	М	$0,1*10^{-3}$	$5*10^{-3}$
m	Количество резцов	шт	4	20
K	Коэффициент включения резцов	-	0,3	0,5
e	Основание натуральных логарифмов	1/град	2,71	2,71
γ	Декремент затухания	-	0,1	1
t	Текущее время (длительность рейса)	Ч	0,5	6
$V_м$	Интенсивность углубки (механическая скорость)	м/ч	0,15	25
V_0	Начальная механическая скорость	м/ч		

Здесь $V_м$ - величина приращения глубины скважины в единицу времени на данный момент (интенсивности углубки). Выражается показательной функцией постепенного замедления от максимального начального значения V_0 в соответствии с γ.

V_0 и γ зависят от технологических условий: прочности пород, абразивности, характеристик инструмента, параметров бурения {$P_ш$, $K_{абр}$, $X_и$, $P_б$}.

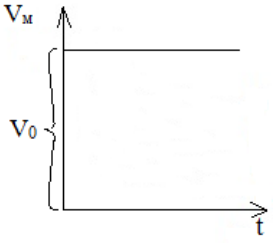
Чем легче условия бурения и лучше инструмент, тем больше V_0 (↑) и меньше γ (↓) - долго не замедляется бурение.

Чем интенсивнее режим бурения (максимальные параметры), тем больше V_0 (↑) и γ (↑) - вначале углубка идет быстро, но очень быстро замедляется - на малой глубине приемлемо.

Чем слабее режим бурения, тем меньше V_0 , но и тем медленнее затухание $V_м$ (см. рисунок).

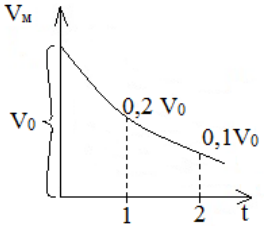
γ =0; $V_м$=V_0

Незатупл. инструмент



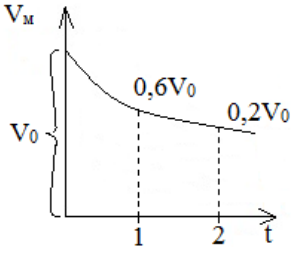
γ =1; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



γ =0,5; $V_м$=V_0*$\left(\frac{1}{2,7}\right)^t$

Интенсивное затупление



Графики изменения механической скорости
от декремента затухания

Расчет №8

Определение механической скорости бурения на основе физико-механических свойств пород при алмазном бурении, м/ч

$$V_{\text{м}} = L * F_{\text{д}}^{-a} * K_{\text{абр}}^{-a} .$$

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			однослойные алмазные коронки	импрегнированные алмазные коронки
$F_{\text{д}}$	Коэффициент динамической прочности	-	10-15	15-30
$K_{\text{абр}}$	Коэффициент абразивности пород	-	1,1-2,0	2,1-2,6
L	Коэффициент конструктивности коронки	-	5,9	0,14
$-a$	Коэффициент влияния прочности пород	-	0,36	0,2
-β	Коэффициент влияния абразивности пород	-	0,5	0,2
$V_{\text{м}}$	Механическая скорость бурения	м/ч	1,8-1,9	0,15-0,12

Расчет №9

Расчет шпинделя бурового станка

Шпиндель испытывает осевую нагрузку от механизма подачи и крутящий момент.

1. Напряжение от осевой нагрузки, Н/м^2:

$$\sigma = \frac{4Q}{\pi*(D^2-d^2)}.$$

2. Крутящий момент на шпинделе, Н·м:

$$M = 9750\frac{N^{max}}{n}.$$

$$N_{\max} = N_g * \eta * \lambda \text{, кВт}$$

3. Касательные напряжения от крутящего момента, снимаемого со шпинделя, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M}{2W};$$

$$W = \frac{\pi}{16} * \frac{D^4-d^4}{D} \text{, м}^3.$$

4. Полное приведенное напряжение в теле шпинделя, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma^2 - \tau^2}.$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
Q	Усилие подачи станка	Н	40000	50000
D	Наружный диаметр шпинделя	м	$51*10^{-3}$	$61*10^{-3}$
d	Внутренний диаметр шпинделя	м	$43*10^{-3}$	$53*10^{-3}$
$N_{\max}$	Мощность, передаваемая на шпиндель	кВт	-	-
n	Число оборотов шпинделя	-	80	1500
N_g	Номинальная мощность шпинделя	-	0,8	
η	КПД передачи от вала двигателя до шпинделя	-		
λ	Коэффициент возможной перегрузки: - электродвигатель -двигатель внутреннего сгорания	 - -	 1,5 1,1	 2,0 1,15

Расчет №10

Расчет механического зажимного патрона

Расчет патрона приведен для двух плашек, управляемых двумя болтами.

1. Допустимое осевое усилие по болту из условий его прочности на сжатие, Н:

$$P = F[\sigma_{сж}] .$$

2. Допустимое осевое давление, развиваемое болтом, Н:

$$P' = \frac{\pi*(d^2-d_t^2)*I*P}{4t} .$$

3. Сила трения, при закреплении ведущей трубы в двух патронах, Н:

$$T = 4P' * f.$$

4. Окружное усилие, передаваемое патроном, Н:

$$P_0 = \sqrt{T_0^2 - Q^2}$$

5. Передаваемая мощность патронами, кВт:

$$N = \frac{P_v*V}{75} .$$

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
F	Площадь поперечного сечения	м^2	0,04	0,06
$[\sigma_{сж}]$	Допустимое напряжение сжатия	Н/м^2	1000*10^5	1400*10^5
d	Наружный диаметр резьбы болта	м	0,03	0,5
d_1	Внутренний диаметр резьбы болта	м	0,025	0,4
I	Длина резьбы болта	м	0,03	0,5
P	Наибольшее удельное давление болта	Н/м^2	65*10^5	75*10^5
t	Шаг резьбы болта	м	0,003	0,004
f	Коэффициент трения между плашками и бурильной трубой	-	0,35	0,4
Q	Осевое усилие	Н	40000	120000
V	Окружная скорость	м/с	0,2	0,85

Расчет №11

Расчет фрикционной лебедки

1. Скорость вращения подъемного вала лебедки, мин$^{-1}$:

$$n_2 = n_1 \frac{d_1}{d_2} \varphi.$$

2. Скорость навивки каната на барабан, м/с:

$$V = \frac{(D+d)n_2}{60}.$$

3. Окружная скорость на ободе большого фрикционного колеса, м/с:

$$V_1 = \frac{\pi * d_2 * n_2}{60}.$$

4. Окружное усилие на ободе барабана, Н:

$$P = \frac{75 * N * \eta}{V}.$$

5. Окружное усилие на ободе фрикционного колеса, Н:

$$P_ф = \frac{75 * N * \eta}{V_1}.$$

6. Необходимое усилие нажатия фрикционных колес друг на друга, Н:

$$Q = \frac{k * P_ф * \sin\alpha}{f}$$

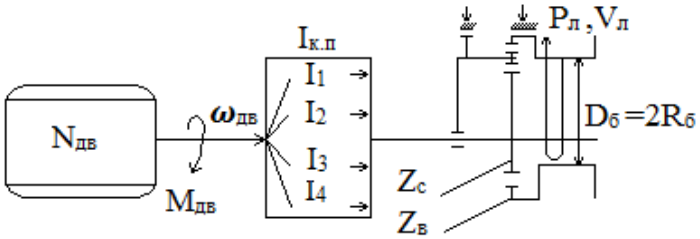
Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
n_1	Число оборотов приводного вала станка	мин$^{-1}$	80	
d_1	Диаметр малого фрикционного колеса	м	0,15	
d_2	Диаметр большого фрикционного колеса	м	0,8	
φ	Коэффициент скольжения при фрикционной передаче	-	0,98	
D	Диаметр барабана	м	0,22	
d	Диаметр каната	м	0,12	
N	Мощность электродвигателя станка	кВт	11	
η	КПД передачи от двигателя до барабана	-	0,8	
k	Коэффициент запаса	-	1,5	
α	Угол наклона боковых поверхностей клиньев	град	12	15
f	Коэффициент трения чугуна по стали	-	0,2	

Расчет №12

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик планетарной лебедки бурового станка

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы:

$$N_{\text{дв}} = 713 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}(\text{л.с.}) = 973 * M_{\text{дв}} * \omega_{\text{дв}}, \text{кВт}$$

$$M_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} * i_{\text{к.п.}} * \frac{Z_{\text{с}}}{Z_{\text{В}}}, \text{Н*м};$$

$$\text{Р}_{\text{л}} = \frac{M_{\text{Б}}}{R_{\text{Б}}}, \text{Н};$$

$$\omega_{\text{Б}} = \frac{N_{\text{ДВ}}}{M_{\text{Б}}} * \frac{i}{i_{\text{К.П.}}} * \frac{Z_{\text{В}}}{Z_{\text{С}}}, \text{об/мин};$$

$$V_{\text{Л}} = \omega_{\text{Б}} * 2\pi * R_{\text{Б}}, \text{м/мин}.$$

Таблица основных исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$N_{\text{дв}}$	Мощность двигателя	кВт л.с.	10 15	150 220
$\omega_{\text{дв}}$	Число оборотов двигателя	об/мин	1200	5000
$I_{\text{к.п.}}$	Передаточное число коробки перемены передач	-	1 (прямая передача)	10 (высшая передача)
$D_{\text{б}}$	Диаметр барабана лебедки	м	0,2	0,7
$Z_{\text{с}}$	Число зубьев солнечной шестерни лебедки	шт	50	150
$Z_{\text{в}}$	Число зубьев венца лебедки	шт	250	1500

3. Основные эксплуатационные характеристики лебедки

$P_{\text{л}}$ – рабочее усилие (грузоподъемность на прямом канате, кГс, Тс, кН, даН) на конкретной передаче ($P_{\text{л}1}$, $P_{\text{л}2}$, $P_{\text{л}3}$, …);
$V_{\text{л}}$ – скорость подъема груза (на прямом канате, м/мин) на конкретной передаче ($V_{\text{л}1}$, $V_{\text{л}2}$, $V_{\text{л}3}$, …).

4. Основное задание

4.1. Рассчитать и построить графики зависимости эксплуатационных характеристик лебедки ($V_{\text{л}}$, $P_{\text{л}}$) от конкретных параметров бурового станка: $Z_{\text{с}}$ и $Z_{\text{в}}$, $D_{\text{б}}$, i_{i}.

4.2. Рассчитать и построить графики зависимости мощности и механической характеристики ($\omega_{\text{дв}}$=F($N_{\text{дв}}$)) двигателя.

Расчет №13

Расчет талевой системы

1. Натяжение на струне талевой системы, Н:

$$P_m = \frac{P_л}{\beta^m}.$$

2. Натяжение каната наматываемого на барабан лебедки, Н:

$$P_л = Q * \frac{\beta^m(\beta-1)}{\beta^m-1}.$$

3. Натяжение закрепленного конца каната, Н:

$$P_m = Q * \frac{\beta-1}{\beta(\beta^m-1)}.$$

4. КПД талевой системы, Н:

$$\eta = \frac{1}{m} * \frac{(\beta^m-1)}{\beta^m*(\beta-1)}.$$

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
β	Коэффициент сопротивления узла одного ролика	-	1,03	1,04
m	Число струн талевой системы	шт	1	6
Q	Нагрузка на крюке	Н	15000	55000

Расчет №14

Расчет колонны бурильных труб на прочность

Сечение I-I

1. Напряжение растяжения, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{кр}}}{F}.$$

2. Напряжение кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

3. Крутящий момент при бурении, Н*м:

$$M_{\text{б}} = \frac{N_{\text{б}}}{\omega}.$$

4. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = N_{\text{тр}} + N.$$

5. Первый момент сопротивления, м^3:

$$W_{\text{р}} = 0{,}1 * \frac{d_{\text{н}}^4 - d_{\text{в}}^4}{d_{\text{н}}}.$$

6. Суммарное напряжение в сечение I-I:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{\sigma_{\text{р}}^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

Сечение II-II

7. Напряжение сжатия, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F}.$$

8. Напряжение изгиба, Н/м^2:

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{\pi^2 * E * D * f}{2 * 1^2}.$$

9. Напряжения кручения, Н/м^2:

$$\tau = \frac{M_{\text{б}}}{W_{\text{р}}}.$$

10. Мощность, затрачиваемая на бурение, кВт:

$$N_{\text{б}} = 1{,}5 * N_{\text{з}}.$$

11. Суммарное напряжение в сечение II-II, Н/м^2:

$$\sigma_{\Sigma} = \sqrt{(\sigma_{\text{сж}} + \sigma_{\text{из}})^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma_g].$$

12. Запас статической прочности колонны:

$$n = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\Sigma}} \geq 1{,}7.$$

13. Запас прочности по нормальным напряжениям:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{из} * k_g}.$$

14. Запас прочности по касательным напряжениям:

$$n_\tau = \frac{\tau_г}{\tau}.$$

15. Суммарный запас прочности:

$$n_\Sigma = \frac{n_\sigma * n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 * n_\tau^2}}.$$

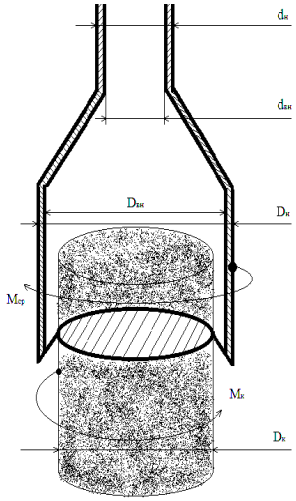
Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
$Q_{кр}$	Нагрузка на крюке	Н	0	55000
F	Площадь опасного сечения	м^2	2,16*10^{-4}	7,06*10^{-4}
$M_б$	Крутящий момент при бурении	Н*м	70	6500
$W_р$	Полярный момент сопротивления	м^3	5,4*10^{-6}	10,6*10^{-6}
$N_б$	Мощность, затрачиваемая на бурение	кВт	1,5	70
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	42	54
$d_в$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	22	40
$P_{ос}$	Осевая нагрузка на забой	Н	0	120000
E	Модуль упругости	Н/м^2	0,7*10^{11}	2,1*10^{11}
D	Диаметр скважины	м	0,037	0,133
f	Стрела прогиба	м	0,01	0,025
I	Длина полуволны	м	5	30
$\boldsymbol{\omega}$	Угловая скорость вращения снаряда	с$^{-1}$	8,3	156
$N_{гр}$	Затраты мощности на вращение колонны бурильных труб	кВт	12	40
$N_з$	Затраты мощности на разрушение забоя	кВт	1,2	2,5
$[\sigma_g]$	Предел прочности материала, из которого изготовлены бурильные трубы	Н/м^2	230*10^5	683*10^5

Расчет №15

Сопоставление конструктивных характеристик бурового снаряда и параметров керна при срыве вращением

1. Принципиальная схема и таблица исходных расчетных данных



Пара-метр	Наименова-ние	Ед. изм.	Пределы изменения	
			от	до
$d_н$	Наружный диаметр бурильных труб	м	$32*10^{-3}$	$73*10^{-3}$
$d_{вн}$	Внутренний диаметр бурильных труб	м	$22*10^{-3}$	$59*10^{-3}$
$D_н$	Наружный диаметр колонковой трубы	м	$34*10^{-3}$	$219*10^{-3}$
$D_{вн}$	Внутренний диаметр колонковой трубы	м	$27*10^{-3}$	$203*10^{-3}$
$D_к$	Диаметр керна	м	$23*10^{-3}$	$199*10^{-3}$
$[\tau_{тр}]$	Прочность материала труб при кручении	МПа	162	284
$[\tau_к]$	Прочность горных пород при кручении	МПа	1,5	56,0

2. Основные аналитические зависимости.

Момент срыва керна $M_{ср}$ равен моменту реакции керна $M_к$, Н*м :

$$M_{ср} = [\tau_{тр}] * W_{тр} = [\tau_к] * W_к = M_к$$

где $W_{тр}$- момент сопротивления поперечного сечения труб, м^3:

а) бурильных труб:

$$W_{тр}^{б.тр} = \frac{\pi}{16} * \frac{d_н^4 - d_{вн}^4}{d};$$

б) колонковых труб:

$$W_{тр}^{к} = \frac{\pi}{16} * \frac{D_{н.к.т.}^4 - D_{вн.к.т}^4}{D_{н.к.т}};$$

$W_к$- момент сопротивления поперечного сечения керна, м^3:

$$W_к = \frac{\pi * D_к^4}{32}.$$

3. Основные аналитические задачи

3.1. Задайте некоторое значение прочности горной породы и материала труб. Постройте графики зависимости минимальных значений наружного диаметра бурильных труб (при постоянной толщине стенок) от диаметра керна.

3.2. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от диаметра срываемого керна.

3.3. Задайте некоторый постоянный диаметр керна и материала труб. Постройте графики зависимости минимального диаметра бурильных труб от прочности горной породы.

3.4. При тех же условиях постройте график зависимости диаметра колонковой трубы от прочности горной породы.

3.5. Задайте диаметры труб и керна, постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

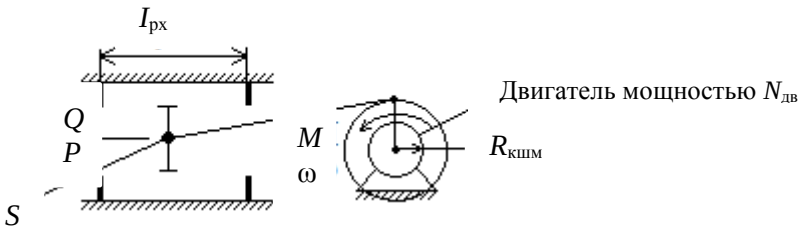
3.6. Задайте диаметры труб, прочность горной породы и постройте график зависимости необходимой прочности труб от диаметра срываемого керна.

3.7. Повторите расчеты 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 при измененных начальных условиях.

Расчет №16

Анализ взаимосвязи мощности привода, конструктивных параметров и эксплуатационных характеристик бурового промывочного насоса

1. Принципиальная расчетная схема



2. Основные расчетные формулы

$$N_{дв} = K_i * M * \beta ,$$

где М – крутящий момент, кГс*м;
ω- частота вращения, об/мин;
$N_{дв}$- мощность двигателя (при K_1=973 кВт, а при K_2=713 л. с.).

$$Q = S * I_{рх} * \omega;$$

$$P = \frac{M}{R_{кшм}} * \frac{1}{S};$$

$$I_{рх} = 2 * R_{кшм} ,$$

где Q – расход промывочной жидкости, м^3/мин;
S – площадь поршня, м^2;
$I_{рх}$ – ход поршня, м;
P – рабочее давление в напорной магистрали, кГс/м^2
$R_{кшм}$ – радиус кривошипа, м.

3. Расчетно-аналитические задачи

3.1. При постоянной мощности асинхронного двигателя:
- Как влияет площадь поршня S на эксплуатационные характеристики насоса (построить графики $P=f_1(S)$ и $Q=f_2(S)$ для N=10, … 50 кВт).
- Как влияет радиус кривошипа и величина рабочего хода поршня на эксплуатационные характеристики насоса.

3.2. С изменяемой мощностью:
- До какой глубины возможно применение насоса с приводом 10, 20, …50 кВт, если гидросопротивления на каждые 100 м скважины при алмазном бурении (Q=300 л/мин) составляют 10 атмосфер, при твердосплавном бурении (Q=60 л/мин) 7 атмосфер, при шарошечном бурении (Q=100 л/мин) 15 атмосфер.

Расчет №17

Расчет эрлифта для откачки воды из скважины

Условия откачки:

- Проектный дебит откачки Q, м^3/ч.
- Глубина статического уровня в скважине h_0, м.
- Проектное понижение уровня воды при откачке $h_п$, м.
- Мощность водоносного горизонта m, м.
- Глубина залегания водоносного горизонта L, м.
- Конструкция эрлифта с расположением эрлифтных труб по схеме «рядом».

Расчетная схема представлена на рисунке.

1. Расчет глубины погружения смесителя

1.1 Определяется проектный динамический уровень воды в скважине, при откачке воды относительно излива:

$$h_g = h_0 + h_п + h_и ,$$

где h_g – проектный динамический уровень, м;

h_0 – статический уровень, м;

$h_п$ – проектное понижение уровня, при откачке ($h_п \leq 0{,}4\ m$), м;

m – мощность водоносного горизонта, м;

$h_и$ – высота расположения излива относительно устья скважины (0,5 м), м.

1.2. Определяется глубина погружения смесителя относительно уровня излива, при проектном динамическом уровне воды в скважине:

$$H = K + h_g ,$$

где H- погружение смесителя относительно уровня излива, м;

h_g- динамический уровень относительно излива, м;

K- коэффициент погружения смесителя.

Абсолютная величина коэффициента погружения смесителя K в зависимости от динамического уровня определяется опытным путем и поэтому принимается при расчетах согласно табл.1.

Таблица 1

Зависимость коэффициента погружения смесителя эрлифта от динамического уровня

h_g	70-40	60-20	30-10
K	1,4-1,6	1,7-2	2,5-3

2. Расчет расхода и давления воздуха, нагнетаемого в эрлифтную систему

2.1. Определяется удельный расход воздуха для откачки из скважины 1 м^3 воды:

$$W_0 = \frac{h_g}{C_0 * \log_{10} \frac{h_g * (K-1) + 10}{10}} ,$$

где W_0 – удельный расход воздуха, приводимый к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;

h_g – динамический уровень воды в скважине, м;

K – принятый коэффициент погружения смесителя;

C_0 – опытный коэффициент, зависящий от коэффициента погружения смесителя, принимается согласно табл. 2.

Таблица 2

Зависимость коэффициента C_0 от K

K	4	3,35	2,85	2,5	2,2	2	1,8	1,7	1,55
C_0	14,3	13,9	13,6	13,1	12,4	11,5	10	9	8

При расчете удельного расхода воздуха для откачки из скважины жидкостей, имеющих удельный вес больше единицы ($\gamma_ж > 1$), г/см^3, необходимо W_0 умножить на $\gamma_ж$.

2.2. Определяется полный расход воздуха для откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$\sum W_0 = \frac{Q * W_0}{60},$$

где $\sum W_0$ – суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
Q – проектный дебит откачки, м^3/мин
W_0 – удельный расход воздух, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

3. Расчет необходимого давления и производительности для выбора компрессора

3.1. Определение необходимого давления сжатого воздуха, при спуске компрессора:

$$P_п = 0{,}01 * \left(K * (h_g - h_0\right) + P_1),$$

где $P_п$ – пусковое давление компрессора, МПа;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
h_0 – статический уровень воды в скважине, м;
P_0 – потери напора в воздухопроводах, при спуске компрессора: $P_1 = 1$ м. вод. ст.

3.2. Определение рабочего давления компрессора в процессе откачки воды из скважины:

$$P_р = 0{,}01 * (h_g * (K - 1) + P_2,$$

где $P_р$ – рабочее давление компрессора, МПа;
h_g – динамический уровень воды в скважине, м;
K – принятый коэффициент погружения смесителя;
$P_р$ – потери напора в воздухопроводах, при процессе откачки.

3.3.Определение рабочего расхода сжатого воздуха в процессе откачки воды из скважины с проектной производительностью Q, м^3/ч:

$$W_р = \sum W_0 * \frac{P_0}{P_p},$$

где $W_р$ – рабочий расход промывочной жидкости, м^3/мин;
$\sum W_0$ – полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин;
P_0 – атмосферное давление воздуха, P_0=0,1 МПа;

$P_р$ – рабочее давление сжатого воздуха, МПа.

3.4. Выбор компрессора для оборудования эрлифта.

Для откачки воды из скважины м проектной производительностью Q давление компрессора $P_к$ и производительностью компрессора $q_к$ выбирается согласно следующим условиям:

$$Р_к \geq Р_п; \quad P_к \geq Р_р; \quad q_к \geq W_р.$$

4. Расчет внутренних диаметров эрлифтных колон

4.1. Выбор скоростей движения потоков воздуха и аэрированной воды в эрлифтных колоннах труб.

Для устойчивой и эффективной работы эрлифта необходимо обеспечить следующие скорости движения потоков воздуха и аэрировонной воды в эрлифтных колоннах труб:

$V_в$ – скорость потока в воздухопроводной колонне труб:

$$V_в=10 \text{ м/с};$$

$V_с$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб над смесителем

$$V_с=(2\text{-}4) \text{ м/с};$$

$V_н$ – скорость потока аэрированной воды в водоподъемной колонне труб, перед изливом

$$V_н=(6\text{-}12) \text{ м/с}.$$

$V_с$ и $V_н$ зависят от h_g (чем больше h_g, тем больше $V_с$ и $V_н$).

4.2. Расчет площади сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне:

$$\omega_в = \frac{W_р}{60 * V_в},$$

где $\omega_в$ – площадь сечения потока воздуха в воздухопроводной колонне, м^2;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин;

$V_р$ – скорость потока воздуха в воздухопроводной колонне, м/с.

4.3. Расчет площади потока аэрированной воды в водоподъемной колонне

4.3.1. Определение расхода воды над смесителем:

$$q_c = \frac{Q}{360} + \frac{W_p}{60},$$

где $q_с$– расход аэрированной воды над смесителем, м^3/с;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$W_р$ – рабочий расход сжатого воздуха, м^3/мин.

4.3.2. Расчет площади сечения потока аэрированной воды над смесителем:

$$\omega_с = \frac{q_с}{V_с},$$

где $\omega_с$ – площадь сечения потока над смесителем, м^2;

$q_с$ – расход потока над смесителем, м^3/ч;

$V_с$ – скорость потока над смесителем, м/с.

4.3.3. Определение расхода аэрированной воды перед изливом:

$$q_н = \frac{Q}{3600} + \frac{\sum W_0}{60},$$

где $q_н$ – расход аэрированной воды перед изливом, м^3/ч;

Q – проектный дебит откачки, м^3/ч;

$\sum W_0$– суммарный полный расход воздуха, приведенный к 1 атм или 0,1 МПа, м^3/мин.

4.3.4. Расчет площади сечения аэрированного воды перед изливом:

$$\omega_{н} = \frac{q_{н}}{V_{н}},$$

где $\omega_{н}$ – площадь потока перед изливом, м^3;

$q_{н}$ – расход потока перед изливом, м^3/ч;

$V_{н}$ – скорость потока перед изливом, м/с.

4.4. Расчет внутренних диаметров внутренних эрлифтных колонн

Внутренние диаметры эрлифтных колонн определяются на основании площадей сечений потоков воздуха в воздухопроводной колонне и аэрированной воды в водоподъемной колонне по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4\omega_{н}}{\pi}},$$

где d- внутренний диаметр трубы, м;

$\omega_{н}$- площадь сечения потока в трубе, м^2.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы изменений	
			от	до
L	Глубина залегания водоносного горизонта	м	50	150
h_0	Статический уровень воды	м	8	26
$h_{н}$	Понижение уровня воды	м	1	5
Q	Дебит	м^3/ч	10	130
m	Мощность водоносного горизонта	м	2	14

Расчет №18

Цементирование скважин

Основная цель цементирования – получение прочного водогазонефте непроницаемого, концентрично расположенного в затрубном пространстве кольца цементного камня, который по всей высоте обеспечивал бы разобщение и надежную изоляцию вскрытых скважиной продуктивных горизонтов и зон осложнений.

Способ цементирования выбирается в зависимости от температуры в ее стволе, опасности поглощения при заданной высоте подъема цементного раствора и возникновения затрубных проявлений в период ОЗЦ для каждой конкретной скважины.

Расчет цементирования сводится к определению:

- потребного количества сухого цемента, воды, промывочной жидкости;
- конечного давления при цементировании и выбора типа и потребного количества цементировочных агрегатов и цементно-смесительных машин;
- продолжительности цементирования.

1. Определение потребного количества сухого цемента, воды, продавочной жидкости при цементировании обсадной колонны

1.1. Определение потребного количества цементного раствора, м^3:

$$V_{\text{п.р.}} = \frac{\pi}{4}\left[(k^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot h_{\text{ц}} + h_0 \cdot d_{\text{в}}^2\right],$$

где k – коэффициент увеличения ствола скважины (k = 1,1÷1,25).

1.2. Определение удельного веса цементного раствора, г/с^3:

$$\gamma_{\text{ц.р}} = \frac{\gamma_{\text{ц}} \cdot \gamma_{\text{в}} \cdot (1+m)}{m \cdot \gamma_{\text{ц}} + \gamma_{\text{в}}},$$

где $\gamma_{\text{ц}}$, $\gamma_{\text{в}}$ - соответственно удельный вес сухого цемента и воды ($\gamma_{\text{ц}}$ = 3,15 г/см^3, $\gamma_{\text{в}}$ =1,0 г/см^3);

m – цементное отношение.

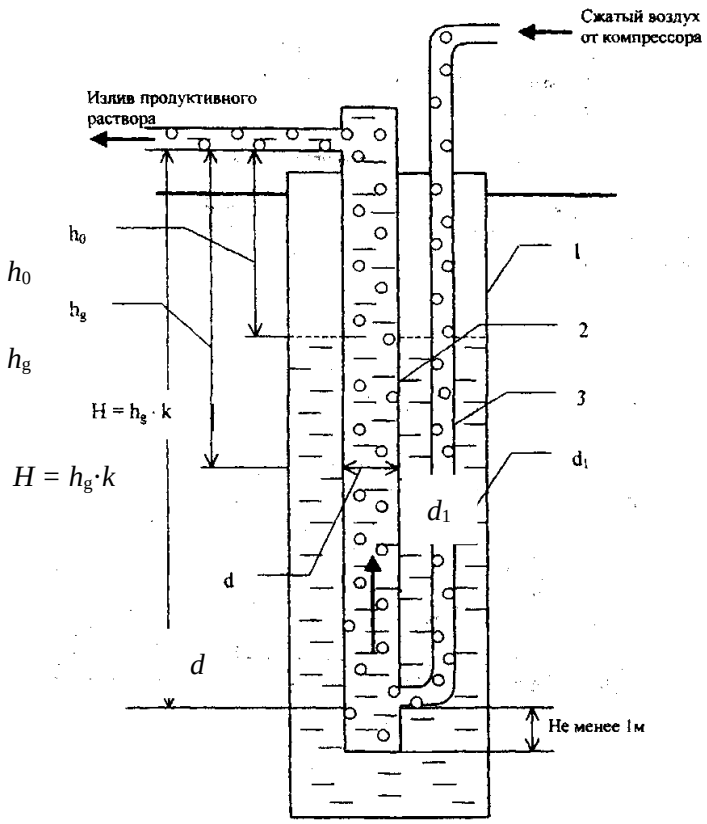


Схема эрлифта с расположением труб «рядом»:

1 – обсадные трубы; 2 – водоподъемные трубы; 3 – воздухопроводные трубы

1.3. Определение потребного количества сухого цемента, т:

$$Q_{\text{ц}} = e \cdot \frac{1}{1+m} \cdot \gamma_{\text{ц.р}} \cdot V_{\text{ц.р}} ,$$

где e – коэффициент, учитывающий потери сухого цемента при транспортировке и затворении (e = 1,03÷1,05).

1.4. Определение потребного количества воды для затворения цемента, м^3:

$$V_{\text{в}} = m \cdot Q_{\text{ц}} .$$

1.5. Определение объема продавочной жидкости, м^3:

$$V_{\text{пр}} = \Delta \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2_{\text{вн.ср}} \cdot (L - h_0) ,$$

где Δ - коэффициент, учитывающий сжатие жидкости (Δ = 1,03 ÷ 1,05).

Таблица исходных данных

Пара-метр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений		Примечание
			от	до	
D	Диаметр долота	м	161	445	D (161, 172, 190, 214, 243, 269, 295, 320, 346, 370, 394, 445)
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340	d (114, 127, 146, 168, 178, 194, 219, 245, 273, 299, 324, 340, 508)
δ	Толщина стенки обсадных труб	мм	6,5	12	
$d_{\text{вн.ср}}$	Средний внутренний диаметр обсадных труб	м	$(d-\delta)$		
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000	
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20	
L	Глубина спуска обсадных труб	м	50	4000	

2. Определение конечного давления при цементировании

2.1 Определение давления в цементировочной головке в конце цементирования, атм:

$$P_{\max} = P_{\text{гидр}} + 0{,}1 \cdot \left[\left(L - h_{\text{ц}}\right)\gamma_{\text{г.р}} + \left(h_{\text{ц}} - h_0\right)\gamma_{\text{г.р}} - (L - h_0)\gamma_{\text{пр.ж}}\right] + (15 \div 20),$$

где $P_{\text{гидр}}$ – гидравлические сопротивления, атм.:

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}01L + 8, (V_{\text{восх}} \leq 1 \text{ м/с и 1 агрегатом}),$$

$$P_{\text{гидр}} = 0{,}02L + 16, (V_{\text{восх}} > (1 \div 2)\text{м/с});$$

L – длина эксплуатационной колонны, м;

$h_{\text{ц}}$ - высота цементирования, м;

h_0 - высота цементного стакана, м;

$\gamma_{\text{г.р}}$ - плотность глинистого раствора, г/см^3;

$\gamma_{\text{п}}$ – плотность продавочной жидкости, г/см^3.

$(15 \div 20)$ - скачок давления на манометре в момент посадки продавочной пробки на упорное кольцо, атм.

Выбор ЦА $P_{\text{агр}} \geq P_{\max}$(выписываем характеристику ЦА – P и q).

2.2. Определение производительности цементировочного кольца агрегата в конце цементировочного агрегата в конце цементирования, м^3/с:

$$\sum q = \frac{\pi}{4} \cdot (K^2 \cdot D^2 - d^2) \cdot V_{\text{восх,}}$$

где K – коэффициент кавернозности;

$V_{\text{восх}}$ - скорость восходящего потока, м/с.

2.3. Определение необходимого количества цементировоч-ных агрегатов по скорости, шт:

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, м^3/с;

q^v – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

Характеристика ЗЦА-400

Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	*d* = 100 мм		*d* = 115 мм		*d* = 127 мм	
		подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм	подача, л/с	давление, атм
I	53,2	6,5	400	8,6	305	11,25	232
II	76,2	9,6	270	12,7	205	16,10	163
III	112,5	14,2	182	18,7	138	23,8	110
IV	156,0	19,7	131	26,0	100	33,0	79

Характеристика ЦА-320М

Режим работы	Скорость	Число двойных ходов поршня насоса в 1мин	*d* = 90 мм		*d* = 100 мм		*d* = 115 мм		*d* = 127 мм	
			подача, л/с	подача, л/с	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм	давление, атм
Максимальная производительность	I	28	2,4	390	3,0	305	4,1	225	5,1	182
	II	54	4,5	202	5,8	159	7,9	117	9,9	95
	III	97	8,3	113	10,4	88	14,2	65	17,6	52
	IV	125	10,6	87	13,5	69	18,3	50	22,8	40
Максимальное давление	I	27	2,3	400	2,9	320	3,9	230	4,9	185
	II	41	3,5	231	4,4	182	6,0	134	7,5	109
	III	73	6,2	130	7,8	103	10,7	75	13,3	61
	IV	94	8,0	102	10,1	80	13,8	59	17,1	47

2.4. Определение количества цементно-смесительных машин, шт:

$$i = \frac{Q_{\text{ц}}}{20},$$

где $Q_{\text{ц}}$ - количество цемента, необходимое для цементирования эксплуатационной колонны, т.

Таблица исходных данных

Параметр	Наименование	Ед. изм.	Пределы измерений	
			от	до
D	Диаметр долота	м	161	445
d	Диаметр обсадных труб	м	114	340
L	Глубина спуска обсадной колонны	м	50	4000
$h_{\text{ц}}$	Высота подъема цементного раствора за колонной	м	50	4000
h_0	Высота цементного стакана в колонне	м	20	20
$\gamma_{\text{г.р}}$	Удельный вес глинистого раствора	г/см^3	1,2÷1,25÷ 1,3	
$\gamma_{\text{ц.р}}$	Удельный вес цементного раствора	г/см^3	1,9÷ 1,85 ÷ 1,8	
$\gamma_{\text{п}}$	Удельный вес продавочной жидкости	г/см^3	1,0÷ 1,25	
$V_{\text{восх.}}$	Скорость подъема восходящего потока цементного раствора в затрубном пространстве: - для кондукторов и технических колонн - для эксплуатационных колонн	м/с	 (0,6÷ 0,8) (1,2÷1,5)	
k	Коэффициент увеличения диаметра ствола скважины	-	1,1	1,25

3. Определение продолжительности цементирования обсадной колонны

Возможность начала закачки определяется следующим условием:

$$P^V > P_г,$$

где P^V – максимальное давление, развиваемое ЦА на наивысшей скорости, атм;
$P_г$ - давление на преодоление в скважине в скважине гидравлических сопротивлений, атм.

$$P_г = 0{,}01L + 8 \text{ (при } V_{восх} \leq 1 \text{ м/с)};$$

$$P_г = 0{,}02L + 16 \text{ (при } V_{восх} \leq 2 \text{ м/с)}.$$

Если условие не выполняется, выбираем ближайшую скорость, на которой

$$P_{агр} > P_г.$$

3.1. Определяем, сколько цементного раствора будет закачано на этих скоростях:

$$h_{ц.р}^{IV} = \frac{10(P_г - P^V)}{(\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р})},$$

где $h_{ц.р}^{IV}$ - высота столба цементного раствора, который необходимо закачать на IV скорости, м;

P^V – давление, создаваемое насосом агрегата на V скорости.

Определяем объем раствора, закачанного на IV скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{IV} = \frac{\pi \cdot d_{вн.ср}^2}{4} \cdot h_{ц.р}^{IV},$$

Определяем объем цементного раствора, закачанного на V скорости, м^3:

$$V_{ц.р}^{V} = V_{ц.р} - V_{ц.р}^{IV}.$$

3.2. Определение высоты столба продавочной жидкости в колонне при работе агрегата на V скорости, м:

$$I_i^V == \frac{L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) + (k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2) \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - \frac{4V_{ц.р}}{\pi}}{(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2)\frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} + d_{вн}^2}.$$

Определяем постоянные элементы для данной формулы:

$$a = L \cdot (d_{вн}^2 + k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$b=(k^2 \cdot D_с^2 - d_{э.к}^2);$$

$$c = \frac{\gamma_{ц.р} - \gamma_{пр.ж}}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}};$$

$$Z = \frac{4V_{ц.р}}{\pi};$$

$$I_1^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_н^V - P_г)}{\gamma_{ц.р} - \gamma_{гл.р}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.3. Определение высоты подъема цементного раствора за колонной на V скорости агрегата, м:

$$I_2^V = \frac{a + b \cdot \frac{10(P_{\text{н}}^V - P_{\text{г}})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2},$$

т. е.

$$I_2^v = \frac{Z - d^2(L - I_1^v)}{b}.$$

3.4. Высота столба продавочной жидкости на IV скорости агрегата, м:

$$I_1^{IV} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{IV} - P^V)}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{вн}^2}.$$

3.5. Высота подъема цементного раствора за колонной на IV скорости агрегата, м:

$$I_2^{IV} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{IV})}{b}.$$

3.6. Высота столба продавочной жидкости на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{a + b \cdot \frac{10(P^{III} - P^{IV})}{\gamma_{\text{ц.р}} - \gamma_{\text{гл.р}}} - Z}{b \cdot c + d_{\text{вн}}^2}.$$

3.7. Высота подъема цементного раствора за колонной, на III скорости агрегата, м:

$$I_2^{III} = \frac{Z - d^2(L - I_1^{III})}{b}.$$

3.8. Определяем количество продавочной жидкости, закачиваемой на различных скоростях агрегата, м^3:

$$V_{\text{пр}}^V = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot I_1^V;$$

$$V_{\text{пр}}^{IV} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{IV} - I_1^V);$$

$$V_{\text{пр}}^{III} = e \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{вн}}^2}{4} \cdot (I_1^{III} - I_1^{IV});$$

$$V_{\text{пр}}^{II} = V_{\text{пр}} - V_{\text{пр}}^I - V_{\text{пр}}^{III} - V_{\text{пр}}^{IV} - V_{\text{пр}}^V;$$

$$V_{\text{пр}}^I = 2.$$

3.9. Определяем время работы одним агрегатом на разных скоростях, мин:

$$t^{\text{V}} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^V + V_{\text{пр}}^V)}{q^V \cdot 60};$$

$$t^{IV} = \frac{(V_{\text{ц.р}}^{IV} + V_{\text{пр}}^{IV})}{q^{IV} \cdot 60};$$

$$t^{III} = \frac{(V^{III}_{\text{ц.р}} + V^{III}_{\text{пр}})}{q^{III} \cdot 60};$$

$$t^{II} = \frac{(V^{II}_{\text{ц.р}} + V^{II}_{\text{пр}})}{q^{II} \cdot 60};$$

$$t^{I} = \frac{(V^{I}_{\text{ц.р}} + V^{I}_{\text{пр}})}{q^{I} \cdot 60}.$$

3.10. Общее время цементирования, мин:

$$T' = t^{\text{I}} + t^{\text{II}} + t^{\text{III}} + t^{\text{IV}} + t^{\text{V}}.$$

С учетом подготовительно-заключительных работ

$$T_{\text{ц}} = T' + 15 \text{ мин.}$$

3.11. Определяем температуру на забое скважины, ℃:

$$t_{\text{заб}} = t_{\text{ср}} + 0{,}025L,$$

где $t_{\text{ср}}$ – среднегодовая температура воздуха, ℃,

L – глубина скважины, м.

3.12. Определяем количество агрегатов, шт:

По времени схватывания

$$n_{ЦА} = \frac{T}{0{,}75T_{\text{скв}}} + 1,$$

по скорости

$$n = \frac{\sum q}{q^{\text{v}}} + 1,$$

где $\sum q$ – необходимый расход для обеспечения заданной скорости поднятия цементного раствора за эксплуатационную колонну, л/с;

q^{v} – производительность выбранного агрегата на высшей скорости, л/с.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Технология бурения разведочных скважин / А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин, Р. М. Скрябин. - М.: Техника, ТУМА ГРУПП, 2004. - 528 с.
2. Башкатов Д. Н., Кривошеев В. В., Соловьев Н. В. Бурение разведочных скважин: учебник для вузов. - М.: Высшая школа, 2007.
3. Гусман А. М., Порожский К. П. Буровые комплексы. Современные технологии и оборудование. – Екатеринбург, 2002. - 592 с.

Дополнительная:

1. Ошкордин О. В. Технологическое проектирование в разведочном бурении на твердые полезные ископаемые: учебное пособие. – Екатеринбург: УГГГА, 1994.
2. Калинин А. Г., Ошкордин О. В. Разведочное бурение. – М.: Недра, 2000.
3. Михайлова Н. Д. Техническое проектирование колонкового бурения. – М.: Недра, 1985.
4. Ганджумян Р. А. Практическое расчеты в разведочном бурении. – М.: Недра, 1986.
5. Поляков Г. Д., Булгаков Е. С. Проектирование, расчет и эксплуатация буровых установок. – М.: Недра, 1983.
6. Кирсанов А. Н., Зиненко В. П., Кардыш В. Г. Буровые машины и механизмы. –М.: Недра, 1986.
7. Элияшевский И. В., Орсуляк А. М. Типовые задачи и расчеты в бурении. – М.: Недра, 1974.
8. Справочник по бурению и оборудованию скважин на воду /под общей ред. В. В. Дубровского – Второе издание, перераб. и доп. – М.: Недра, 1972.
9. Справочник по бурению скважин на воду / под общей ред. Д. Н. Башкатова. – М.: Недра, 1979.
10. Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин /авторский колл.; гл. ред. проф. Е. А. Козловский. – СПб, 2000.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Л. И. Кралина, Г. А. Усов, Ф. П. Сердюков

Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород

Методическое пособие
к комплексу практических занятий
по дисциплине

«Буровые станки и бурение скважин»

для студентов специальности
21.05.02 Прикладная геология
Очного и заочного обучения

Часть 1

Екатеринбург
2018

Оглавление

Введение…….3
Лабораторная работа № 1. Определение абразивности образцов горной породы методом Барона……4
Лабораторная работа № 2. Определение физико-механических параметров скальных горных пород……..6
Лабораторная работа № 3. Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском…….....10
Лабораторная работа № 4. Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском…….....15
Библиографический список…….....18

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по профилирующим дисциплинам для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология. Предложенные в учебно-методическом пособии лабораторные работы выполняются с целью закрепления теоретических знаний, приобретения практических навыков в выполнении работ лабораторного характера, в том числе с элементами НИРС, расчетов, необходимых при изучении студентами профилирующих дисциплин, курсовом и дипломном проектировании. При выполнении работ используются справочные материалы, приведенные в приложении. Большинство работ рассчитано на выполнение и оформление непосредственно на занятиях. Если работа не закончена, то с разрешения преподавателя она может быть оформлена и сдана к следующему занятию.

Структурно, в зависимости от теоретического характера лабораторных исследований, учебно-методическое пособие состоит из трех частей:

Часть 1. Исследование процессов разрушения и физико-механических свойств горных пород;

Часть 2. Исследование буровых промывочных жидкостей и тампонажных растворов;

Часть 3. Методика обработки результатов исследования при выполнении лабораторных работ и справочные материалы.

Список литературы, использованной при написании учебно-методического пособия, приведен в конце каждой части.

Предлагаемые в настоящем методическом пособии лабораторные работы студентами выполняются побригадно по 2-3 человека. Объем данных работ рассчитан в основном на 2-4 часа, реже - на 6-8 часов в случае проведения студентами комплексных исследований повышенной сложности и детальности.

Полученные результаты лабораторных исследований оформляются студентами в виде отчета, содержащего следующие данные и разделы:

1. Полное наименование работы.
2. Состав исполнителей.
3. Руководитель работы.
4. Задание, дата.
5. Исходные данные.
6. Порядок выполнения работы.
7. Выводы и рекомендации по результатам исследований.

Лабораторная работа № 1

Определение абразивности образцов горной породы методом Барона

Настоящие методики определения абразивности горных пород разработаны в Институте горного дела им. А. А. Скочинского, Л. И. Бароном и А. В. Кузнецовым. Сущность ее заключается в истирании о поверхность образца горной породы торца вращающегося стержня из незакаленной стали -серебрянки с последующим определением весового износа стержня во время опыта. За критерий абразивности принимается суммарная потеря в весе стержня за стандартное время опыта 10 минут. Опытное потирание стержня производится при осевой нагрузке 150 Н и скорости вращения 400 об/мин.

Испытания производятся на установке, выполненной на базе обычного сверлильного станка типа НС - 1 2 А.

Образец горной породы устанавливается в зажимном приспособлении таким образом, чтобы истираемая поверхность была перпендикулярна шпинделю станка. В патроне станка закрепляется эталонный стержень из инструментальной калиброванной стали-серебрянки У8А диаметром 8 мм. Изготовление стержней производится на токарном станке, где пруток разрезается на части длиной 70 мм. В одном из торцов каждого стержня высверливается центральное отверстие диаметром 4 мм и глубиной 12 мм.

Определение абразивности породы производят сверлением образца породы эталонным стержнем, предварительно взвешенным на аналитических весах с точностью до 0,1 мг. Исследования производят по схеме парных опытов: сначала сверление осуществляется в течение 10 мин одним концом стержня, затем в течение 10 мин – другим.

После опыта стержень очищается и снова взвешивается на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Коэффициент абразивности породы вычисляется на основании результатов исследований по формуле

$$A = \frac{\sum q_i}{2n_{\text{п}}}, \tag{1.1}$$

где A - коэффициент абразивности, мг,

q_i - потеря массы эталонного стержня за каждый парный опыт, мг;

$n_{\text{п}}$ - число парных опытов.

На каждом образце горной породы проводится 3-5 парных опытов, а в целом по пробе необходимо провести 9-15 таких опытов

Необходимое число единичных опытов определяется с учетом коэффициента вариации, зависящего от структуры горных пород, на основании величины отношения

$$a = \frac{K_{\text{доп}}}{K_{\text{вар}}} \tag{1.2}$$

где $K_{\text{доп}}$ - допускаемое отклонение точности определения коэффициента абразивности;

$K_{\text{вар}}$ - коэффициент вариации, принимаемый согласно табл. 1.1.

Согласно абсолютной величине a, необходимо определить минимальное число единичных опытов, руководствуясь табл. 1.2.

Таблица 1.1

Определение коэффициента вариации $K_{\text{вар}}$

Структура пород	Размер зерен, мм	$K_{\text{вар}}$, %
Крупнозернистая	5	30
Среднезернистая	3-5	22
Мелкозернистая	0,3-0,2	19
Тонкозернистая с включениями	0,2	34

Таблица 1.2

Определение минимального числа единичных опытов

a	2,0	0,98	0,69	0,57	0,49	0,48
n	1	4	8	12	16	20

Запись результатов измерений и вычислений производится в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Определение абразивности горных пород

№ п.п	Порода		Номер образца опыта	Масса стержня. $G_{1,2}$, мг		Потеря массы, мг	Абразивность А, мг				Примечание
	шифр	название		до опыта	после опыта		по опыту	по образцу	среднее по пробе	коэф. вариац, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Построение графиков и выводы результатов работы

Построение графиков по результатам измерений и вычислений настоящей лабораторной работы. УП1, УП2 - предварительные усилители;

Количественный и качественный анализ зависимостей

$A = f\left(\frac{H_{м,\max}}{H_{м,\min}}\right)$ и $A = f\left(H_{м,\max}\right)$, а также степени зернистости

(крупно-, средне-, мелко-, микрозернистости) исследуемых образцов горных пород.

Обосновать практическое значение полученных результатов лабораторных исследований и дать практические рекомендации.

Лабораторная работа № 2.

Определение физико-механических параметров скальных горных пород

Для оценки прочностных свойств горных пород определяются коэффициент динамической прочности (крепости и дробимости) $F_д$, а для оценки абразивных свойств - коэффициент абразивности $K_{абр}$.

Методика разработана в ЦНИГРИ под руководством Н. И. Любимова и рекомендована для исследований ФМС скальных горных пород.

Отбор н подготовка образцов горных пород

Отбор образцов горных пород производится, как правило, из керна. Можно также отбирать образцы произвольной формы соответствующего размера.

Размеры образцов из керна: длина 20-25 см при бурении коронками диаметром 46-59 мм и 15-18 см при бурении коронками диаметром 76-92 мм.

Подготовка проб из образцов осуществляется в следующем порядке:

- исследуемый образец породы разбивается на куски изометрической формы без острых углов размером 1,5-2,0 см в поперечнике;
- набираются две пробы: каждая проба состоит из 25 кусков и разделяется на пять частей по пять кусков.

Оборудование и материалы, необходимые для исследований

При определении прочностных и абразивных свойств горных пород по методике ЦНИГРИ применяются:

- прибор ПОК для определения динамической прочности (крепости) горных пород;
- прибор ПОАП-2М для определения абразивности горных пород;
- весы типа ВЛКТ-100 г / 5-3.

Прибор ПОК состоит из трубчатой ступы (рис. 2.1, а) и объемомера (рис. 2.1, б). Составными частями трубчатой ступы являются: загрузочный стакан *1*, направляющая труба *2*, удерживающий шплинт *3*, гиря *4*, упор *5*, шнур *6* и рукоятка *7*.

Объемомер состоит из стакана *1* и поршня со шкалой *2*.

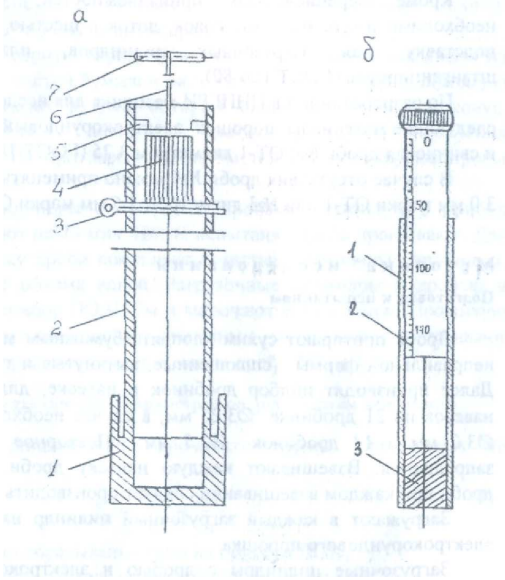


Рис. 2.1. Прибор ПОК для определения динамической прочности горных пород:

а – трубчатая ступа: *1* – загрузочный стакан; *2* – направляющая труба; *3* – шплинт удерживающий; *4* – гиря; *5* – упор; *6* – шнур; *7* – рукоятка; *б* – объемомер: *1* – стакан; *2* – поршень со шкалой; *3* – дно

Прибор ПОАП-2м, схема которого приведена на рис. 2.2, состоит из электродвигателя АОЛБ 22-4 мощностью 0,18 кВт с числом оборотов 1420 об/мин, двух рабочих органов с загрузочными камерами и пульта управления со счетчиком оборотов двигателя.

В приборе ПОАП-2м рабочий орган представляет собой жесткое сварное соединение *8* трех загрузочных камер *4*, шатуна *7* и эксцентрикового вала *2*, совершающего колебательно-вращательное движение в шариковых подшипниках *10*.

Опорой рабочего органа служат маятниковые шатуны *3*, которые с помощью шариковых подшипников *6* шарнирно связывают рабочий орган с плитой прибора.

Загрузочные цилиндры вставляются в камеры *4* прямоугольной формы и закрываются крышками *5* при помощи натяжных замков.

Привод рабочего органа прибора осуществляется от электродвигателя *1* через эксцентриковый вал *2* с насаженным на него маховиком *9*. При помощи вала 2 загрузочные камеры совершают возвратно-поступательное движение, обеспечивающее интенсивное перемешивание помещенного в них материала.

Механический редуктор-счетчик оборотов *12*, который присоединяется к валу электромотора при помощи двух шкивов и приводного ремня, позволяет контролировать число колебаний рабочего органа.

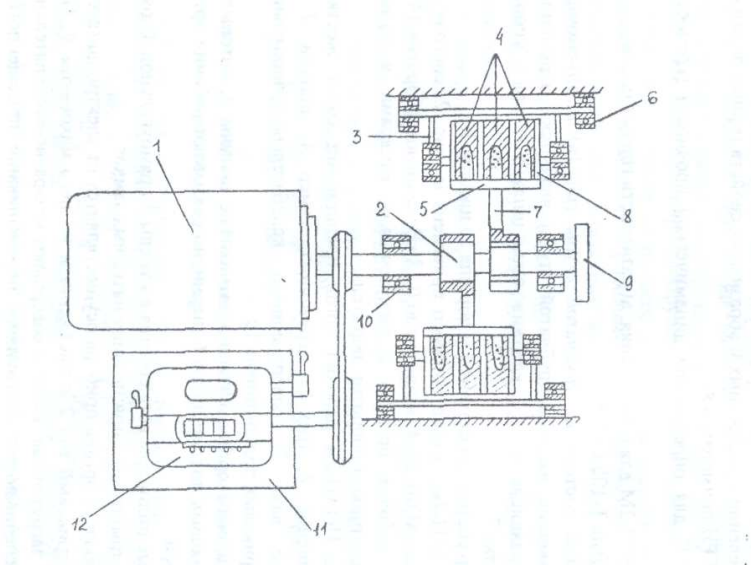


Рис. 2.2. Схема прибора ПОАП-2М для определения абразивности горных пород:
1 – электродвигатель; *2* – эксцентриковый вал; *3* – шатуны; *4* – загрузочные цилиндры; *5* – крышка; *6* – опоры; *7* – шатун; *8* – рабочие органы; *9* – маховик; *10* – подшипники; *11* – пульт управления; *12* – счетчик.

Весы типа ВЛКТ-100 г/5-3 предназначены для определения потери веса эталонного материала при определении абразивности пород с требуемой точностью

Для исследований на приборах ПОК и ПОАП-2м используются:

- загрузочные цилиндры из стекла органического СОЛ (ГОСТ 15809-70) - 18 шт. (6 - для проведения опыта, 6 - для промывки дроби после опыта, 6 - запасные);
- сито из сетки №5 (ГОСТ 3826-66);
- мерка емкостью l $см^3$.

Кроме перечисленных принадлежностей, учтенных в ОСТе, необходимо иметь молоток, совок, лоток с шестью
ячейками для дроби, подставку для загрузочных цилиндров, пластинку, лопаточку, штангенциркуль (ГОСТ 166-80).
По разработанной в ЦНИГРИ методике для исследований необходимы следующие
материалы: порошок электрокорундовый №12 (ГОСТ 3647-80) и свинцовая дробь №4 ОТ-1 диаметром 3.25 (ГОСТ 7837-76).

В случае отсутствия дроби №4 можно применять дробь №5 диаметром 3,0 мм марки ОТ-1 или №3 диаметром 3,5 мм марки ОТ-П.

Методика исследований
Подготовка к испытаниям

Дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом. Дробинки неправильной формы (сплющенные, вытянутые и т. п.) отбраковываются. Далее производят подбор дробинок в навеске, для чего заготовляют 6 навесок по 21 дробинке Ø 3,25 мм; в случае необходимости 26 дробинок Ø 3,0 мм и 14 дробинок Ø 3,5 мм. Повторное использование дроби запрещается. Взвешивают каждую навеску дроби. Определение массы дроби при каждом взвешивании следует производить с точностью до 5 мг.

Загружают в каждый загрузочный цилиндр навеску дроби и 1 см электрокорундового порошка.

Загрузочные цилиндры с дробью и электрокорундовым порошком помещают в прибор и включают его на 20 минут. При этом электродвигатель должен совершить 28 тыс. оборотов, которые контролируются счетчиком прибора.

Каждую навеску дроби после указанного опыта помещают в сосуд с водой и после перемешивания (всполаскивания) извлекают и протирают насухо чистым хлопчатобумажным материалом.

Промытую дробь взвешивают. Потеря массы дроби в каждой пробирке должна быть 200±10 мг. В случае отклонения потери массы дроби от указанного необходимо изменить количество дробинок в навеске и повторить тарировочные работы вновь.

Проведение испытаний

Каждую часть пробы, состоящую из 5 кусков, помещают в стакан прибора ПОК и производят 10 сбрасываний гири массой 2,4 кг с высоты 600 мм (груз поднимается до упора). Продукт разрушения всех пяти частей каждой пробы породы просеивается через сито с размером стороны ячейки а свету 0,5 мм. Прошедшую через сито фракцию 0,5 мм и менее ссыпают в трубу объемомера (рис. 4.2). В трубу свободно вставляют до упора цилиндр и снимают отсчет "h" по шкале цилиндра в миллиметрах.

Раздробленную горную породу фракции 0,5 мм и менее высыпают из объемомера на лист чистой бумаги в виде конуса, затем конус с помощью пластинки развертывают в диск, который снова пересыпают в конус. Процесс перемешивания повторяют 2 - 3 раза для получения однородной среды. Из противоположных частей диска отбирают пробы объемом 1 см^3 каждая.

Загрузочные цилиндры с дробью и пробами помещают в прибор ПОАП-2м и включают на 20 мин. После испытания дробь промывают. Для этого каждую навеску дроби помещают в чистые загрузочные цилиндры, заполненные на 2/3 объема водой. Загрузочные цилиндры с дробью и водой помещают в прибор ПОАП-2м и включают его на 3 мин. Промытую дробь протирают сухим хлопчатобумажным материалом, взвешивают каждую навеску и определяют потерю массы дроби ΔQ (мг).

Определение физико-механических параметров по результатам испытаний

Коэффициент динамической прочности породы определяет по формуле:

$$F_{д} = \frac{20n}{h} = \frac{200}{h}, \qquad (2.1)$$

где n=10 - число сбрасываний гири на приборе ПОК;

h - отсчет по шкале цилиндра объемомера, мм.

Коэффициент абразивности исследуемой породы определяют по формуле:

$$K_{\text{абр}} = \frac{\Delta Q}{100}\ , \qquad (2.2)$$

где ΔQ - потеря массы дроби, мг.

Коэффициенты динамической прочности и абразивности определяются по двум пробам.

За средние значения $F_{\text{д}}$ или $K_{\text{абр}}$ принимаются среднеарифметические двух определений при условии:

$$Z = \frac{X_1 - X_2}{(X_1 + X_2)/2} \cdot 100 \langle 25\ \%, \qquad (2.3)$$

где X_1 и X_2 - значения двух определений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$.

В случае отклонения от приведенного условия проводятся дополнительные определения. Из полученных значений $F_{\text{д}}$ и $K_{\text{абр}}$ выбираются те два, для которых выполняется условие (2.3).

На основании определенных опытным путем значений динамической прочности $F_{\text{д}}$ и коэффициента абразивности $K_{\text{абр}}$ можно определить объединенный комплексный показатель бурности $\rho_{\text{м}}$ по формуле:

$$\rho_{\text{м}} = 3F_{\text{д}}^{0.8} \cdot K_{\text{абр}} \qquad (2.4)$$

Лабораторная работа № 3.
Определение энергоемкости процесса распиловки горных пород алмазным диском

Распиловка является начальной операцией в обработке каменного сырья. Для распиловки горных пород используют несколько типов алмазных пил и станков, конструкция которых зависит от размеров камней и конкретной цели распиловки.

Процесс распиловки можно контролировать по показаниям электроприборов, которые устанавливаются в системе электропривода для измерения силы тока, напряжения и потребляемой мощности.

Оценка процесса распиловки возможна по удельным затратам электроэнергии на единицу площади распиливания, которая зависит от ФМС горных пород, параметров режущего инструмента и технологических параметров распиливания.

Задачей исследования является определение энергоемкости процесса распиливания горных пород с различными ФМС на камнерезном станке.

Технические средства для определения энергоемкости процесса распиловки

В качестве распиловочного механизма используется серийный камнерезный станок ПТ-44, оснащенный алмазным отрезным диском:

Техническая характеристика камнерезного полуавтомата ПТ-44

Наибольшая высота обрабатываемой заготовки, мм ….	150
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм …..	160
Частота вращения шпинделя, об/мин ……..	1500
Инструмент: круг отрезной, 2726-0272 ГОСТ 10110-78	1000
диаметр, мм ……	450
толщина, мм……	2,4
Скорость подачи (продольное перемещение салазок), мм/мин	
при модуле червячной передачи m = 1……..	5,4-31,5
m = 2……..	10,8-63
Питающая эл. сеть:	
род тока…….	Переменный
частота тока, Гц……	50
напряжение, В……..	220, 380
Электродвигатель	
Тип…….	4А80В (АИР90В)
мощность, кВт……..	1,5 (2,2)
частота вращения, об/мин……..	1500
габариты, мм, не более……	1240 890 940
масса, кг, не более……..	350

Принцип работы камнерезного полуавтомата ПТ-44

Привод станка осуществляется от электродвигателя *1* (рис. 3.1) Вращение от двигателя передается через клиноременную передачу на шпиндель *2*, на котором закреплен алмазный круг *10*. Вращение шпинделя двухскоростное, так как шкив шпинделя имеет два ручья с разными диаметрами.

При распиловке заготовок продольная подача заготовки *11* производится механически от двигателя *1* через клиноременную передачу, червячную передачу *7*, передачу "винт-гайка", гайка *8* которой является разъемной. При разомкнутом положении

гайки механическая подача на заготовку не происходит. Заготовка при распиловке надежно закрепляется в зажимном устройстве *9*, которое имеет возможность продольного перемещения по направляющим *4*. Скорость продольной подачи во время распиловки регулируется бесступенчатым вариатором *6*. При переводе рычага влево подача замедляется, вправо - ускоряется

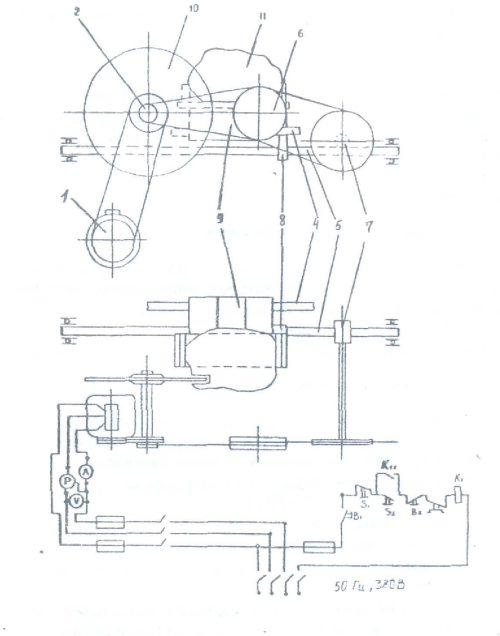


Рис. 3.1. Электромеханическая схема ПТ-44

Приборы для контроля процесса распиловки

Для контроля процесса распиловки камнерезный полуавтомат ПТ-44 имеет электрический щит, оборудованный вольтметром с ценой деления 20 В в диапазоне 500 В, амперметром с ценой деления 0,5 А в диапазоне ЮЛ и ваттметром с ценой деления 0,5 кВт в диапазоне 1,4 кВт.

Для проведения исследований необходимо иметь секундомер.

Методика определения процесса распиловки
Подготовка образцов для распиловки

Для распиловки используются образцы скальных горных пород произвольной формы. Размеры образца следует подбирать из расчета затрат времени на отрезание одной пластины в пределах 4-6 мин. и возможности получения из образца двух пластин толщиной 30 мм и длиной не менее 100 мм. Каждый образец должен быть промаркирован. Полученные при распиловке пластины используются в следующей лабораторной работе.

Подготовка камнерезного полуавтомата ПТ-44

Исследуемый образец закрепляется в зажимном устройстве станка. Для распиловки следует использовать червячное колесо с модулем m=1. Рычагом вариатора устанавливается нужная скорость резания. Рекомендуемая скорость резания при распиловке твердых пород (яшма) -23,4 мм/мин., при распиловке мягких пород (змеевик) – 33,4 мм/мин.

Организация наблюдений за процессом распиловки

В процессе исследований по показаниям ваттметра измеряется потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска и суммарная потребляемая мощность в процессе распиловки. Потребляемая мощность на распиливание определяется по формуле:

$$P_p = \sum P - P_{xx} \qquad (3.1)$$

где P_p - потребляемая мощность на распиливание, Вт;

$\sum P$ - суммарная потребляемая мощность, Вт;

P_{xx} - потребляемая мощность на холостое вращение алмазного диска, Вт.

Для получения достоверной информации необходимо провести 3 опыта - параллельные распиловки образца, обеспечивающие получение двух пластин.

Каждый опыт начинается с регистрации потребляемой суммарной мощности в момент начала распиловки. Затем суммарная потребляемая мощность регистрируется с помощью секундомера через каждые 30 с до окончания распиловки.

Результаты наблюдений и обработки заносятся в таблицу.

Регистрация результатов наблюдения и расчетов

Номер парал. набл.	P_{xx}	Суммарная потребляемая Мощность ΣP, Вт										Площадь распила S,м^2	Работа A, Втс	Удельная энергоемкость W, Вт·с/м^2
		0	30	60	90	120	150	180	210	240	270			
Образец №1														
1														
2														
3														
Образец №2														
1														
2														
3														

На основании наблюдений при распиловке каждого образца строятся графики, характеризующие изменение P_P во времени. Форма графика приведена на рис. 3.2.

Определение произведенной работы для распиливания образца

Работа распиливания характеризуется площадью фигуры 5 (рис. 3.2), ограниченной кривой, характеризующей изменение суммарной потребляемой мощности $\sum P$ во времени, и линией, ограничивающей мощность холостого вращения P_{xx}.

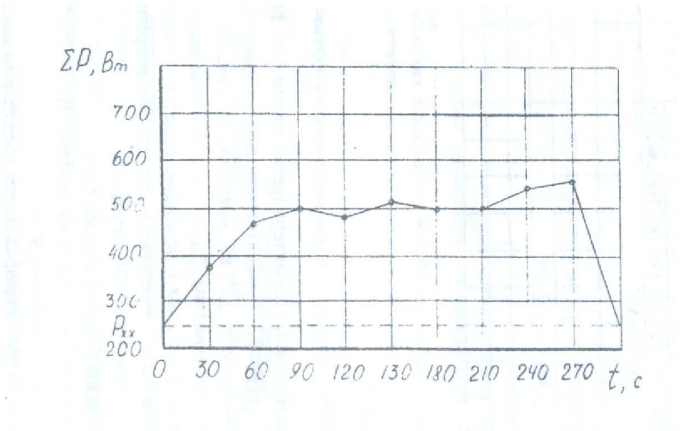


Рис. 3.2. График изменения потребляемой мощности во времени при распиловке яшмы технической.

Площадь S определяется с помощью палетки. Масштаб одной клетки палетки определяется в соответствии с масштабом координат графика:

$$M = P_p t_н, \tag{3.2}$$

где M - масштаб одной клетки, Вт·с;

P_p - масштаб мощности на графике, Вт;

$t_н$ - масштаб времени, с. Приведенный на рис. 4.6 график имеет следующий масштаб:

$M = 100 \cdot 30 = 3000$, Вт·с.

Тогда работа распиливания образца определяется из условия, Вт/с:

$$A = Mm, \tag{3.3}$$

где M - масштаб одной клетки, 3000 Вт·с;

m - количество расчетных клеток палетки в пределах площади, ограниченной кривой изменения $P_Р$ во времени, шт.

Для определения количества расчетных клеток под кривой методом палетки подсчитывается количество полных клеток n_1 и количество неполных клеток n_2. Затем приближенно определяется общее количество расчетных клеток из условия:

$$M=(n_1+n_2)/2. \tag{3.4}$$

Определение площади распила

Площадь поверхности распила образца горной породы определяется также по палетке. В качестве палетки может быть использован лист миллиметровки или разлинованный в клетку тетрадный лист. На палетку накладывается распиленный образец горной породы, и фиксируется площадь распила. Масштаб палетки принимается

$$M= 1 \text{ см}^2 = 0{,}0001 \text{ м}^2.$$

Площадь распила рассчитывается из условия:

$$S=Mm, \tag{3.5}$$

где S - площадь распила, м^2;

M - масштаб палетки, м^2;

m - количество расчетных клеток палетки, шт.

Определение удельной энергоемкости процесса распиливания

Удельная энергоемкость распиливания на единицу площади горной породы рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{A}{S}. \tag{3.6}$$

где W - удельная энергоемкость распиливания, Вт·с/м^2;

A - работа, Вт·с;

S - площадь распила, м^2.

Методика статистической обработки результатов наблюдений

Обобщающими результатами наблюдений, характеризующих энергоемкость процесса распиловки, являются удельные затраты мощности на единицу площади распиловки W_1, W_2, W_3, …, W_n, которые получены при проведении параллельных опытов при распиловке образца определенной горной породы.

Энергоемкость процесса распиловки образца горной породы характеризуется удельными затратами мощности, которые определяются как среднее арифметическое значение удельных затрат мощности при проведении параллельных опытов по формуле:

$$\overline{W} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} W_i \quad . \tag{3.7}$$

Дисперсия удельных затрат мощности параллельных опытов, характеризующих степень разброса вокруг среднего значения, рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2 \, . \tag{3.8}$$

Среднее квадратическое отклонение результата каждого опыта как абсолютный показатель изменчивости удельных затрат мощности определяется из выражения:

$$S = \sqrt{\frac{1}{1-n}\sum_{i=1}^{n} (W_i - \overline{W})^2} \quad . \tag{3.9}$$

Отдельным показателем изменчивости удельных затрат мощности параллельных опытов является коэффициент вариации, который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{вар}} = \frac{S}{W} 100 \ \% \tag{3.10}$$

Лабораторная работа № 4.

Исследование акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Отбор и подготовка образцов

Для исследований необходимо использовать образцы горных пород с известными параметрами динамической прочности, абразивности и модуля продольной упругости. Образец должен иметь форму пластины толщиной 30 мм. Рекомендуется использовать пластины, полученные при выполнении лабораторной работы № 3 данного раздела. Каждый образец должен иметь свою маркировку.

Технические средства для регистрации акустического спектра

Для исследования акустического спектра резания горных пород алмазным диском используется анализатор спектра АС-1.

Акустический спектр регистрируется анализатором спектра АС-1 в пределах звуковых колебаний 16 Гц – 20 кГц при распиловке образца горной породы на камнерезном станке ПТ-44, оснащенном алмазным отрезным диском АС-50 315/250 50 М. Для контроля процесса резания станок оснащен ваттметром, вольтметром и амперметром.

Техническая характеристика анализатора спектра АС-1

Прибор состоит из измерительного блока и двух микрофонов МД 52. Измерительный блок предназначен:

- для усиления сигналов, поступающих от микрофонов;
- выделения из шумового спектра основных гармонических составляющих;
- измерения частоты звуковых колебаний в трех диапазонах (I−20-200 Гц, II - 200-2000 Гц, III - 2-16 кГц);
- измерения уровня звукового давления акустического спектра с помощью микроамперметра.

Функциональная схема АС-1 представлена на рис. 4.2. На схеме показаны:

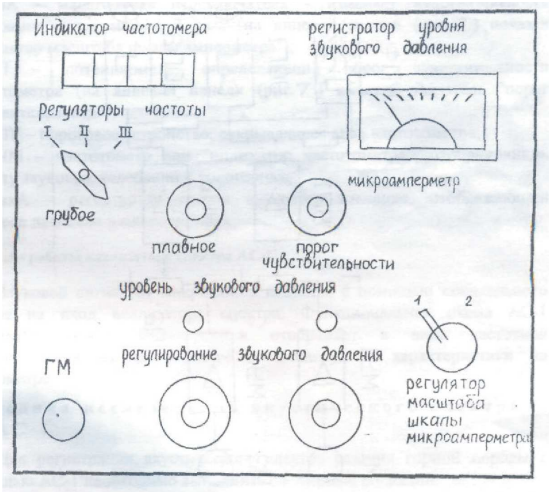


Рис. 4.1. Схема лицевой панели АС-1

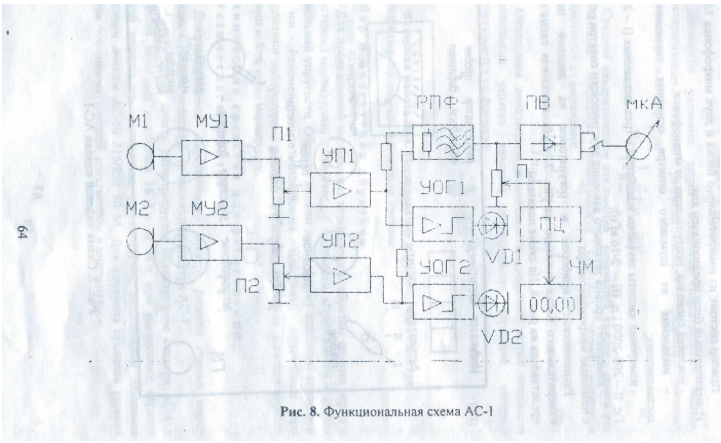


Рис. 8. Функциональная схема АС-1

Рис. 4.2. Функциональная схема АС-1

МУ1, МУ2 -микрофонные усилители 1 и 2 каналов;

П1, П2 - потенциометры установки уровня сигналов с микрофонных усилителей (ручки потенциометров П1 и П2 выведены на лицевую панель (см. рис. 4.2) и обозначены "регулирование звукового давления 1-й канал и 2-й канал");

УОГ1, УОГ2 - усилители-ограничители шумового сигнала с выходом на светоиды VD1, VD2 (на лицевой панели (см. рис. 4.2) светоиды обозначены "уровень звукового давления");

РПФ - режекторный полосовой фильтр с высокой добротностью, (перестройка частоты фильтра осуществляется ручками (см. рис. 4.2) "регуляторы частоты грубое, плавное", расположенными на лицевой панели);

ПВ - прецезионный выпрямитель выделяет положительную полуволну первой гармоники шумового сигнала;

SA - масштабный переключатель - изменяет чувствительность микроамперметра мкА в 2 раза (на лицевой панели (см. рис. 4.2) показан "регулятор масштаба шкалы амперметра");

П - потенциометр, определяющий порог чувствительности частотометра (на лицевой панели (см. рис. 4.2) имеется указатель "порог чувствительности");

ПУ - пороговое устройство, открывающее вход частотометра;

ЧМ - частотометр или "индикатор частотометра", отображающий частоту звуковых колебаний в килогерцах;

мкА - регистратор уровня звукового давления, отображающий звуковое давление в микроамперах.

Принцип работы анализатора спектра АС-1

Звуковой сигнал от микрофонов подается с помощью специального кабеля на вход анализатора спектра. Функциональная схема АС-1 усиливает сигнал, фильтрует и отображает в виде частотной характеристики на частотометре и амплитудной характеристики на амперметре.

Методика исследования акустического спектра на АС-1

Для регистрации акустического спектра резания горной породы с помощью АС-1 необходимо выполнить следующие операции:

Расположение приборов и регуляторов на лицевой панели измерительного блока показано на рис. 4.1,

1. Установить микрофоны в непосредственной близости от режущего инструмента, обеспечив условия предотвращения попадания влаги на микрофоны.
2. Подключить микрофоны к гнезду ГМ прибора.
3. Подключить прибор к сети 220 В.
4. Установить ручки управления прибора в положение, соответствующее готовности прибора к работе. Для этого необходимо выполнить следующие операции.

4.1. Ручки потенциометров "регулирование звукового давления" (П1 и П2) установить в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора).

4.2. Переключатель "регуляторы частоты грубое, плавное" установить в крайнее левое положение.

4.3. Ручку "порог чувствительности" установить в крайнее левое положение, при этом индикатор частотометра должен показывать 00.00.

4.4. Переключатель ЗА "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" установить в крайнее левое положение, при этом стрелочный индикатор мкА должен быть на нуле.

5. Включить камнерезный станок, установить режим подачи с помощью вариатора в зависимости от физико-механических свойств распиливаемого образца и обеспечить работу станка в установившемся режиме резания горной породы.

6. Медленно поворачивать ручки потенциометров П1 и П2 "регулирование звукового давления" по часовой стрелке до включения светоидов УВ1 и УО2. После включения светоидов повернуть ручки П1 и П2 против часовой стрелки, стараясь уловить положение регуляторов уровня сигнала, соответствующее моменту затухания светоидов.

7. Произвести измерения параметров акустического спектра, выполняя последовательно следующие операции.

7.1. Поворачивая ручку "регуляторы частоты плавное" по часовой стрелке, установить по микроамперметру на положение ручки, соответствующее максимальному уровню сигнала в выбранном частотном диапазоне. Точнее можно найти положение ручки, поворачивая ее по или против часовой стрелки.

7.2. Повернуть ручку "порог чувствительности" до включения частотометра в режим счета частоты. Рекомендуется поворачивать ручку не плавно, а дискретно, изменяя угол поворота в связи с некоторым запаздыванием включения счетного устройства.

7.3. Показания частотометра и стрелочного индикатора занести в таблицу. При необходимости взять еще 1-2 отсчета на этом же частотном диапазоне, стремясь отыскать локальный максимум.

7.4. Повернуть ручку "порог чувствительности" против часовой стрелки до сброса показаний индикатора частотометра (до установки 00.00).

7.5. Повернуть ручку "регуляторы частоты плавное" в крайнее левое положение и перейти на следующий частотный диапазон, переключив переключатель «регуляторы частоты грубое» по часовой стрелке в следующее положение.

7.6. Повторить измерения на вновь избранном диапазоне частоты, выполнив пункты 7.1-7.3 Результаты измерений занести в таблицу.

7.7. Выполнив пункты 7.4 и 7.5, перейти на третий диапазон частот, установив переключатель "регуляторы частоты грубое" в положение III (крайнее правое).

7.8. Повторить измерения на III диапазоне частот, выполнив пункты 7.1. - 7.3. Результаты измерений занести в таблицу.

Результаты измерений исследования акустического спектра резания горной породы алмазным диском

Диапазон	I			II			III		
Уровень звукового давления, мкА									
Частота звуковых колебаний, кГц									

Примечания.

1. После выполнения пункта 7.3 положение ручки "регулирование звукового давления" нельзя изменять до окончания работы, в противном случае достоверность характера спектрограммы будет нарушена.

2. В некоторых случаях на одном или двух диапазонах частот могут отсутствовать ярко выраженные основные максимумы, в этом случае рекомендуется ограничиться регистрацией локальных максимумов, стараясь как можно точнее устанавливать порог чувствительности порогового устройства частотомера ручкой "порог чувствительности".

3. Если при измерении локальных максимумов показания стрелочного измерительного прибора весьма малы и отсчет взять затруднительно, можно перевести переключатель SA "регулятор масштаба шкалы микроамперметра" в крайнее правое положение. В этом случае в таблицу следует заносить численное значение, равное 1/2 от показания прибора.

Методика обработки результатов наблюдения

Графическое построение измеренных спектров производится на полулогарифмической бумаге, для того, чтобы весь диапазон измеряемых частот умещался в размерах одного листа формата А4 и при этом масштаб был бы читаемым. Построение спектрограммы (рис. 4.3), характеризующей процесс резания, производится по следующей методике.

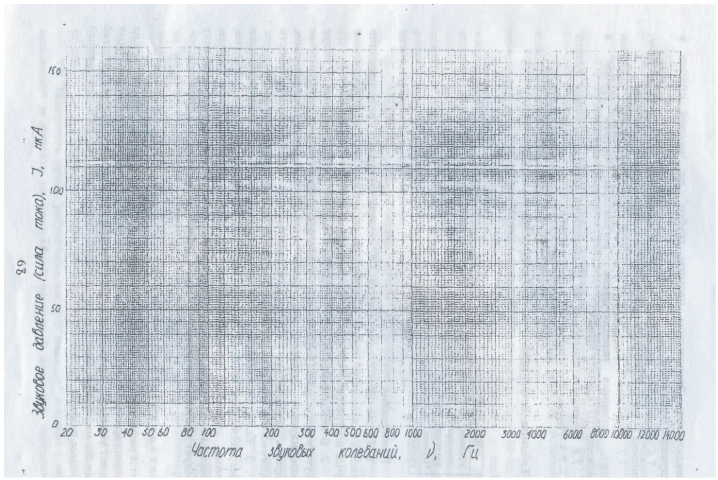


Рис. 4.3. Спектрограмма звуковых колебаний процесса резания

1. На логарифмической шкале абсцисс, соответствующей трем диапазонам АС-1, откладываются частоты в герцах, на линейной шкале ординат – уровни звукового давления акустического спектра резания в микроамперах.
2. На спектрограмме находится уровень звукового давления, соответствующий зарегистрированному максимуму длины полуволны акустического спектра.

Библиографический список

1. Инструкция по применению прибора ПСХ-4 для определения удельной поверхности измельченных материалов/ Госкомитет по промышленности строительных материалов при Госстрое СССР. – М.: 1964. - 14 с.
2. Ржевский В. В., Новик Г. Я. Основы физики горных пород: учебник для вузов. – 5-е изд, перераб. и доп. – М.: Недра, 1989. - 359 с.
3. Спивак А. И., Попов А. Н. Разрушение горных пород при бурении скважин: учебник для вузов. – 4-е изд. Перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. - 208 с.
4. Ямщиков В. С. Методы и средства исследования и контроля горных пород и процессов. – М.: Недра, 1982.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.26 СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация :
Геологияческая съемка, поиски иразведка месторождений твердых полезных ископаемых
форма обучения: очная, заочная

Автор: Бутин В.В., к.г.-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
Геологии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета
Геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические рекомендации по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой  В. А. Душин

КРАТКАЯ МЕТОДИКА
составления курсовой работы
по теме ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УРАЛА

1. **Задача курсовойработы.**

   Основной задачей курсовойработы по структурной геологии является получение студентами навыков обработки имеющихся геологических материалов по конкретной площади и подготовка комплекса картографических и текстовых материалов по площади. Обязательными компонентами работы являются – Геологическая Карта и текст Проекта (Объяснительная Записка к геологической карте). В тексте работы должны быть отражены основные черты геологического строения рассматриваемой территории (только в пределах проектного листа) – Введение, Географическое положение, Стратиграфия, Магматизм, Тектоника, Полезные ископаемые.

2. **Исходные материалы.**

Для подготовки материалов к курсовойработе студентам выдаются в электронном компьютерном виде(на индивидуальные флеш-носители) следующие материалы:

а. Геологическая карта масштаба 1:200 000 района проектной площади с легендой (условные обозначения), стратиграфической колонкой, геологическими разрезами (1-3 разреза). Материалы даются в растровом виде (jpg., tif., bmp….).

б. Топографическая карта масштаба 1:500 000 – 1:1 000 000 (растр) с нанесенной координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

в.Тектоническая схема района (растр, часть тектонической карты Урала масштаба 1:1 000 000) с координатной сеткой и номенклатурой планшетов масштаба 1:200 000.

г. Текст геологического строения листа масштаба 1:200 000 (Word, pdf, ….). Он содержит сокращенную геологическую характеристику района из Объяснительной Записки к Карте или из Геологического отчета.

д. Текстовое приложение (Word) СПИСОК ИНТРУЗИЙ. Отмечены номера и названия интрузивных массивов, выделенные на тектонической схеме.

3. **Требуется:**

А. Подготовка геологической карты.

а.Из геологической карты масштаба 1:200 000 «вырезать» намеченную ¼ часть планшета, соответствующую стандартному листу масштаба 1:100 000 и обозначить его номенклатуру. Необходимо помнить, что номенклатуры листов масштаба 1:200 000 и 1:100 000 обозначаются по-разному. Например, лист О-41-XIII (1:200 000) содержит листы О-41-49, 50, 61, 62 (1:100 000).

б. Из общей легенды карты масштаба 1:200 000 выделить («вырезать») только те условные обозначения, которые имеют отношение к выбранному листу масштаба 1:100 000.

в. «Обработать» стратиграфическую колонку. В стратиграфической колонке оставить только те подразделения, который имеют распространение на территории описываемого листа масштаба 1:100 000, остальные подразделения из колонки убрать («вырезать»).

г. Использование геологического разреза (разрезов). Если линия приведенного к карте масштаба 1:200 000 геологического разреза проходит через описываемую площадь листа 1:100 000, то этот разрез (или его часть) можно в неизмененном виде приложить к описываемой карте. Если линия разреза находится за пределами выбранного планшета, то

геологический разрез к этому планшету необходимо построить самостоятельно, ориентируясь на структурное положение комплексов и их взаимоотношения, показанные на имеющемся разрезе.

д. Оформить геологическую карту масштаба 1:100 000.

- Заголовок - аналогичный исходной карте 1:200 000. Здесь необходимо выделить «собственную» номенклатуру, например О-41-62.
- Показать планшет геологической карты масштаба 1:100 000. Форма планшета не должна быть искажена, пропорциональна, для этого масштаба размер планшета (по меридиану) должен составлять 37 см.
- К геологической карте добавить условные обозначения, стратиграфическую колонку, геологический разрез.
- Оформленная геологическая карта предоставляется в бумажном варианте, подготовленном и отпечатанном электронным способом. В виде исключения Геологическая карта проекта может быть подготовлена и раскрашена ручным способом.

Б. Подготовка текста Объяснительной записки.

В тексте Объяснительной записки приводится характеристика геологического строения и полезных ископаемых (перечень разделов указан выше), имеющих распространение только в пределах описываемого планшета масштаба 1:100 000. Для этого в тексте оставить только ту информацию, которая имеет отношение к описываемому планшету, удалив все остальное. Общий объем текста 25 – 40 стр.

4. Защита курсовойработы.

На защите курсовойработы необходимо показать знание основных черт геологического строения описываемой площади и полезных ископаемых. Наличие структурных этажей, ярусов, стратиграфических комплексов, магматических комплексов, складчатых, блоковых и разрывных структур, генетических типов месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых. Знать состав и условия образования основных разновидностей пород, распространенных на площади, и отраженных в легенде и стратиграфической колонке.

На защите можно пользоваться текстом работы, геологической картой и приложениями.

5. Оценка курсовойработы.

Общая оценка складывается из оценки качества и полноты текста и геологической карты и оценки защиты работы.

6. Примерные темы курсовых работ:

Названиекурсовойработы
Геологическое строение листа О-41-111(Белоярский)
Геологическое строение листа О-41-99(Малышева)
Геологическое строение листа N-41-45(Куртамыш)
Геологическое строение листа О-41-112(Богданович)
Геологическое строение листа О-40-131(Нижние Серги)
Геологическое строение листа О-40-120(Первоуральск)
Геологическое строение листа О-40-108(Починок)

Геологическое строение листа O-40-107(Новоуральск)
Геологическое строение листа O-40-119(Бисерть)
Геологическое строение листа O-40-144(Верхний Уфалей)
Геологическое строение листа O-41-143(Шемаха)
Геологическое строение листа O-40-100(Артемовский)
Геологическое строение листа N-41-34(Красный Уралец)
Геологическое строение листа O-40-132(Верхние Серги)

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1:
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Устьянцева Н.В.

Одобрена на заседании кафедры
Литологии и геологии горючих ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Введение

Учебным планом специальности 21.05.02 Прикладная геология по дисциплине «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» предусматривается написание контрольной работы на тему «Определение систематической принадлежности фоссилий из основных групп руководящих ископаемых». Это – самостоятельный труд студента, который способствует углублённому изучению пройденного материала.

Задания контрольной работы, направлены на оценку уровня умений и навыков, формирующих компетенцию:

ПК-3: Способность проводить геологические наблюдения и осуществлять их документацию на объекте изучения.

Результаты обучения, достижение которых свидетельствует об освоении компетенции:

Знания: основные группы руководящих ископаемых; общие, региональные и местные стратиграфические подразделения; принципы и методы основных стратиграфических исследований

Умения: проводить описание ископаемых остатков основных руководящих групп фауны; проводить геологические наблюдения на объекте изучения

Владения: навыками документации геологических объектов; навыками построения стратиграфических колонок и геологических разрезов; навыками определения относительного геологического возраста горных пород при помощи палеонтологического метода стратиграфических исследований.

Порядок выполнения контрольной работы

Контрольная работа по теме «Основы палеонтологии».

Пользуясь «Атласом беспозвоночных животных», оформленном студентом процессе самостоятельной работы, определить систематическую принадлежность палеонтологических образцов беспозвоночных животных. Опишите основные морфологические признаки. Проанализируйте условия обитания и установите геологическое значение исследуемых фоссилий.

Каждый вариант контрольной работы составлен из каменного материала в виде пяти палеонтологических образцов беспозвоночных животных.

Цель выполняемой работы: получить специальные знания по заданной теме.

Основные задачи выполняемой работы:

1) закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2) выработка навыков самостоятельной работы;
3) оценка уровня подготовленности студента к будущей практической работе.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций прочитанных ранее. Приступать к выполнению работы без изучения основных положений и понятий науки, не следует, так как в этом случае студент, как правило, плохо ориентируется в материале, не может отграничить смежные вопросы и сосредоточить внимание на основных, первостепенных проблемах рассматриваемой темы.

После выбора темы необходимо внимательно изучить методические рекомендации по подготовке контрольной работы, составить план работы, который должен включать основные вопросы, охватывающие в целом всю прорабатываемую тему.

Порядок описания ископаемых органических остатков

1. Определение формы сохранности ископаемых остатков.

2. Общие закономерности строения скелета) ископаемого организма (внутреннее ядро, левая(правая) створка, две створки, панцирь, перистая форма; одиночная или колониальная форма; отчётливо заметны, трудно различимы или неразличимы в лупу внутренние элементы строения скелета).

3. Зарисовать ископаемое, на рисунке указать линейный масштаб. Выделить стрелками и подписать названия всех выявленных элементов строения скелета ископаемого (или следов его жизнедеятельности).

4. Определить и доказать систематическую принадлежность ископаемого, выявляя его *сходство* и *различие* с близкими по строению ископаемыми.

5. Определить условия обитания и образ жизни представителей определенного таксона.

6. Охарактеризовать геологическое значение таксона: стратиграфическое значение, породообразующую роль, использование при проведении палеогеографических реконструкций. Определить возраст горной породы.

Для удобства работы использовать табличную форму записи.

Фамилия_____Группа_____

	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
Тип					
Класс					
Отряд					
Род					
Экология (условия обитания), образ жизни					
Морфология (характерные черты строения)					
Геологическое значение					

Оценивание результатов контрольной работы

Оценивание результатов контрольной работы должно быть проведено до начала промежуточной аттестации и проводится по традиционной шкале: «зачтено», «не зачтено. Решение об оценке контрольной работы принимается по результатам проверки предъявленной работы и ответов студента на вопросы в случае неполного описания ископаемых органических остатков.

Критерии оценивания контрольной работы	*Количество баллов*
Правильность определения систематической принадлежности фоссилий	0-1
Полнота описания морфологического строения фоссилий	0-2
Логичность и аргументированность выводов по работе	0-1
Использование профессиональной терминологии	0-1

Итого	0-5

5 баллов (90-100%) - оценка «зачтено»
4 балла (70-89%) - оценка «зачтено»
3 балла (50-69%) - оценка «зачтено»
0-2 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

Критерии оценки:

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся:

- если у всех пяти образцов правильно определена систематическая принадлежность; дано полное описание морфологического строения; выводы по работе логичные и аргументированные, материал изложен профессиональным языком;

- если правильно определена систематическая принадлежность четырех образцов из пяти; дано полное описание морфологического строения; имеется вывод по работе или его нет, материал изложен профессиональным языком;

- если правильно определена систематическая принадлежность трех образцов из пяти; описание морфологического строения с существенными замечаниями; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии;

Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, если правильно определена систематическая принадлежность двух образцов из пяти; описание морфологического строения неполно или неверно; выводы по работе нелогичны или отсутствуют, материал изложен без использования профессиональной терминологии.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому комплексу

_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.27 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация

Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Авторы: Устьянцева Н.В., Коророва Е.В.

Одобрены на заседании кафедры

Литологии и геологии горючих ископаемых

(название кафедры)

Зав. кафедрой _____

(подпись)

к.г.-м.н., доц. Рыльков С.А.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 06.10.2020

(Дата)

Рассмотрены методической комиссией

факультета геологии и геофизики

(название факультета)

Председатель _____

(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.

(Фамилия И.О.)

Протокол № 2 от 13.10.2020

(Дата)

Екатеринбург

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
- ✓ освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [9];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по основным группам руководящих ископаемых и основным методам стратиграфических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [9]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1,3,4,7,8]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [2, 5, 6]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1,3,4,7,8] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

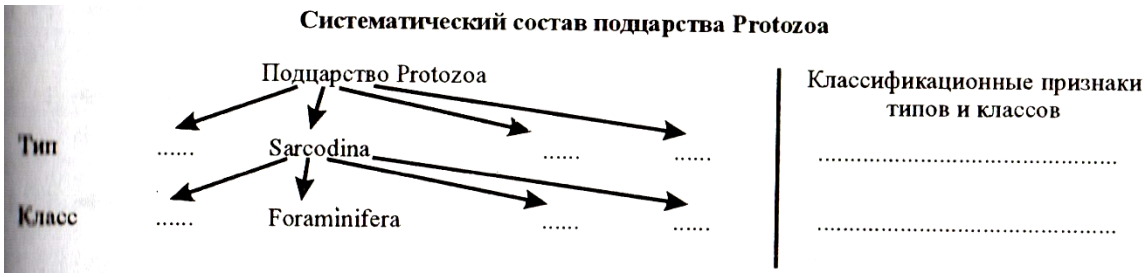
Тема 1: Основы палеонтологии. [1,3]

Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые. Царство животных: типы Sarcodina, Spongiata, Cnidaria, Arthropoda, Mollusca, Briozoa, Brachiopoda, Echinodermata, Hemichordata, Chordata. Общая характеристика, геологическое значение. Царство растений.

Дополнительная литература: [2, 6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислите предмет, задачи и методы палеонтологии.
2. Каково значение палеонтологии для геологии?
3. При каких условиях организмы сохраняются в ископаемом состоянии?
4. По каким критериям проводится классификация ископаемых организмов?
5. Как проводится реконструкция образа жизни и условий существования ископаемых организмов?
6. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, цианобионты, строматолиты, онколиты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
7. Составьте схему систематического состава подцарства Protozoa, вписав названия недостающих таксонов (тип, класс) согласно схеме. Справа укажите классификационные признаки.



8. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, представителей родов Fusulina, Schwagerina, Nummulites; приведите их систематику и время жизни. Отметьте породообразующую роль фузулинид и нуммулитид.
9. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, губки и археоциаты. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы.
10. С чем связано наличие у ругоз пережимов стенки кораллита (rugae-морщины)?
11. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения днищевиков, четырехлучевых и шестилучевых кораллов. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы (днища, септы, столбик, пузырчатую ткань). Составить атлас (систематика, диагноз, изображение, время жизни) представителей родов Stromatopora, Amphipora, Chaetetes, Conularia, Favosites, Syringopora, Halysites, Heliolites; Caninia, Cystiphyllum, Lithostrotion? Lithostrotionella, Lonsdaleia.

12. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов Agnostus, Paradoxides, Asaphus, Scutellum, Phillipsia.

13. Геологическое и стратиграфическое значение двустврчатых моллюсков рудистов.

14. Что такое голостомное и сифоностомное устья у гастропод и как они связаны с образом жизни гастропод?

15. Как распределяются во времени типы перегородочных линий у аммонитов?

16. Зарисуйте в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях, схемы строения двустворок, гастропод, аммоноидей и колеоидей. На рисунке стрелками покажите основные скелетные элементы [4, рис. 5-8].

17. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: **Двустворок** (Trigonia, Pecten, Inoceramus, Gryphaea, Ostrea, Exogyra, Aucella, Cardium, Hippuritella; **Гастропод** (Bellerophon, Pleurotomaria, Eoumphalus, Patella, Turritella, Natica); **Головоногих моллюсков** (Nautilus, Endoceras, Orthoceras, Manticoceras, Tornoceras, Paragastrioceras, Ceratites, Cadoceras, Virgatites, Craspedites, Belemnitella). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

18. Участвуют ли мшанки в породообразовании и каким образом?

19. С какого времени мшанки известны в палеонтологической летописи.

20. Используются ли мшанки для восстановления палеоэкологической и палеогеографической обстановок древних морских бассейнов?

21. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов: Fenestella, Polypora). Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

22. Указать наиболее важные в стратиграфическом отношении отряды замковых брахиопод и указать время их существования.

23. Что значит “обратное положение” седла и синуса у одного из представителей (рода) отряда Pentamerida?

24. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни

25. С какого времени появляются Морские лилии и в чем состоит их породобразующая роль?

26. Каковы особенности морфологии морских пузырей отряда Rhombifera? За что они получили свое название?

27. Из скольких табличек состоит панцирь у большинства представителей класса Морские бутоны?

28. Чем отличается строение панциря у древних палеозойских и новых мезокайнозойских ежей?

29. Что такое “правильные” и “неправильные” морские ежи? Какие две группы выделяются в составе неправильных морских ежей?

30. Зарисуйте и опишите в атласе ископаемых организмов, составляемом на практических занятиях представителей родов, указанных в Практикуме [4, с.64-69]. Изображение представителя каждого рода снабдить систематикой, диагнозом и временем жизни.

31. В течение какого времени и в каких условиях существовали панцирные рыбы?

32. К какому подклассу относятся представители рода Helicoprion? Время их существования?

33. Каковы основные черты строения лабиринтодонтов?

34. Охарактеризовать основные типы черепа пресмыкающихся.

35. Назвать основные подклассы пресмыкающихся и указать их типичных представителей.

36. Каковы характерные особенности анатомического строения древних птиц?

37. Основные экологические группы ископаемых представителей млекопитающих (наземные, плавающие, летающие). Указать типичных представителей, дать их краткую характеристику.

38. Укажите представители каких типов водорослей участвуют в рифообразовании и в породообразовании.

39. Каковы основные черты строения псилофитов и в какое время они заселили наземные пространства?

40. К какому типу растений относятся лепидодендроны и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

41. К какому типу растений относятся каламитовые и каковы основные черты их строения? Их геологическое значение.

42. Каковы основные различия анатомического строения представителей классов Бессемянные, Голосеменные и Покрытосеменные растения? Каково их геологическое значение?

Тема 2: Основы стратиграфии. [4]

Предмет, задачи и принципы стратиграфии. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала. Биостратиграфические и литостратиграфические методы расчленения и корреляции. Событийная стратиграфия. Секвентная стратиграфия. Геофизические методы расчленения и корреляции. Радиохронологические методы определения возраста. Документация геологических объектов.

Дополнительная литература: [6].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Перечислить задачи стратиграфии в логической их последовательности. Указать конечные цели стратиграфических исследований.

2. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Стенона?

3. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Гексли?

4. С какой задачей стратиграфических исследований связано использование принципа Мейена?

5. Стратифицирующие литологические и палеонтологические признаки, их использование для построения стратиграфических шкал.

6. Для чего используются лимитотипы нижних границ ярусов

7. Каковы основные литологические признаки, которые используются для расчленения и корреляции разрезов?

8. Каковы основные особенности свитной стратиграфии? Как используется петрографический состав для стратификации разрезов?

9. Каковы основные условия для возникновения косой слоистости? Как она используется в целях корреляции?

10. Как используется цикличное строение толщ для их расчленения и корреляции? Методика построения ритмограмм по Н.Б. Вассоевичу.

11. Каковы маркирующие горизонты в области развития прибрежно-морских угленосных серий отложений?

12. Как используются в стратиграфии уровни несогласного залегания пород? Угловое несогласие и его применение для стратификации докембрийских образований

13. Какие вы знаете типы палеонтологических шкал (биостратиграфическая и биохронологическая), их характеристика и возможности практического применения?

14. Каковы основные требования , которые следует предъявлять к биохронологическим шкалам? Основные приемы их построения. Почему необходимо условие минимальной размерности зональных подразделений шкалы?

15. Как создается комплексная характеристика зональных подразделений шкал?

16. Какие стратиграфические шкалы зависимые и какие независимые?

17. В чем состоит операция датировки возраста стратонов в единицах Международной стратиграфической шкалы?

18. Какие задачи решаются с помощью каротажа? Какие методы каротажных наблюдений наиболее оптимально выявляют наличие нефтеносных песчаников в пробуренной толще пород?

19. Каким методом каротажа определяется глубина залегания кровли и подошвы слоев в скважине?

20. Каковы ограничения для применения метода сейсмостратиграфических исследований?

21. Каковы основные гипотезы, лежащие в основе использования магнитостратиграфического метода?

22. Как по определению координат магнитного полюса устанавливается возраст

23. Что такое атомный номер и массовое число элемента? Типы радиактивного распада (бета-распад, выброс позитрона, захват электрона из внутренней К-оболочки).

24. Основная формула датировки возраста пород и минералов. Что такое постоянная распада, период полураспада?

25. Радиоуглеродный метод. Каковы его возможности определения возраста?

26. Рубидий-стронциевый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

27. Калий-аргоновый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

28. Уран-торий-свинцовый метод. Образцы каких пород и какие минералы используются для проведения этого метода?

29. Датирование по свинцово-свинцовому методу. Чем определяется возможность проведения этого метода?

Тема 3: Методы восстановления палеогеографической обстановки. [7,8]

Учение о фациях. Важнейшие критерии фациального анализа. Литофациальный и биофациальный анализы. Анализ общегеологических данных. Основные группы фаций. Палеогеографические карты и профили.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. В чем состоит суть биостратиграфического анализа?
2. Сущность литостратиграфического анализа.
3. Каким способом определяют относительный возраст интрузий?
4. Какие организмы являются стеногалинными?
5. Каким образом газовый режим влияет на расселение водных организмов?

Тема 4: Строение и главнейшие структуры земной коры. [7, 8]

Океаническая и континентальная кора. Платформы и складчатые области континентов. Срединно-океанические хребты и талассократоны. Важнейшие геотектонические концепции. Тектоническая периодизация, понятие о тектономагматических эпохах.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие основные типы земной коры выделяют?
2. Назовите структурные элементы океанов.
3. Назовите структурные элементы материков.
4. В чем состоит суть геосинклинальной концепции?
5. В чем состоит суть концепции тектоники литосферных плит?

Тема 5: Геологическая история Земли. [7, 8]

Стратиграфическое расчленение и ранги стратиграфических подразделений. Земля в докембрии: общая характеристика, органический мир, структуры земной коры и породообразование, полезные ископаемые. Земля в фанерозое. Основные черты палеозойского этапа: кембрия, ордовика, силура, девона, карбона и перми. Тектоно-магматические эпохи. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Основные черты мезозойского этапа: триаса, юры и мела. Отличительные черты осадконакопления. Киммерийская тектономагматическая эпоха. Органический мир, структуры земной коры и палеогеография. Климатическая зональность. Полезные ископаемые. Земля в кайнозое: органический мир, палеогеография, фазы альпийской складчатости, полезные ископаемые. Отличительные черты осадконакопления. Изменения климата и оледенения. Неотектонические движения. Направленность геологического развития земной коры.

Дополнительная литература: [5].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какова особенность докембрийских образований методика их изучения?
2. Основные черты палеозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
3. Основные черты мезозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.
4. Основные черты кайнозойской истории развития Земли: органический мир, тектоника и палеогеография.

Вопросы к зачету по курсу «Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»

1. Цели, задачи палеонтологии, значение палеонтологии для геологии. Формы сохранности ископаемых остатков. Среда обитания и образ жизни организмов. Руководящие ископаемые.
2. Тип Простейшие. Класс Саркодовые. Подкласс Фораминиферы. Подкласс Радиолярии. Общая характеристика*, геологическое значение.
3. Тип Губки, тип Археоциаты. Общая характеристика, геологическое значение.
4. Тип Кишечнополостные. Класс Коралловые полипы, основные подклассы. Общая характеристика, геологическое значение.
5. Тип Членистоногие. Класс Трилобиты. Общая характеристика, геологическое значение. Класс Остракоды, общая характеристика, геологическое значение.
6. Тип Моллюски. Класс Гастроподы. Класс Двустворчатые моллюски. Общая характеристика, геологическое значение.
7. Тип Моллюски. Класс Головоногие моллюски (Агониатиты, Гониатиты, Цератиты, Аммониты, Белемниты). Общая характеристика, геологическое значение.
8. Тип Брахиоподы. Характеристика классов Беззамковых и Замковых брахиопод, их геологическое значение.
9. Тип Иглокожие. Класс Морские ежи, Морские лилии, Морские пузыри, общая характеристика, геологическое значение.
10. Тип Полухордовые. Класс Граптолиты, общая характеристика, геологическое значение. Конодонты, геологическое значение.
11. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Земноводные. Общая характеристика, геологическое значение.
12. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс Рыбы. Общая характеристика, геологическое значение.
13. Тип Хордовые, подтип Позвоночные. Класс пресмыкающиеся. Общая характеристика, геологическое значение.

14. Царство растения. Низшие растения. Систематика, геологическое значение.

15. Царство растения. Высшие растения. Систематика, геологическое значение. Спорово-пыльцевой анализ.

16. Предмет, задачи и принципы стратиграфии.

17. Общая геохронологическая и стратиграфическая шкала: общие, региональные и местные стратиграфические подразделения. Стратотип.

18. Биостратиграфические подразделения (биозона, комплексная зона, филозона, акмезона).

19. Биостратиграфический метод расчленения и корреляции. Точка ТГСГ.

20. Литостратиграфические методы расчленения и корреляции.

21. Типы слоистости, геологическое значение ее изучения.

22. Цикличность. Ритмостратиграфический метод расчленения и корреляции.

23. Перерывы в осадконакоплении. Маркирующие горизонты.

24. Событийная стратиграфия. Примеры глобальных абиотических и биотических событий.

25. Основные понятия секвентной стратиграфии (осадочная секвенция, парасеквенс, пакет парасеквенсов – проградационный, ретроградационный, аградационный).

26. Геофизические методы расчленения и корреляции: метод анализа каротажных диаграмм.

27. Магнитостратиграфический метод в стратиграфии.

28. Сейсмостратиграфический метод в стратиграфии, его достоинства и недостатки.

29. Радиохронологические методы определения возраста.

Вопросы к экзамену по курсу
«Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии»

1. Задачи, решаемые исторической геологией, ее значение в системе геологических знаний.
2. Методы и принципы историко-геологического анализа. Принцип актуализма.
3. Геологическое летоисчисление. Абсолютная геохронология. Методы ядерной геохронологии, их недостатки и достоинства.
4. Методы относительной геохронологии. Литологические методы.
5. Геофизические методы относительной геохронологии.
6. Ритмостратиграфический и климатостратиграфический методы относительной геохронологии.
7. Общегеологические методы относительной геохронологии.
8. Методы биостратиграфии.
9. Геохронологическая и Стратиграфическая шкалы. Шкалы общие, региональные и местные.
10. Основные структуры земной коры. Типы земной коры.
11. Структуры земной коры континентов.
12. Эволюция и строение подвижных поясов сжатия.
13. Эволюция и строение платформ.
14. Структуры земной коры океанов.
15. Сущность фациального анализа, его задачи и методы; определение «фации».
16. Литофациальный анализ.
17. Биофациальный анализ.
18. Комплекс континентальных фаций.
19. Комплекс переходных фаций.
20. Комплекс морских фаций.
21. Догеологическая и лунная стадии развития Земли.
22. Тектоно-магматические эпохи (ТМЭ) в истории земной коры.

23. Архей и протерозой Земли.
24. Ранний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
25. Каледонская ТМЭ.
26. Поздний палеозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
27. Герцинская ТМЭ.
28. Мезозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
29. Киммерийская ТМЭ.
30. Кайнозой планеты: стратиграфическое расчленение, климаты, развитие органического мира, палеогеография, полезные ископаемые.
31. Альпийская ТМЭ.

Рекомендуемая литература

1. Михайлова И.А. Палеонтология [Электронный ресурс]: учебник / И.А. Михайлова, О.Б. Бондаренко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006. — 592 c. — 5-211-04887-3. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13102.html Электронный ресурс

2. Словарь терминов по исторической геологии, основам стратиграфии и палеонтологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / . — Электрон. текстовые данные. — Томск: Томский политехнический университет, 2012. — 140 c. — 2227-8397. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/55209.html Электронный ресурс

3. Черных В.В. Палеонтология беспозвоночных : практикум по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов направления подготовки 130101 / В. В. Черных ; Уральский государственный горный университет. - 2-е изд., стер. - Екатеринбург : УГГУ, 2013. - 85 с. : ил. - Библиогр.: с. 71.

4. Черных В.В. Общая стратиграфия: конспект лекций по дисциплине "Основы палеонтологии и общая стратиграфия": для студентов специальности 21.05.02 / В. В. Черных ; Министерство образования и науки РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург : УГГУ, 2016. - 79 с. : ил. - Библиогр.: с. 72.

5. Историческая геология с основами палеонтологии : учебник для студентов **геологи**ческих специальностей вузов / Е. В. Владимирская [и др.]. - Ленинград : Недра, Ленинградское отделение, 1985. - 423 с.

6 Бондаренко О. Б. Краткий определитель ископаемых беспозвоночных : учебное пособие / О. Б. Бондаренко, И. А. Михайлова ; ред. В. Н. Шиманский. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Недра, 1984. - 536 с. 11

7. Амон Э. О. Введение в историческую геологию : учебник / Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. - 511 с. : ил. - Библиогр.: с. 500-504.

8. Историческая геология с основами палеонтологии / Мария Даниловна Парфенова М. Д. - Томск : Изд-во НТЛ, 1999. - 524 с. : ил. - Библиогр.: с. 502. - ISBN 5-89503-063-7 9

9. Историческая геология с основами палеонтологии и стратиграфии: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология месторождений нефти и газа / Н.В. Устьянцева, Е.В. Коророва. Екатеринбург: УГГУ, 2020. 8 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ А.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Б1.О.28 ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация :
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

Автор: Бутин В.В., к.г.-м.н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Геологии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Огородников В. Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
Геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5
1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА.....6
2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ.....9
3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ 14
Рекомендуемая литература 27

Введение

Практические занятия студентов геологических специальностей по дисциплине«Структурная геология, геоморфология и четвертичная геология» включают всебя работы по стереоскопическому дешифрированию аэрофотоснимков крупного и детального масштаба. В результате этих работ составляется «Карта четвертичных образований» (приложение 1).

Подготовленные для выполнения практических работ аэрофотоснимки отображают конкретные участки рельефа различных климатических зон, характеризующихся формированием определенных генетических типов четвертичных породи имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типовреализуются в верхней части литосферы обычно в виде вертикальных положительных или отрицательных перемещений блоков земной коры, приводящих к возрастанию контрастности рельефа. Экзогенные силы имеют противоположную направленность по отношению к эндогенным движениям, стремятся компенсировать их и снизить контрастность рельефа путем проявления и сочетания денудационных и аккумулятивных процессов. Всвязи с этим каждой конкретный тип рельефа представляет собой результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, фиксируя определенную стадию экзогенной переработки эндогенного рельефа.

1. МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РЕЛЬЕФА

В морфологическом отношении на аэрофотоснимках представлены следующие основные типы рельефа: высокогорный, низкогорный, холмистый и равнинный.

Высокогорный рельеф развит в областях тектонической активизации,с проявлением интенсивных вертикальных движений, определивших высокую контрастность элементов рельефа и его эрозионную расчлененность. На аэрофотоснимках горного рельефа дешифрируются островершинные хребты, скалистые гребни и склоны, глубоко врезанные ущелья, и V-образные долины рек и их притоков, долинные линейные ледники. Эрозионные формы высокогорного рельефа представлены отпрепарированными участками выходов коренных пород, реликтовыми эрозионными останцами и уступами, эрозионными склонами флювиального, ледникового, криогенного типов. Аккумулятивные формы рельефа сложены делювиальными и коллювиальными площадными развалами и осыпями на склонах, гляциальными, пролювиальными и аллювиальными отложениями речных долин, ручьев, логов.

Низкогорный рельеф характеризуется менее контрастными, сглаженными формами вершин и склонов, что обусловлено активным и длительным развитием денудационных процессов и обычно развитием менее устойчивыхи контрастных в эрозионном отношении горных пород. Эрозионные элементы рельефа приурочены к локальным площадям развития относительно более устойчивых к выветриванию горных пород, в пределах которых сохраняются эрозионные останцы на водоразделах, склонах, в бортах речных долин. Рыхлые отложения склонов чаще всего представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. В

формировании речных долин значительную роль играют процессы боковой эрозии. Речные формы рельефа характеризуются сочетанием эрозионных и аккумулятивных элементов рельефа, дешифрируются русловые и пойменные фации аллювия, речные террасы цокольного иаккумулятивного типов.

Холмистый рельеф представляет собой сочетание реликтовых останцовых эрозионных форм с разделяющими их денудационными депрессиями. Эрозионные останцы приурочены к выходам более устойчивых к выветриванию горных пород, образующих отпрепарированные положительные формы различной конфигурации. Коренные выходы пород приурочены к бровкам, уступам эрозионных склонов, реже к нижнимчастям этих склонов, к эрозионным бортам речных долин. Элювиальные образования развиты на вершинах и уплощенных водоразделах, рыхлые породы склонов представлены делювиальными или солифлюкционными отложениями. У подножий этих склонов и в их основании нередко отмечается образование пролювиальных шлейфов за счет слияния конусов выноса временных потоков. Речные долины характеризуется ящикообразным поперечным профилем с плоским днищем, эрозионными бортами, преобладанием аккумулятивных флювиальных форм и широким развитием русловых, пойменных и террасовых фаций аллювиальных отложений.

Равнины на аэрофотоснимках представлены денудационными и аккумулятивными типами. Аккумулятивные формы рельефа сложены отложениями флювиального, пролювиального, гляциального, флювиогляциального и эолового генезиса. Коренные выходы пород на аккумулятивных равнинах отсутствуют. Элювиальные породы в небольшом объеме могут присутствовать на уплощенных реликтовых положительных

формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения поприверщинным и склоновым участкам рельефа.Речные формы рельефа представлены аллювиальными осадками русловых, старичных и пойменных фаций, аккумулятивными надпойменными террасами, расположенными в пределах широких разработанных речных долин с меандрирующими или ветвящимися руслами рек.

Пролювиальные равнины слагают относительно ровные или слабоволнистые участки предгорного рельефа, имеющего общий пологий наклон к предгорным равнинам. В строении пролювиальных равнин принимают участие мощные пролювиальные отложения временных горных потоков и слияние конусов выноса в предгорной равнине.

Гляциальные равнинные формы рельефа сложены моренными отложениями донной морены, образующей площадной покров и перекрывающей выходы более древних четвертичных отложений и дочетвертичных коренных пород. Морфологически покров характеризуется относительно ровной поверхностью с образованием небольших холмистых возвышений и впадин, развитием в отрицательных формах рельефа озер, болот. В периферических частях ледников выделяются конечные и боковые морены, образующие линейные валообразные формы рельефа, оконтуривающие ледники, наперигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимосолифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлентермокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных

отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциальногои флювиогляциального происхождения.

Эоловый типрельефа имеет ограниченное распространениеи представлен песчаными аккумулятивными формами ариднойклиматической зоны. Положительные формы рельефа сложеныбарханамиипродольно-грядовыми песками, разделенными дефляционными и глинисто-солончаковыми ложбинами и такырами**.**

2. ОСНОВНЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Из всей обширной группы различных по генезису четвертичных образований остановимся лишь на осадочных четвертичных отложениях, получивших распространение на имеющихся аэрофотоснимках.

***Элювиальные образования*(e)** включают в себя продукты физического и химического выветривания, не перемещенные с места своего образования. В зависимости от климатических условий, длительности процессов выветривания и типа субстрата, элювий может быть представлен различными типами обломочных и глинистых кор выветривания. Элювий приурочен к выходам дочетвертичных пород на дневную поверхность и располагается на горизонтальных участках рельефа с углом наклона склона менее 5°. На аэрофотоснимках элювиальные отложения выделяются на уплощенных водоразделах, пологих вершинах, на горизонтальных поверхностях ступенчатого денудационного рельефа.

***Делювиальные отложения*(d)** представляют собой разрушенные коренные породы, перемещенные с места своего образования по склону под действием временных безрусловых плоскостных потоков. Состав

пород обусловлен составом исходного субстрата и типом коры выветривания, размер обломков и сортировка могут быть разными. Делювиальные отложения приурочены к склонам с углом наклона до 15° и распространены в верхних привершинных частях положительных форм рельефа и на пологих склонах. Реже, в условиях холмистого рельефа, делювий выделяется также в нижней части и в основании склонов.

Коллювиальныеотложения**(c)**представленыпродуктамифизическоговыветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпиглыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более 30°. Выделяются такжекрупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более 40° и у подножий крутых склонов.

Солифлюкционныеотложения**(s)**развиты в районах распространения многолетней мерзлоты. Образуются в результате накопления рыхлого обломочного или глинистого материала, перешедшего в мобильное пластическое состояние вследствие вытаивания подземных льдов и перемещающегося по склонам под действием гравитационных сил. Мелкоземистым материалом на пологих склонах сложены оплывные формы рельефа в виде натечных террас, ступеней высотой до нескольких метров. Грубообломочный материал образует площадные глыбовые развалы на горизонтальных участках, «каменные моря», площадные курумы, линейные скопления на склонах, «каменные реки», приуроченные к отрицательным элементам рельефа. На аэрофотоснимках солифлюкционные отложения, помимо оплывных форм, распознаются также по полосчатым«расчесанным склонам», представляющим результат плоскостно-струйчатого перемещения рыхлого материала («делли»).

***Пролювиальныеотложения*(р)** представляют собой отложения временных потоков, в разной степени сортированных. Для временных потоков равнинных областей характерно формирование тонкосортированного слоистого овражного аллювия. Отложения временных потоков горного рельефа характеризуются плохой сортировкой и грубообломочным составом. На аэрофотоснимках выделяются триразновидности пролювия. Первую из них составляют отложения, локализованные непосредственно в руслах и тальвегах водотоков и образующие линейные аккумулятивные полосы по дну долин временных потоков. Вторая разновидность пролювия представлена рыхлыми отложениями конусов выноса временных потокови ручьев при резкомвыполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину(«сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальнуюпологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

***Аллювиальныеотложения*(а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всейгруппы аллювия наиболее распространенными являются русловые, пойменные и террасовые фации аллювиальных отложений.

Русловые отложения сложены грубообломочным валунно-галечно-песчаным материалом, распределенным по дну узких врезающихся речных долин или локализованным на участках современного русла разработанных долин. Эти отложения хорошо распознаются на аэрофотоснимках поотсутствию растительности и светлому фототону, отражающему состав обломочного аллювиального материала.

Отложения пойменных фаций приурочены к днищам речных долин, находящихся на стадии расширения долин и сочетания процессов боковой эрозии и аккумуляции. Чаще всего для поймы является характерным темный фототон черно-белых аэрофотоснимков, вследствиеширокогоразвития растительности, сравнительно ровная поверхность, меандрирующий характер русла, наличие стариц, озер, болот. Пойменные отложения имеют более тонкий песчано-глинистый или глинисто-илистый терригенно-биогенный состав.

Речные террасы представлены двумя генетическими типами – аккумулятивными и эрозионно-аккумулятивными. В рельефе, в пределах речных долин, речные террасы в виде реликтовых форм отчетливо выделяются по более высокому гипсометрическому положению, ровной поверхностью террасы,они отделяются уступами от поймы и от борта речной долины. Количество надпойменных террас составляет одну-две, достигая на отдельных снимках до трех. Поверхность террас обычно ровная, характеризуется однороднымфототоном, наличием бровки и тылового шва,в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренныедочетвертичные породы.

***Ледниковые(гляциальные) отложения*(g)** представлены моренными породами, образующими аккумулятивные формы рельефа. Моренные отложения характеризуются смешанным несортированным глыбово-щебенчатым, валунным, галечным, песчаным и глинистым материалом, образовавшимся в результате накопления на месте ледника и по периферии ледника после его деградации. На аэрофотоснимках отложения донной (основной)морены занимают днища и нижние части бортов ледниковых трогов, каров, образуя покровы, шлейфы, бугристые и холмистые аккумулятивные формы рель-

ефа. В периферических частях ледников моренные отложения слагают линейные валообразные формы боковых и конечных морен.

***Водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения*(f)** образуются в результате накопления донных обломочных отложений поверхностных водных потоков внутри ледника и за его пределами на этапе деградации и таяния ледника. Выделяется три основных типа отложений, различающихся по условиям образования,–озы, камы, зандры.

Озы представляют собой протяженные положительные аккумулятивные формы рельефа, сложенные песчано-галечным сортированным материалом, аккумулированным водными потоками внутри ледников покровного площадного типа. После отступления ледника эти отложения образуют «насаженные»протяженные линейные аккумулятивные формы рельефа, наложенные на осадки основной морены.

Камовые образования формируются в результате аккумуляции рыхлых отложений в озерах, расположенных внутри ледника. Породы характеризуются хорошей сортировкой, слоистостью и образуют холмообразные аккумулятивные формы рельефа, также наложенные на отложения донной морены.

Зандровые отложения образуются за пределами ледников и характеризуются площадным зональным распределением терригенного материала, вынесенного талыми водами с ледника. Наиболее удаленные от края ледника участки зандровых полей отличаются мелкообломочным песчано-глинистым составом и пониженной общей мощностью флювиогляциальных отложений.

***Эоловые отложения*(v)** на имеющихся аэрофотоснимках представлены лишь одной разновидностью – барханными песками.Барханы де-

шифрируются по характерномуизвилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаныхотложений.

Из ***техногенных образований*****(t)** на аэрофотоснимках выделяются рыхлые отложения, перемещенные при хозяйственном освоении территорий. Сюда относятся дамбы, дорожные насыпи, распаханные поля и огороды, застроенные участки, отличающиеся, обычно светлым однородным фототоном.

Дочетвертичные породы**(D'Q)** приурочены к реликтовым денудационным формам и эрозионным элементам рельефа. Выходыдочетвертичных пород фиксируются в крутых эрозионных бортах временных и постоянных водотоков, в цоколе речных террас, в эрозионных уступах на склонах гор. Кроме того, выходы коренных пород приурочены к водораздельным хребтам, бровкам эрозионных склонов, этими породами сложены отпрепарированные эрозионные останцовые формы рельефа. Реже, в условиях литоморфного рельефа, коренные породы слагают более значительные площадные выходы дочетвертичных отложений в современном рельефе, в отдельных случаях представленных структурно-денудационными формами на участках аридного климата или выходами кайнозойских вулканических пород.

3. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Для практических работ по геоморфологическому дешифрированию подготовлено 30 комплектов черно-белых плановых аэрофотоснимков **(АФС)** масштаба 1:10000 – 1:43000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получения

стереоскопической модели местности на перекрывающейся части снимков. Площадь перекрытия на АФС составляет 60-80% каждого снимка.

Работы по геоморфологическому дешифрированию АФС выполняются в следующей последовательности.

1. ***Определение масштаба АФС***. Масштаб снимка рассчитывается по формуле m = f / H, где f– фокусное расстояние аэрофотокамеры, мм; H–высота фотографирования,м (рис. 1).Оба параметра берутся из текста, приложенного к аэрофотоснимкам и переводятся для расчета в одни единицы (метры или миллиметры). Расчет масштаба АФС проводится с округлением, кратным 1000 (например, 1:17000, 1:23000 и др.).

2. ***Определение границ участка*** для составления карты. Для этого на одном из снимков стереопары определяются и наносятся на кальку границы участка, отображенного на обоих снимках и составляющего стереоскопическую модель рельефа.

3. ***Определение центров аэрофотоснимков***. Центр снимка (главная точка АФС) фиксирует положение оптической оси аэрофотокамеры в момент фотографирования. Положение центра снимка определяется геометрическим путем несколькими методами.

Наиболее точно центр снимка определяется как точка пересечения линий, соединяющих марки противоположных сторон снимка или как точка пересечения диагоналей, соединяющих противоположные углы-рамки снимка (рис. 2). Менее точным методом,используемым лишь в учебных целях, является построение центра снимка как точки пересечения линий, соединяющих противоположные углы снимка.

Кроме того, на каждый снимок выносится проекция центра соседнего снимка, составляющего стереопару. Если в комплекте имеется три

снимка, то на среднем из них отображаются центры соседних с ним левого и правого снимков. Вынос центров-проекций с соседних снимков осуществляется под стереоскопом после того, как будут нанесены на каждом снимке собственные центры фотографирования.

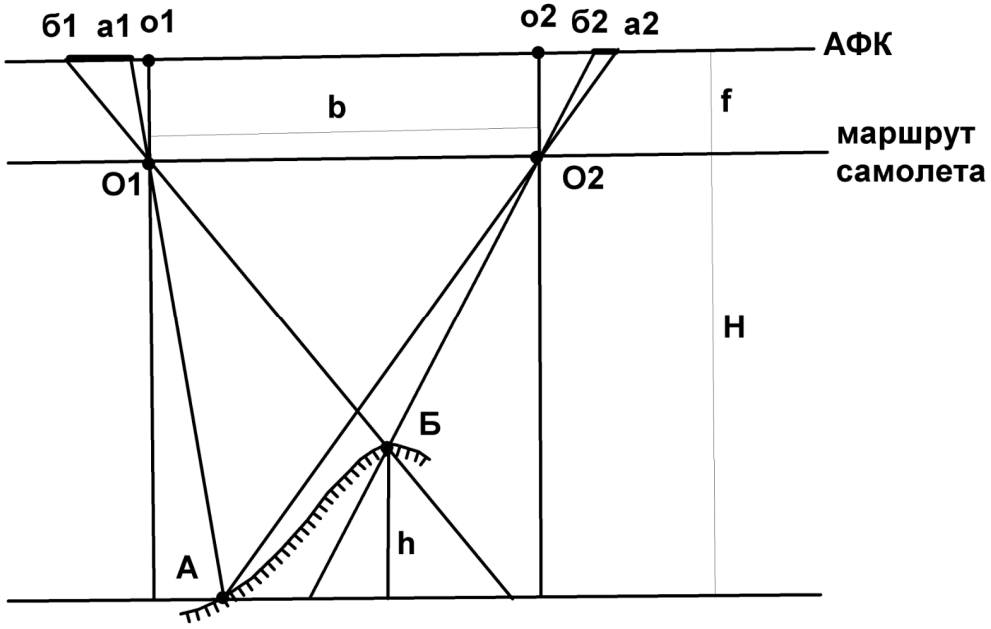


Рис.1. Основные параметры при фотографировании рельефа:
А, Б– нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);
АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;
h – относительное превышение точки Б над точкой А;
О1, О2– центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута самолета; о1, о2 – проекции центров фотографирования на фотоснимках;
Н– высота фотографирования; f – фокусное расстояние аэрофотокамеры;
b – базис фотографирования; а1б1**,** а2б2– горизонтальные проекции отображения склона АБ на фотоснимках

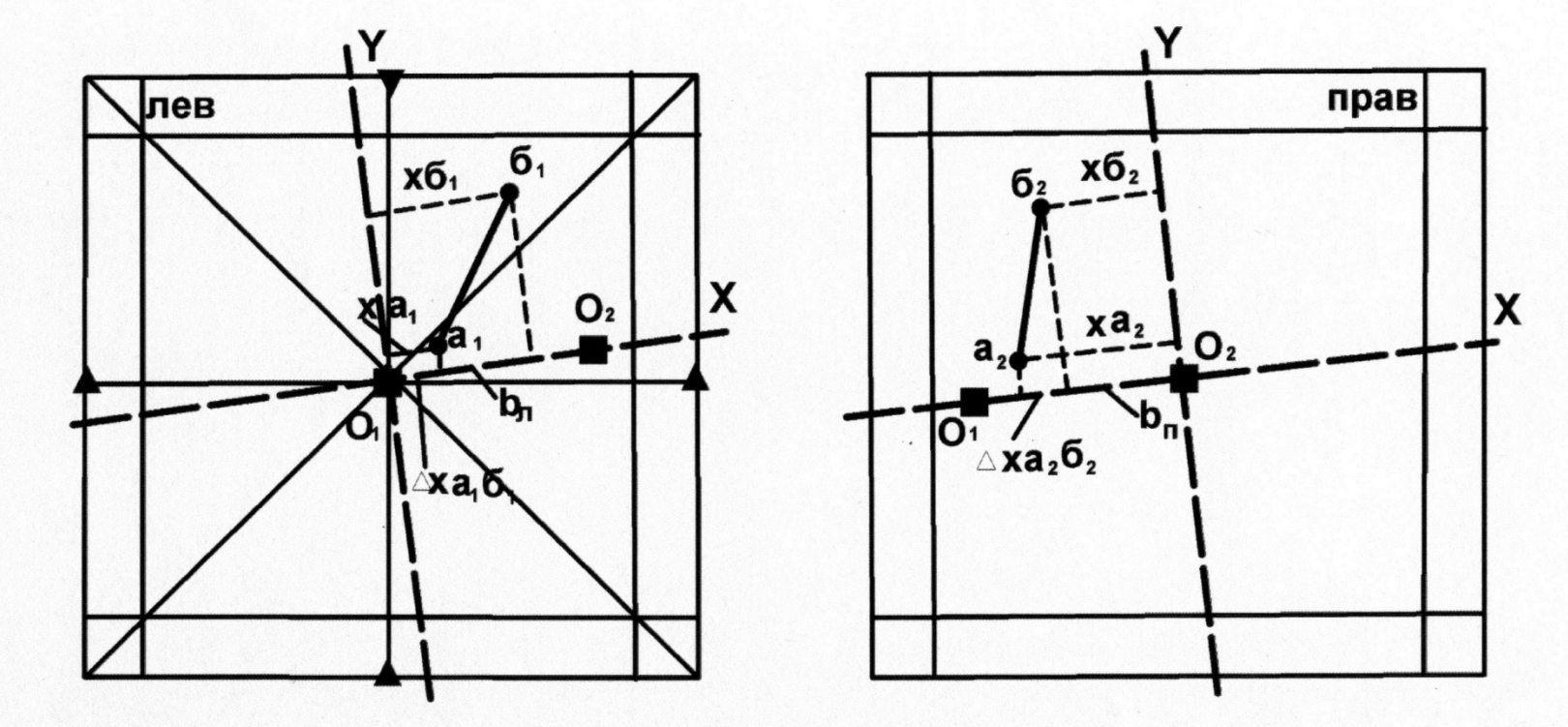


Рис. 2. Определение координат (**ха, хб**) и разностей координат (**Δх**) точек **а**и **б** на левом (**лев**) и правом (**прав**) снимках стереопары:

O_1O_2 = $b_л$, $b_п$– базисы фотографирования на левом ($b_л$) и правом ($b_п$) снимках;

$\Delta xa_1б_1$, **$\Delta xa_2б_2$** – разности координат точек **а**и **б** в проекции на ось **X**

4. ***Определение базиса фотографирования***. Линии, соединяющие на каждом снимке центры снимков с центрами-проекциями соседних снимков стереопар, фиксируют маршрут самолета. Расстояние между этими точками (O_1-O_2, см. рис. 1, 2) составляет базис фотографирования. Необходимо вычислить средний базис фотографирования. Для этого замеряют линейкой или палеткой базисы на левом и правом снимках и определяют средний базис фотографирования (с точностью до 0,1 мм), мм:$b_{ср} = (b_{лев} + b_{прав})/ 2$, мм.

*5.****Определение относительных превышений точек рельефа***. Для определения относительных превышений элементов рельефа, крутизны склонов, высоты уступов, уклона речных долин и др. необходимо определить разницу высотных отметок рельефа. С этой целью на снимках нанесены профили, пересекающие основные геоморфологические формы и включающие в себя 7-15 точек, располагающихся на перегибах наиболее характерных элементов рельефа. Вычисленные относительные превышения этих точек дают возможность определить конфигурацию поперечного строения форм рельефа и характера условий образования рыхлых четвертичных отложений склонов.

В основе метода измерительного дешифрирования для определения относительных превышений лежит количественная оценка разности линейных величин аб(см. рис. 1,2), представляющей собойпроекцию части рельефа АБ на аэрофотоснимках стереопары. Линейные размеры аб зависят от параметров АФС (высота фотографирования – H, базис фотографирования –b, фокусное расстояние аэрофотокамеры – f) и от относительного превышения точек между собой ($\Delta h_{АБ}$).

Параметры АФС постоянны для любых участков стереопары и даны в объяснительной записке к снимкам (H, f) или уже определены ($b_{ср}$). В связи с этим, исходя из пропорциональной зависимости величин аби Δh, работа сводится к измерению на обоих снимках для любой пары точек величин аб; определения их разности и расчета Δh для этих точек. С этой целью на левом и правом снимках стереопары необходимо определить положение точки на снимке и разность координат точек в системе координат XY, лежащих в плоскости снимка. За ось X принимается направление O_1-O_2, ось Y располагается перпендикулярно оси X и проходит через центральную точку снимка. Расчет относительных превышений точек рельефа выполняем по упрощенной схеме без учета поправок на колебание высоты полета, наклон снимков, приращение координат по оси Y и др. В связи с этим изменение положения точек на снимках и определение разности их координат проводим только относительно оси X. Разность координат какой-либо точки по оси абсцисс называется продольным параллаксом этой точки (продольные по отношению к маршруту самолета, по оси X).

Определение продольных параллаксов точек на АФС можно выполнять несколькими методами (параллаксометрами, параллактическими линейками, палетками). Простейшим методом является определение с помощью палетки геолога-дешифровщика (Михайлов, Рамм, 1975), которая дает возможность расчета величины Δx для любой пары точек на каждом снимке.

Палетка геолога-дешифровщика(рис. 3) представляет собой поперечный масштаб, позволяющий измерять линейные величины с точностью до 0,1 мм. Для удобства работы шкала палетки нанесена на прозрачную пленку, и при измерениях ее можно накладывать непосредст-

венно на снимок. Разность координат точек Δx палеткой определяется без стереоскопа на каждом снимке отдельно, сначала на левом, а затем на правом. Для этого палетку помещают на снимок таким образом, чтобы левая точка располагалась на левой рамке шкалы палетки (точка а, см. рис. 3).

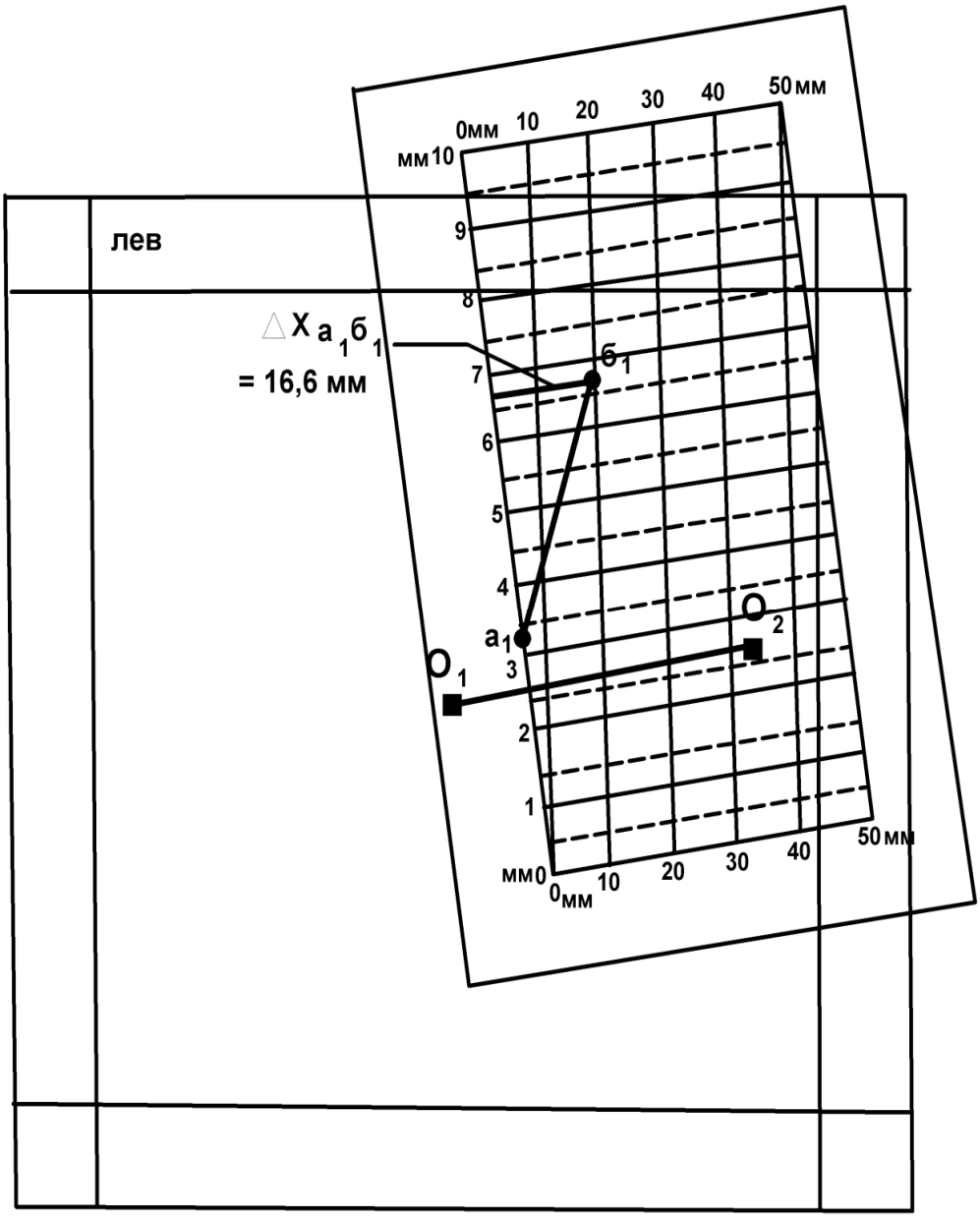


Рис. 3. Определение разности координат точек а и б
с помощью палетки геолога-дешифровщика ($\Delta x a_1 б_1$ = 16,6 мм)

Перемещая палетку по снимку, добиваются такого положения, чтобы точка б разместилась на одной из наклонных линий шкалы. Обязательным условием при этом должно быть ориентированное расположение палетки перпендикулярно линии O_1-O_2(рис. 3). При определении $\Delta x_{a1б1}$ измеряется расстояние от точки б до левой части шкалы палетки. Непосредственный отсчет Δx определяется следующим образом. Десятки миллиметров надо брать по отметке наклонной линии (на которой расположена точка b_1) на нижней части шкалы (10 мм), целые миллиметры считываются по левой шкале палетки (6 мм), доли миллиметра рассчитываются интерполяцией положения точки (0,6 мм). Величина $\Delta x_{a1б1}$ = 10 +6 + 0,6 = 16,6 мм. Аналогично выполняется измерение $\Delta x_{a2б2}$ на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов **(**Δp**)** этих точек, мм: $\Delta p_{аб} = \Delta x_{a1б1} - \Delta x_{a2б2}$.

Расчет относительных превышений двух точек выполняется по формуле $\Delta h_{аб} = (H \times \Delta p_{аб}) / b_{ср}$, где $\Delta h_{аб}$– относительное превышение точек а и б, м; H – высота фотографирования, м; $\Delta p_{аб}$– разность продольных параллаксов, мм; $b_{ср}$ – средний базис фотографирования, мм.

При определении относительных превышений точек рельефа по геоморфологическому профилю, нанесенному на АФС, работы выполняются последовательно на левом и правом снимках для каждой пары точек (1-2, 2-3, 3-4 и т.д., рис. 4), все результаты замеров заносятся в таблицу. При этом, кроме расчета непосредственных значений относительных превышений точек, необходимо определить знак превышений, т.е. повышение или понижение рельефа от одной точки до другой. Для определения знака превышений приняты следующие условия. Втаблицу

каждая пара точек заносится в порядке возрастания их номеров по профилю. Если при измерении Δx точка с меньшим порядковым номером располагается на снимке левее точки с большим номером (см. рис. 4, таблицу, пары 1-2, 2-3), то величина принимается с положительным знаком. В других случаях, когда точка с более высоким порядковым номером находится левее, ее располагают на левой рамке палетки, а величинаΔx принимается с отрицательным знаком (см. рис.4, таблицу, – Δx 3-4, –Δx 4-5).

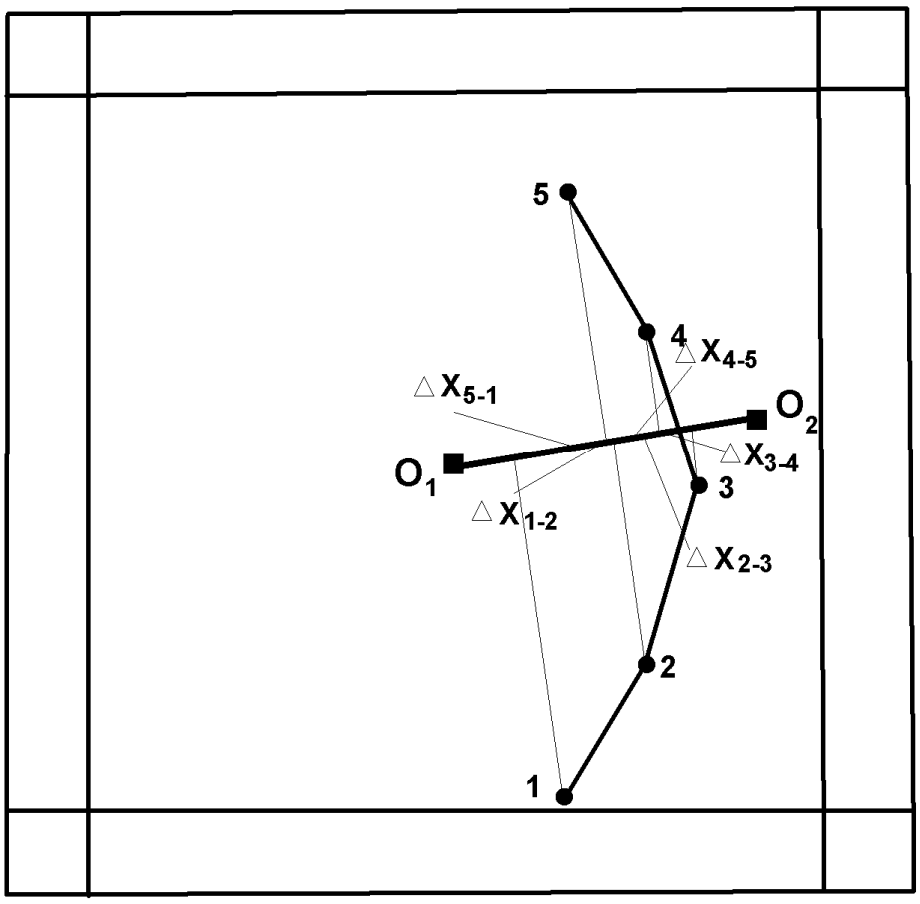


Рис. 4. Определение разностей координат (Δx) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

Расчет относительных превышений точек рельефа, м, по профилю 1-5 на аэрофотоснимках по разности координат точек в проекции на ось X

Точки профиля	$\Delta X_{лев}$, мм	$\Delta X_{прав}$, мм	Δp, мм	Δh, м
1-2	8,9	9,2	-0,3	-60
2-3	6,1	5,4	0,7	140
3-4	-2,3	-3,4	1,1	220
4-5	-4,6	-3,2	-1,4	-280
5-1	-8,2	-7,9	-0,3	-60
$\sum$	-0,1	0,1		

При расчете разностей продольных параллаксов (Δp) пар точек по профилю определяется алгебраическая разность величин Δxс учетом их знака: $\Delta p = \Delta x_{лев} - \Delta x_{прав}$, где $\Delta x_{лев}$ и $\Delta x_{прав}$ – разности координат точек на левом и правом снимках с их знаком. Положительные значения Δp указывают на то, что в измеренной паре точек точка с большим порядковым номером имеет положительное превышение по отношению к точке с меньшим номером, т. е. точка с большим номером располагается гипсометрически выше. Отрицательные значения Δp свидетельствуют о более низком положении в рельефе точки с большим порядковым номером. При $\Delta p = 0$, независимо от абсолютных значений Δx пар точек, эти точки не имеют между собой превышений, т. е. они располагаются на одной высоте.

Вычисленные относительные превышения (Δh) пар точек рельефа по профилю также имеют положительные и отрицательные значения и отражают высотное положение точки с более высоким порядковым номером по отношению к точке с меньшим номером. Полученные значения Δhзаносятся в таблицу с округлением до целых значений метров.

Кроме рассчитанных относительных превышений пар точек рельефа в таблице должны быть определены абсолютные гипсометрические высоты этих точек. Для этого преподавателем для каждого комплекта аэрофотоснимков должна быть определена и выдана студенту гипсометрическая отметка какой-либо базисной точки профиля. Конкретное расположение и абсолютная высота базисной точки различны для каждого комплекта АФС. Наиболее благоприятным является определение высоты начальной точки профиля (например, отметка точки 1 = 680 м, см. приложение 1), по отношению к которой должны быть определены отметки других точек профиля по величинам Δhмежду точками замера.

6. ***Построение линии профиля.***На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефапо профилю (см. приложение 1). Вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным и соответствует масштабу карты. По результатам стереоскопического изучения площади отрисовывается поверхность рельефа по профилю с учетом конфигурации его элементов: плоские, выпуклые, вогнутые, неравномерные или ступенчатые вершины, склоны и впадины рельефа. Анализ характера водоразделов, вершин, впадин, типа и крутизны склонов дает возможность предполагать и обосновать выделение генетических типов рыхлых отложений четвертичного возраста с учетом особенностей форм и элементов рельефа и климатических условий района.

7. ***Составление геоморфологического разреза*** по линии профиля (см. приложение 1).Горизонтальный масштаб соответствует масштабу АФС и карты. Вертикальный масштаб с округлением до стандартных значений (1:20000, 1:10000, 1:5000 и др.) выбирается с таким расчетом, чтобы относительные превышения между минимальной и максимальной точками по профилю в этом масштабе составляли 3-5 см. На некоторых,

наиболее контрастных по рельефу АФСвертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезупринимается условной, равной 1-2 мм для склоновых образований и до 6-7 мм– в участках максимального развития аккумулятивных форм (аккумулятивные речные долины, предгорные пролювиальные равнины, эоловые отложения и др.). На разрезе должны быть отражены возрастные взаимоотношения четвертичных пород (Q_{IV}, Q_{III}, Q_{II}) и показаны контакты фациальных переходов одновозрастных рыхлых образований.

В пределах изученного участка аэрофотоснимка выделяютсяи прослеживаются основные элементы рельефа, отмеченные в тексте к снимкам: речные долины, русла рек и ручьев, озера, болота, границы русловых, пойменных и террасовых форм, конусы выноса, водоразделы, гребни, кары, бровки уступов, эрозионные останцы, оси барханных цепей и др. (см. приложение 1).

Выделяются и оконтуриваются поля развития основных генетических типов рыхлых отложений согласно их типизации и приуроченности к определенным типам и формам рельефа и с учетом количественных показателей рельефа (относительные превышения, высота уступов, крутизна и конфигурация склонов и др.). Выделяются участки выхода на поверхность коренныхдочетвертичных пород, приуроченных к определенным формам и элементам рельефа.

*8.**Оформление практической работы.*** Карта четвертичных образований выполняется на кальке тушью и включает собственно геологическую карту, легенду с условными обозначениями пород и элементов рельефа (приложение3),геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении1.

Геологическая карта ориентирована длинной стороной в меридиональном направлении. Выделенные на карте генетические типы четвертичных пород раскрашиваются в соответствии с легендой (приложение 2). В условных обозначениях легенды четвертичные образования обозначены индексами и размещены сверху вниз в порядке возрастания их возраста (Q_{IV}, Q_{III}, Q_{II}). Дочетвертичныепороды независимо от возраста и состава пород обозначаются одним обобщенным знаком и цветом (D′Q). Кроме того, в легенде показаны элементы рельефа (уступы, конусы выноса, хребты и др.).

Ниже карты четвертичных образований располагаются два профиля земной поверхности.

Один профиль отстраивается с сохранением идентичности горизонтального и вертикального масштабов, равным масштабу карты. Он дает возможность установления реального характера земной поверхности с определением крутизны склонов, типов горных вершин, речных долин и интерпретации распределения выявленных геоморфологических элементов по всей площади карты.

Геоморфологический разрез строится по этой же линии профиля с увеличением вертикального масштаба, что дает возможность отображения условий залегания и характера взаимоотношений маломощных и разновозрастных покровных четвертичных образований. На профиле и разрезе должны быть показаны пункты замера превышений рельефа.

Слева от карты помещается таблица с результатами измерительного дешифрирования по определению относительных превышений точек профиля и их абсолютных отметок.

В правом верхнем углу кальки указывается фамилия и группа студента – автора лабораторной работы, номер и параметры аэрофотоснимка.

Рекомендуемая литература

Основная литература

Макарова Н.В., Суханова Т.В. Геоморфология: учебное пособие. М.: КДУ, 2007.

Костенко Н. П. Геоморфология: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1999.

Дополнительная литература

Бекшенев О.Г., БутинВ.В., СевальневаН.М. Геоморфология сосновами четвертичной геологии: словарь-справочник. Ханты-Мансийск: ПЦ «Лайн-Арт», 2006. 178 с.

Панов Д.Г. Общая геоморфология: учебник. М.: Высшая школа, 1966. 427с.

Минобрнауки РФ
Уральский государственный горный университет

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой минералогии,
петрографии и геохимии
_____ В.А. Коротеев

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.29 КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

Специальность 21.05.02 «Прикладная геология»

Специализация №1
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений
твердых полезных ископаемых

Автор: Суставов С.Г., доцент, канд. г.-м. наук

Одобрены на заседании кафедры
Минералогии, петрографии и геохимии

Протокол № 1 от 29.09.2020г.

Екатеринбург
2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.
ПРЕДИСЛОВИЕ 4
ВВЕДЕНИЕМ 5
ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ 6
Морфология кристаллов 7
Строение агрегатов 10
Блеск 11
Цвет, черта 12
Твердость 15
Спайность и отдельность 17
Упругость, пластичность, хрупкость 18
Плотность 19
Магнитные свойства 19
ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ 20
КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
МИНЕРАЛОВ 22
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ 23
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ 23
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА 24
ТАБЛИЦЫ МИНЕРАЛОВ 26
УКАЗАТЕЛЬ МИНЕРАЛОВ 168

ПРЕДИСЛОВИЕ

Знакомство с минералами начинается с восприятия тех или иных внешних признаков, определение которых возможно без каких-либо приборов, с помощью наиболее простых приспособлений. Диагностика по внешним признакам является наиболее простым и универсальным методом при определении минералов. Вместе с тем от диагноста требуется "острая" наблюдательность и хорошая память. В практической минералогии, как правило, невозможно определение минерала по словесному описанию. Практическая минералогия – "чувственная" наука и в ней справедливо правило: лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать, и лучше один раз в руках подержать, чем сто раз увидеть. Рассматривая минерал в витрине музея можно получить информацию только о его цвете и форме выделения. Держа образец в руках дополнительно можно достаточно надежно определить его блеск, плотность, сопутствующие минералы. Внимательный осмотр образцов опытным специалистом дает большую информацию, которая не только позволяет определить минерал, но, в некоторых случаях, указать месторождение. В свое время курс практической минералогии был разра-ботан основателем кафедры – К.К.Матвеевым сразу после революции. Для проведения лабораторных занятий необходим определитель минералов. Первоначально для этой цели использовалось руководство А.Вейсбаха и К.Фукса. В дальнейшем был из-дан определитель Ф.И.Рукавишникова в 1938 году. Позднее этот определитель обновлялся и расширялся в 1956 году В.Н.Свяжиным, а в 1970 году Г.Н.Вертушковым и В.Н.Авдониным.

Минералогия, как и другие науки, не стоит на месте - растет поток информации о минералах. Это привело к физическому и моральному старе-нию определителя 1970 года. Все это послужило причиной к переработке, расширению и некоторому изменению таблиц и принципа расположения мине-ралов в структуре определителя. При написании определителя основной упор делался на те свойства минералов, определение которых может производить любой студент, знакомый с основами геометрической кристаллографии и конституцией минералов. Первое издание таблиц было осуществлено автором в 1995 году, в настоящее время пришла пора несколько изменить

и дополнить существующие таблицы описанием внешних признаков минералов.

Вместе с этим таблицы выполнены в таком виде, что могут быть использованы для диагностики минералов в полевых условиях и в курсах по практической минералогии, в геммологии и других науках.

ВВЕДЕНИЕ

Таблицы для определения минералов по внешним признакам составлены в соответствии с программой курса "Кристаллография и минералогия" для специальности 21,05.02 – " Прикладная геология". Минеральные виды, представленные в таблицах, приведены в соответствие со сводкой по систематике (Флейшер М.. 1990), лишь некоторые изоморфные ряды описаны как единый минерал при отсутствии данных по крайним членам ряда.

При пользовании определителем необходимо различать понятия: минерал и минеральный вид, которые нередко в некоторой литературе отождествляют. Минерал, как объект исследования науки минералогии, известен с глубокой древности. Первоначально к минералам наряду с кристаллами причислялись "земли", горные породы, торф, каменный уголь. В настоящий период под минералом понимается продукт природной физико-химической реакции, имеющий индивидуализированный химический состав, изменяющийся в определенных границах и обладающий или обладавший кристаллической структурой, которая разрушена под влиянием радиоактивного облуче-ния. По мере детального изучения отдельных минералов было установлено, что они, в свою очередь, состоят из двух или нескольких веществ, имеющих строго индивидуализированный состав, но обладающих однотипной структурой. Эти исследования позволили выделить новое понятие – минеральный вид являющийся фундаментальной единицей современных минералогических классификаций. Таким образом, минеральный вид является частью, более общего, понятия минерал. Например: минерал гранат состоит из отдельных видов: гроссуляр, андрадит, уваровит, пироп, спессартин, альмандин; минерал оливин содержит в своем составе виды: форстерита и фаялита и т.д. В настоящее время для сложных многокомпонентных твердых растворов, которыми являются некоторые минералы, понятие минерал отождествляется с названием группы в классификации.

ВНЕШНИЕ ПРИЗНАКИ МИНЕРАЛОВ

Каждый минеральный вид имеет определенный химический состав и структуру, которые находятся в тесной взаимосвязи и определяют его конституцию. Конституция определяет свойства, присущие минералу, и его морфологию. Свойства, определяемые визуально или с использованием простых испытаний, называются внешними признаками. Искусство диагностики минералов определяется овладением этими признаками. В отдельных случаях внешние признаки настолько специфичны, что позволяют однозначно определить минерал. В других случаях они позволяют выделить группу минералов, в которой определение конкретного вида требует тщательного анализа.

К внешним признакам относятся морфология кристаллов, строение агрегатов, блеск, цвет, черта, твердость, спайность, отдельность, упругость, пластичность, хрупкость, плотность, магнитные свойства

.

Морфология кристаллов

Форма кристалла определяется его структурой и влиянием окружающей среды. Появление тех или иных простых форм на кристалле определяется законом Бравэ, согласно которому при образовании кристаллов развитие и частота появления основных форм зависят от густоты расположения атомов, ионов на их гранях. В соответствии с принципом Кюри, внешняя симметрия кристалла будет сохранять толь-ко те элементы симметрии, которые совпадают с подобными элементами симметрии среды. Степень развития кристалла в разных направлениях определяет его облик. Выделяются следующие типы облика (рис. 1):
1) изометричный (а) – кристалл примерно одинаково развит по трем взаимно перпендикулярным направлениям; 2) увеличение в одном направлении последовательно приводит к короткопризматическому (б), длиннопризматическому (в), игольчатому, волокнистому облику; 3) сжатие в одном на-правлении определяет таблитчатый (г), пластинчатый (д),чешуйчатый, листоватый облик.

Неравномерное развитие кристалла в разных направлениях определяет бочонковидный, клиновидный, скипетровидный, сноповидный и другие облики.

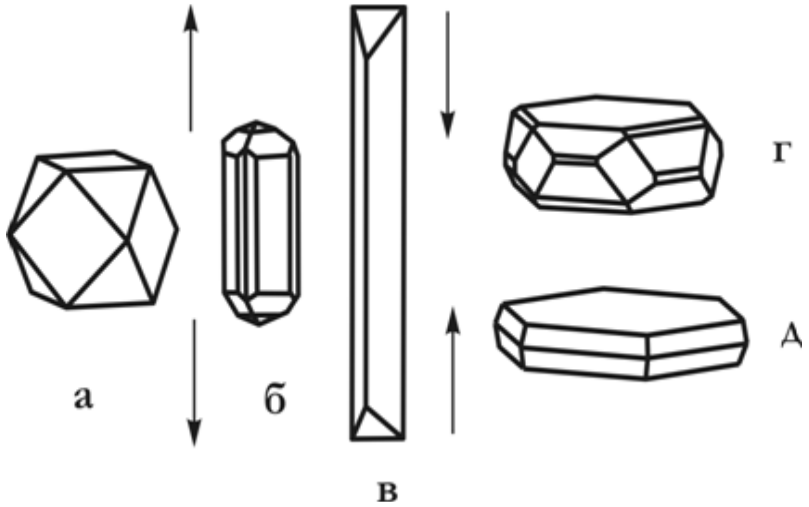


Рис. 1. Типы облика кристаллов.
а-изометричный, б-короткопризматический, в-длиннопризматический, г-таблитчатый, д-пластинчатый

Габитус кристалла определяется преобладающими гранями простых форм, представленных в ограничении. Например, у пирита облик изометричный, а габитус кубический, пента-гондодекаэдрический или октаэдрический.

Грани кристаллов нередко покрыты мелкими бороздами или штрихами. Для ряда минералов присутствие штриховки является важным диагностическим признаком. В одних случаях она наблюдается в виде параллельных штрихов, в других штрихи пересекаются под определенными углами. Так, на гранях призмы кристаллов кварца наблюдается поперечная штриховка, а на гранях призмы топаза и берилла – вертикальная.

По своему происхождению штриховка может быть *комбинационной*, обусловленная узкими вициналь-ными гранями двух простых форм (берилл, турмалин и др.), *двойниковой*, являющейся результатом полисинтетического двойникования минералов (сфалерит, корунд, плагиоклазы и др.) *индукционной*, появляющейся в месте соприкосновения двух одновременно растущих индивидов.

Кристаллы редко бывают одиночными, обычно они образуют сростки. Различают *закономерные и случайные* сростки, среди первых

выделяются параллельные, двойниковые и эпитаксические сростки. Параллельными сростками называются такие срастания кристаллов минералов, в которых все грани первого кристалла параллельны соответствующим граням второго.

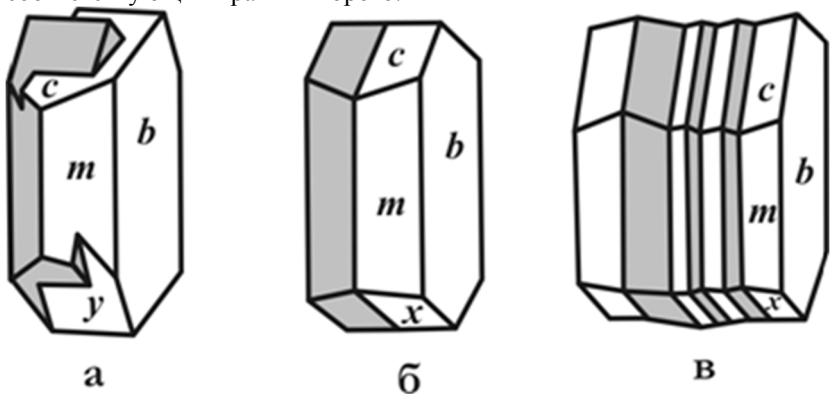


Рис.2. Виды двойниковых срастаний.
а-двойник прорастания, б-двойник срастания,
в-полисинтетический двойник

Двойниками называются закономерные срастания двух кристаллов одного и того же минерала, в которых один индивид может быть выведен из другого отражением в плоскости или поворотом на 180° вокруг оси. В зависимости от количества сросшихся в двойниковом положении индивидов различают тройники, четверники, пятерническийки и т. д. В зависимости от расположения элементов простые двойники подразделяются на *двойники прорастания* (рис.2а) и *двойники срастания* (рис. 2б). Наряду с простыми двойниками широко распространены *полисинтетические двойники*. В них каждые два соседних индивида находятся в двойниковом положении (рис.2в).

Эпитаксическими сростками называются срастания двух различных минералов, в которых хотя бы некоторые кристаллографические элементы оказываются параллельными. Это объясняется сходством кристаллических структур и параметров решеток у минералов в эпитаксическом сростке

Строение агрегатов

Незакономерное срастание множества индивидов одного или разных минералов называется агрегатом. Форма минеральных агрегатов

в значительной степени зависит от формы отдельных кристаллов и механизма их образования. В случае изометричных зерен агрегаты по величине их подразделяются на тонкозернистые (зерна на глаз неразличимы), мелкозернистые (зерна менее 1мм, но различимы на глаз), среднезернистые (1-5 мм), крупнозернистые (5-20 мм), гигантозернистые (зерна крупнее 20 мм).

В том случае, если индивиды имеют вытянутую в разной степени форму, то они образуют *шестоватые, игольчатые, волокнистые* агрегаты. Если кристаллы обладают *уплощенной* формой, то агрегаты приобретают *пластинчатое, чешуйчатое, листоватое* строение.

По механизму образования выделяют следующие агрегаты. В открытых полостях из низкотемпературных растворов на стенках осаждаются натечные агрегаты, которые могут иметь *сталактитовое, гроздевидное, сосцевидное или почковидное* строение. Из коллоидных суспензий (гелей) образуются *колломорфные* агрегаты.

В том случае, если открытая полость не полностью заполняется раствором, то на стенках полости происходит образование друз или щеток кристаллов. Друзы сложены удлиненными кристаллами и имеют зону геометрического отбора. Последняя предполагает преимущественный рост тех индивидов, удлинение которых совпадает с нормалью к стенке полости. Щетки обычно представлены изометричными индивидами, в которых геометрический отбор прошел, и все кристаллы имеют одинаковую ориентировку.

Мелкие стяжения сферической или эллипсоидальной формы носят название оолитов и сферолитов. *Оолиты* обычно сцементированы друг с другом в горную породу. Они имеют концентрически-скорлуповатое строение, отдельные слои их отлагаются вокруг центра (например, песчинки или пузырька воздуха). *Сферолиты* обладают радиально-волокнистым строением и образуются в открытой полости. *Конкреции* - стяжения округлой формы, радиально-лучистого или скорлуповатого строения, рост которых происходил от центра к периферии.

При быстрой кристаллизации минерала в трещине или хорошо проницаемой породе образуются плоские или объемные ветвистые агрегаты (*дендриты*). Наряду с основными типами минеральных агрегатов, имеются разности, наименования которых отражают внешние особенности этих агрегатов, например *звездчатые, сетчатые, ячеистые, шлаковидные, землистые*

Блеск

Блеск – это визуальная характеристика отраженного от поверхности минерала света, учитывающая и долю отраженного света, и особенности отражения. Блеск минералов по мере его усиления подразделяется на *стеклянный, алмазный, полуметаллический и металлический*. У прозрачных и хорошо просвечивающих минералов, с повышением показателя преломления, слабый стеклянный блеск постепенно сменяется более сильный алмазным. Для минералов с высоким коэффициентом поглощения и большой отражательной способностью, т.е. непрозрачных даже в тонком порошке, характерен металлический блеск. У части минералов блеск промежуточный между алмазным и металлическим; такие минералы или просвечивают хотя бы в тонком порошке, или заметно поглощают и рассеивают свет. Промежуточный по степени блеск называют *полуметаллическим*.

Переход от одной градации степени блеска к другой постепенный и достаточно условный. При мелкошероховатой поверхности у сильно поглощающих или непрозрачных минералов характер блеска тусклый (магнетит); у просвечивающих и прозрачных - *матовый* (каолин, любые землистые агрегаты). Характер поверхности нередко зависит от особенностей излома - при отсутствии спайности излом может быть мелкобугорчатым, а блеск - *жирным* (кварц, нефелин).

На вид блеска большое значение оказывают характер поверхности и строение агрегата. *Шелковистый* блеск отмечается у параллельно-волокнистых агрегатов за счет своеобразного отражения и рассеяния света волокнами. Такой блеск особенно заметен при падении света вдоль волокон (селенит, хризотил-асбест). Прозрачные минералы с совершенной спайностью отражают свет не только от внешней плоскости, но и от возникающих в глубине образца трещинок. Подобное мерцающее отражение сопровождается интерференцией света, создающей нежную радужную окраску. Этот вид блеска называют *перламутровым* (гейландит, гипс, кальцит).

Цвет, черта

Цвет – это свойство вещества вызывать у человека определенное зрительное ощущение в соответствии со спектральным составом

отражаемого или пропускаемого излучения. Исходя из физической сущности, удобно разделить окраску минералов на собственную и чуждую. *Собственная окраска* обусловлена особенностями конституции минерала – его химическим составом и структурой. Наиболее распространенный вид собственной окраски минералов вызывается характером светопоглощения. При этом возникают разные варианты.

1. Если свет не взаимодействует с минералом, то минерал остается бесцветным и прозрачным, как, например, горный хрусталь. При полном поглощении видимого спектра света минерал становится черным и непрозрачным. При поглощении происходит возбуждение электронов в верхнем слое, которые мгновенно возвращаются обратно, испуская световые лучи, что проявляется в металлическом блеске. Цветовые оттенки у сильно поглощающих минералов возникают в случае энергетической неравнозначности переходов электронов, и потому часть лучей света поглощается минералом.

2. Наиболее характерно проявляется неравномерность поглощения света как причина окраски у прозрачных минералов-диэлектриков, в составе которых находятся химические элементы-хромофоры. Хромофорами являются ионы переходных металлов периодической системы Д.И. Менделеева. Наиболее важные из них V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu. В зависимости от конституции кристаллом поглощаются разные лучи. Минерал окрашивается в цвет, дополнительный к поглощенному. Окраска, вызываемая хромофорами следующая: V^{3+} – зеленый (тсаворит), голубой (танзанит); Cr^{3+} – зеленый (уваровит, изумруд), красный (рубин); Mn^{2+} – розовый (родохрозит, родонит); Fe^{2+} – зеленый (актинолит, хризолит), красный (альмандин); Fe^{3+} – желтый (хризоберилл); Co^{2+} – голубой (шпинель), розовый (эритрин); Ni^{2+} -зеленый (непуит); Cu^{2+} – зеленый (малахит), синий (азурит), голубой (бирюза).

3. В прозрачных минералах окраска может быть вызвана явлением переноса заряда. Так возникает окраска синего корунда (сапфира) с изоморфной примесью железа и титана. Появление окраски объясняется образованием пары Fe^{2+} + Ti^{4+}, которая за счет переноса заряда (электрона) внутри пары и поглощения лучей с соответствующей длиной волны образует пару Fe^{3+} + Ti^{3+} и минерал приобретает синий цвет.

4. Неравномерное светопоглощение некоторых минералов может

быть вызвано наличием в их кристаллической решетке электронно-дырочных центров окраски. В черном кварце (морионе) в позициях кремния располагаются ионы $A1^{3+.}$ Для компенсации валентностей в кристаллическую решетку внедряются катионы щелочных металлов или H^+. Под действием радиоактивного или рентгеновского излучения происходит смещение электрона от кислорода к Al^{3+} с поглощением части света; ионы O^- становятся центрами окраски. Аналогичным образом возникает окраска у флюорита.

Чуждая окраска определяется вростками пигментирующих окрашенных минералов, цветными пленками разной природы и другими причинами, не связанными с особенностями конституции минерала.

Кроме этого окраска зависит от спектра светового пучка и от направления. Наиболее ярко эта особенность проявляется в минералах с незначительной примесью хрома. Например, александрит при дневном освещении зеленый, а при искусственном - красный. Зависимость от направления – это анизотропия окраски. В ромбическом кордиерите с примесью Fe цвет разный по всем трем кристаллографическим осям. Он темно-синий вдоль оси z, светло-синий вдоль оси x, желтовато-серый вдоль оси y. Это явление называется плеохроизмом и наблюдается у всех окрашенных минералов под микроскопом.

Окраска минерала определяется степенью его дисперсности: гематит в кристаллах железо-черный, а в порошке - вишнево-красный. Порошок остается после прочерчивания минералом по фарфоровой пластинке. Цвет черты, наряду с цветом минерала в массе, является важным диагностическим признаком.

Черта минерала помогает при отсутствии навыков правильно определить блеск. У минералов с металлическим блеском черта обычно черная и темнее, чем цвет минерала в массе. У минералов с полуметаллическим блеском черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливо видна на фарфоровой пластинке. Преобладают коричневые оттенки. Минералы с алмазным блеском имеют черту красной, оранжевой или желтой окраски разной яркости и тона. У бесцветных минералов с алмазным блеском черта белая, но они при этом как бы святятся внутри. У минералов со стеклянным блеском черта белая или светло-серая с неясным оттенком.

Тот участок минерала, которым мы проводили черту, у них белеет.

Твердость

Твердость - способность минерала противодействовать внешнему воздействию, будь то царапание, вдавливание или шлифование. Метод динамического определения заключается в диагностике твердости относительно эталонов шкалы Мооса, которая состоит из десяти минералов-эталонов:

1) тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$;
2) гипс $Ca[SO_4] \times 2H_2O$;
3) кальцит $Ca[CO_3]$;
4) флюорит CaF_2;
5) апатит $Ca_5[PO_4]_3F$;
6) ортоклаз $K[AlSi_3O_8]$;
7) кварц SiO_2;
8) топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$;
9) корунд Al_2O_3;
10) алмаз C.

Определение твердости осуществляется царапанием острым углом минерала эталона. Появление мельчайшей царапины указывает на более высокую твердость определяемого минерала. Вместо минералов-эталонов нередко используют заменители – ноготь (2), оконное стекло (5), напильник (6,5-7). Минералы с твердостью 1 легко пишут по бумаге. Оконное стекло очень удобно, так как имеет ровную поверхность и любая царапина на нем заметна.

При определении твердости следует помнить, что более мягкие минералы будут на более твердых оставлять черту, которую легко стереть в отличие от царапины. Во многих случаях такую черту принимают за царапину. Во избежание ошибки необходимо провести пальцем-царапина останется на месте, а черта сотрется.

На результаты определения относительной твердости влияет анизотропия, которая достаточно сильно проявляется в низко симметричных минералах и в самих эталонах. Например, у кианита она варьирует от 4,5 вдоль удлинения таблитчатых кристаллов до 6,5-7 в поперечном направлении.

Спайность и отдельность

Спайность - способность минералов раскалываться по определенным кристаллографическим направлениям с образованием ровных блестящих поверхностей, параллельных друг другу и заметных по одновременному отблеску при отражении падающего света.

По степени совершенства выделяют следующие виды спайности:

• весьма совершенная – индивид при небольшом усилии легко расщепляется на плоскости большой площади (слюды, молибденит);

• совершенная - требует большее усилие для менгее ровной поверхности (сфалерит, кальцит);

• несовершенная – ровные поверхности проявляются редко, имеют минимальную площадь и обнаруживаются с трудом (кварц, оливин).

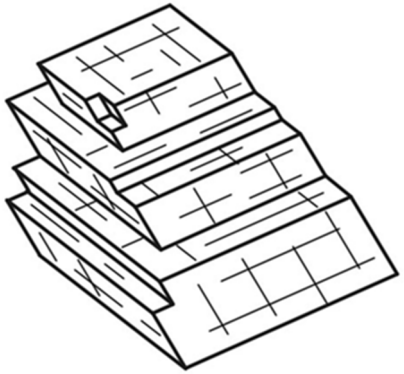


Рис. 3. Совершенная спайность в кальците

Причина возникновения спайности заключается в присутствии ослабленных направлений в структуре, которые проявляются после механического воздействия. Кристаллографическая направленность плоскостей спайности предполагает, что спайность ориентирована по какой-то простой форме. При определении спайности, кроме степени совершенства важно определять количество направлений и угол между плоскостями спайности, так как в ряде случаев является важным диагностическим признаком. Например, у амфиболов и пироксенов спайность в двух направлениях и близкая окраска, но у первых угол между плоскостями спайности 120о, а у вторых – 90о

При определении спайности важно не путать плоскости спайности с гранями кристалла. Плоскости спайности более гладкие и совершенные, чем естественные грани, которые могут иметь штриховку, следы растворения и т.д.

В некоторых минералах при раскалывании образуются ровные, кристаллографичные, иногда блестящие поверхности, напоминающие спайные. Возникновение подобных плоскостей носит название *отдельность* и связано с наличием закономерных включений вдоль зон роста кристалла, в результате возникновения структур распада или полисинтетического двойникования. Отличительным признаком отдельности является конечный размер пластинок, если они вызваны двойникованием, и матовое отражение плоскостей, при наличии включений.

Упругость, пластичность, хрупкость

Упругость минералов проявляется в их способности восстанавливать форму и начальный объем после снятия напряжения. Это свойство, например, позволяет различить минералы группы слюд, чешуйки которых возвращаются в первоначальное положение после изгиба, от минералов группы хлоритов внешне достаточно схожих, но не обладающих упругими свойствами.

Пластичность – это свойство минерала необратимо деформироваться под действием механической нагрузки, превышающей предел упругости. Пластические деформации приводят к механическому двойникованию, смятию или изгибу зерен с сохранением их целостности. Это характерно для антимонита, кальцита, гипса, молибденита, кианита, слюд. Некоторые минералы при этом способны к течению с изменением первоначальной формы и претерпевают грануляцию или перекристаллизацию (галенит, галит, арсенопирит). С пластичностью в прямой зависимости находится такое свойство, как ковкость минералов. У металлов это свойство проявляется в расплющивании их в тонкие пластинки. У некоторых сульфидов (халькозин, акантит, галенит), обладающих слабой ковкостью, царапина блестящая, а не пылит, в отличии от хрупких минералов, что является диагностическим признаком.

Хрупкость – это способность минералов разрушаться при небольших деформациях после превышения предела прочности. Хрупкость минералов определяет их способность к измельчению, важную характеристику при обработке руд и их обогащении.

Плотность

Плотность – это мера массы в единице объема. Плотность минералов варьирует от 0,8 у некоторых органических минералов до 22,7 г/см^3 у осмистого иридия. Она зависит от кристаллической структуры и химического состава минерала. Высокая плотность характерна для минералов с компактной структурой, низкая – для минералов со слоистой и каркасной структурой (например, алмаз - 3,5 г/см^3, графит - 2,2 г/см^3). Плотность возрастает с увеличением массы атома или иона и уменьшается с увеличением их размеров. Например, плотность плагиоклазов изменяется от 2,61 г/см^3 (альбит) до 2,76 г/см3 (анортит).

Основная масса минералов имеет плотность, которая находится в интервале от 2,5 до 5,2 г/см3, и лишь немногие имеют более высокие или низкие значения. По степени распространенности и плотности минералы условно можно разделить на легкие (плотность менее 2,5 г/см3), средние (2,5-4 г/см3) и тяжелые (более 4 г/см3). Плотность мономинерального образца приближенно можно оценить, сравнивая с образцами с известной плотностью и близкого объема.

Магнитные свойства

По магнитным свойствам минералы подразделяются на магнитные, слабомагнитные и немагнитные. Магнитные минералы притягиваются постоянным магнитом. К ним относятся магнетит, моноклинный пирротин и некоторые разности ильменита. Некоторые разности магнетита ведут себя как постоянный магнит, т.е. притягивают к себе железные предметы и магнитные минералы. К слабомагнитным отно-сятся те минералы, которые приобретают магнитные свойства под действием электрического поля. Так ведут себя, например, все минералы, содержащие железо: геденбергит, альмандин, железистый сфалерит (марматит) и т. д.

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ

В определителе все минералы по блеску разделены на четыре группы: с металлическим, полуметаллическим, алмазным и стеклянным блеском. Минералы с металлическим блеском цветные, непрозрачные, черта темнее, чем цвет минерала в массе. Минералы с полуметаллическим блеском цветные, непрозрачные, черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

Минералы третьей и четвертой групп прозрачны в той или иной степени. Минералы с алмазным блеском могут быть бесцветны или окрашены. Первые встречаются довольно редко и узнаются по сильному блеску, видимому невооруженным глазом. В том случае, если они обладают окраской, черта у них варьирует от бледно-желтой до красной.

Минералы со стеклянным блеском имеют в большинстве белую черту, реже она светлую окраску. Минерал в том месте, с которого получена черта, белеет.

Таким образом, при определении минерала в первую очередь.

необходимо определить: блеск, черту, цвет. Это позволяет достаточно надежно отнести минерал к тому или иному разделу.

Подразделение минералов с металлическим блеском внутри раздела производится по цвету. В подразделе цветности минералы располагаются по твердости.

Минералы с полуметаллическим и алмазным блеском разделены по цве-ту черты и цвету в "массе" или в образце. Расположение минералов в подразделах производится по твердости.

В минералах со стеклянным блеском первоначальное подразделение осуществляется по цвету черты. Это позволяет выделить подраздел цветных минералов, имеющих яркую окраску, близкую или аналогичную цвету минерала в "массе" (зеленую, синюю и др.). В отдельный подраздел объединены минералы темной окраски (темно-зеленая, грязно-зеленая, черная), имеющие серую черту различных оттенков. Черта слабо контраст-на. В последнем, наиболее многочисленном, подразделе находятся минералы с белой чертой. Внутри минералы расположены по твердости.

Такое построение определителя дает возможность, при правильном определении блеска, цвета минерала, его твердости и черты, найти несколько сходных минералов или единственный с данными свойствами. При наличии нескольких минералов, необходимо получение дополнительных данных по морфологии, химизму и генезису определяемого минерала.

При определении необходимо помнить, что все свойства минерала находятся во взаимозависимости и отражают конституцию данного минераль-ного вида. Это не позволяет определить минерал по одному, наугад взятому свойству

КЛЮЧ К ТАБЛИЦАМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛОВ.

1. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные.
   Черта серая. Темно-серая или черная.
   1.1. Цвет белый, серый до черного. Стр. 20
   1. 2 Цвет желтый, красный. Стр. 36
2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные, непрозрачные.

Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая.

2.1. Черта бурая, буровато-черная, черная.
Цвет черный, серо-черный. Стр. 44

2. 2. Черта красновато-бурая, желтовато-бурая, зеленовато-серая.
Цвет темно-красный, темно-бурый, черный. Стр.50

3. Минералы с алмазным блеском. Бесцветные или цветные, идеально прозрачные или прозрачные в той или иной степени.

3.1. Черта оранжевая, красная.
Цвет минерала оранжевый, красный до черного. Стр. 56

3.2. Черта желтая, светло-желтая, белая.
Цвет минералов желтый, коричневый до черного, иногда бесцветный. Стр. 60

4. Минералы со стеклянным блеском. Прозрачные в той или иной степени.

Черта чаще белая, реже светлоокрашенная, минерал белеет в том месте, с которого получена черта.

4.1. Черта имеет отчетливую окраску: зеленую, голубую, синюю, желтовато-бурую. Цвет минерала аналогичен цвету черты или несколько темнее. Стр. 74

4. 2. Черта имеет зеленоватый или сероватый оттенок, выраженный неясно. Преобладающая окраска минералов зеленая, темно-зеленая, черная. Стр.82

4.3. Черта белая
Твердость 1 – 3 Стр. 94

4.3. Черта белая
Твердость 3 – 5 Стр. 114

4.3. Черта белая.
Твердость 5 - 7 Стр. 130

4.3. Черта белая.
Твердость 7- 9 Стр. 154

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

X – минералы известные на Урале;
* – минерал широко распространен и образует крупные выделения;
# – минерал открыт на Урале.

Минералы непомеченные символами на Урале не известны. Известные на Урале минералы отмечены по работе [7].

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

в п.п.тр. — в пламени паяльной трубки;
в. сов. — весьма совершенная;
выд. — выделение;
конц. — концентрированной
м-ния — месторождения;
направл. — направление;
несов. — несовершенная;
раствор. — растворяется
сов. — совершенная;
УФ — ультрафиолетовый свет;
и т.д. — и так далее.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии – М.: Недра, 1989. – 351 с.

Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Физические и химические свойства минералов и определитель минералов по внешним признакам – Св.:СГИ, 1970. – 172 с.

Годовиков А.А. Минералогия. – М.: Недра, 1975. – 520 с.

Лазаренко Е.К. Курс минералогии. – М.: Высшая школа, 1971. – 608 с.

Минералы. Справочник. /Под ред. Ф.В.Чухрова, Э.Н. Бонштедт-Куплетской. Т.I – IV— Наука, 1960-2004

Флейшер М. Словарь минеральных видов. Пер. с англ. – М.: Мир, 1990. – 206 с.

Юшкин Н.П., Иванов О.К., Попов В.А. Введение в топоминералогию Урала. М.: Наука, 1986, - 294 с.

I. Минералы с металлическим блеском. Цветные непрозрачные
Черта серая, темно -серая или черная

Таблица 1

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер-дость	Плот ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минера-лы	Сопутствую -щие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			1.1. Цвет белый, се		**рый до черного.**				
* Молибденит (молибдено-вый блеск) MoS_2	Гексагональная, боченковидные кристаллы, чешуйчатые, листоватые агрегаты	В. сов. по {0001} в одном направл	Свинцово-серый с голубоватым оттенком. Серовато-черная при растирании зеленеет	1	4,7-4,8	Трудно раствор. в HNO_3 до MoO_3. Мажет руки, жирный на ощупь	Графит, тетради-мит	Шеелит, вольфра-мит, касситерит, висмутин и др	Высоко- и среднетемпера-турные гидротермальные жилы, скарны, меднопорфи-ровые м-ния
* Графит C	Гексагональная, пластинчатые кристаллы, чешуйчатые, пластинчатые агрегаты	В.сов. по {0001} в одном направл.	Свинцово-серый до оловянно-белого. Стально-черная	1	2,1-2,2	При нагрева-нии с дымящей HNO_3 чешуйки вспучиваются. Мажет руки, жирный на ощупь	Молиб-денит, валле-риит	Полевой шпат, кварц, биотит, рутил и др	Магматический, пневматолито-гидротермальные жилы, скарны, метаморфические породы
X Тетрадимит Bi_2Te_2S	Тригональная, таблитчатый, чешуйчатый, листоватый	В. сов. по (0001) в одном направл	Свинцово-серый до оловянно-белого. Стально-черная	1,5-2	7,2-7,3	Конц. горяч. H_2SO_4 Окрашивает в малиновый цвет. Листочки гибкие, но не упругие, пишет на бумаге	Молиб-денит, теллуро-висмутит	Теллуриды, золото, пирит, халькопи-рит, галенит	Кварцевые жилы

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Теллурвисмутит Bi_2Te_3	Тригональная, пластинчатый, листоватый	Сов. по {0001} в одном направл.	Свинцово-серый . Стальночерная	1,5-2	7,8-7,9	В откр. трубке дает белый дым TeO_2 . Листочки гибкие, но не упругие	Тетрадимит	Теллуриды, золото, сульфиды	Золотоносные кварцевые жилы
* Ковеллин CuS	Гексагональная, порошковатые, сажистые массы	В. сов. по {0001} в одном направл	Индигово-синий. Серая до черной	1,5-2	4,6-4,8	Раствор. в горячей HNO_3 с выд, S: раствор приобретает. зеленый цвет. Специфическая окраска		Халькозин, борнит, халькопирит	Зона окисления медноколчеданных м-ний
*Антимонит (сурьмяный блеск, стибнит) Sb_2S_3	Ромбическая, призматические кристаллы, спутанно-волокнистые и зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Свинцово-серый, слегка голубоватый. Черная, при растирании краснеет	2	4,5-4,7	Раствор. в HCl с выд. H_2S. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка	Висмутин, джемсонит, буланжерит	Обычно один, реже с киноварью, флюоритом, баритом	Низкотемпературные гидротермальные м-ния
* Висмутин (висмутовый блеск) Bi_2S_3	Ромбическая, призматические и игольчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Оловянно-белый до свинцово-серого. Свинцово-серая	2-2,5	6,8	Легко раствор. в HNO_3 и горячей HCl. На плоскостях спайности часто двойниковая штриховка, перпендикулярная удлинению	Антимонит, висмутовые сульфосоли	Самородный висмут, молибденит, касситерит, вольфрамит	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, пегматиты, скарны

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Висмут Bi	Тригональная, шестоватый, зернистый	Сов. по {0001} в одном направл., хорошая по $\{20\bar{2}1\}$ в трех направл.	Серебристо-белый с желтоватым оттенком, красная побежалость. Оловянно-белая	2-2,5	9,8	Легко раствор в HNO_3 , после разбавления выпадает белый осадок. По характерной красной побежалости	Тетрадимит	Касситерит, вольфрамит, молибденит, висмутин и др	Пегматиты, скарны, кварцевые жилы
*Акантит Ag_2S	Моноклинная, редко кристаллы, сплошные массы или параморфозы по аргентиту	Отсутствует. Раковистый, неровный	Железо-черный. Черная, блестящая	2-2,5	7,2-7,3	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Характерна низкая твердость, сильная ковкость, зерна раздавливаются с трудом	Халькозин, серебро	Серебро, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит	Кварцевые, кварц-кальцитовые и серебро-арсенидные жилы; зона вторичного сульфидного обогащения
* Серебро Ag	Кубическая, волосовидные, моховидные и проволочные фор-мы, дендриты	Отсутствует. Крючковатый	Серебряно-белый, с поверхности серый или черный налет. Белая блестящая	2,5-3	10,1-11,1	Раствор. в HNO_3, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Характерен цвет, крючковатый излом, высокая ковкость	Изоферроплатина	Акантит, прустит, пираргирит, галенит, кальцит, барит	Низкотемпературные гидротермальные жилы с арсенидами, зона вторичного сульфидного обогащения
* Халькозин (медный блеск) Cu_2S	Ромбическая, Призматические и пластинчатые кристалы, сплошные плотные массы	Несов. по {110}. Раковистый	Несов. по {110}. Раковистый	2,5-3	5,5-5,8	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Ковок. Царапина от иглы блестящая	Акантит, джарлеит, дигенит, анилит, блеклые руды	Борнит, ковеллин, халькопирит, самородная медь	Низкотемпературные гидротермальные образования, зона вторичного сульфидного обогащения

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Галенит (свинцовый блеск) PbS	Кубическая, зернистые агрегаты, реже плотные и натечные, обычны кристаллы	Сов. по {100}, в трех направл., иногда отдельность по {111}	Свинцово-серый, у тонко-зернистых агрегатов более светлый. Серовато-черная	2,0-3,0	7,4-7,6	Раствор. в HNO_3 с выд. S, при добавлении HCl выпадает белый осадок. Слабо ковок. Типичен цвет, спайность в трех направл. и высокая плотность	Антимо-нит	Сфалерит, пирит, халь-копирит, кварц, кальцит, барит	Средне- и низко-температурный гидротермальные жилы, скарны
* Джемсонит $Pb_4FeSb_6S_{14}$	Моноклинная, игольчатые и волосовидные кристаллы, перистые и шестоватые агрегаты	Ясная по {001} в одном направл., несов. по {110} и {010}. Неровный	Свинцово-серый, иногда пестрая побежалость. Темно-серая, серовато-черная	2,0-3,0	5,5-6,0	Раствор. в горячей HCl, при охлажде-нии выпадает $PbCl_2$. Характерна поперечная спайность	Булан-жерит, менеги-нит	Пирит, сфалерит, галенит, тетраэдрит, буланжерит	Второстепенный минерал средне-температурных гидротермальных жил
*Буланжерит $Pb_5Sb_4S_{11}$	Моноклинная, игольчатые, призматичес-кие кристаллы, волокнистые агрегаты	Сов. по {100} в одном направл	Свинцово-серый до железо-черного. Серовато-черная с коричневым оттенком	2,5-3,0	6,0-6,2	Раствор. в горячей HCl с выд. H_2S. От джемсонита отличается отсутствием поперечной спайности	Джемсо-нит, менегинит	Галенит, сфалерит, арсенопи-рит, пирит, джемсонит	Средне- и низко-температурные гидротермальные жилы и метасома-тические залежи

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Мышьяк As	Тригональная, ромбоэдрический, зернистый, концентрически скорлуповатый	Сов. по {0001}. Неровный	Оловянно-белый, на свежем изломе быстро тускнеет до серовато-черного. Серая	3,5	5,6-5,8	Раствор. в HNO_3. При нагревании сублимирует, издавая чесночный запах	Сурьма, висмут	Прустит, пираргирит, аргентит, блеклые руды, кальцит, реальгар	В кварцевых и кварц-карбонатных жилах
*Сурьма Sb	Тригональная, зернистый, натечный, почковидный	Сов. по {0001}, ясная по {20$\bar{2}$1}. Неровный	Оловянно-белый с желтой побежалостью. Буровато-серая	3-3,5	6,6-6,8	Раствор. в HNO_3 При нагревании сублимирует, образуя белый осадок	Висмут, мышьяк	Антимонит, бертьерит, арсенопирит, висмут, минералы серебра	В кварц-сульфидых жилах
* Теннантит (мышьяковая блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$	Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты	Отсутствует Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная с вишнево-красным оттенком	3,0-4,0	4,4-4,7	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Тетраэдрит, халькозин	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
* Тетраэдрит (сурьмяная блеклая руда) $(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$	Кубическая, Тетраэдрические кристаллы, сплошные зернистые агрегаты	Отсутствует Раковистый, неровный	Стально-серый до железо-черного. Черная	3-4,5	4,9-5,1	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Блеклый тон окраски, хрупкость	Халькозин, теннантит	Халькопирит, сфалерит, галенит, пирит, айкинит, бурнонит	Широко распространен, средне- и низкотемпературный гидротермальный минерал
Станин Cu_2FeSnS_4	Тетрагональная, зернистые массы	Несов. по {110} и {001}	Стально-серый до железо-черного. Черная	3,0-4,0	4,3-4,5	Разлагается в HNO_3 с выд S и SnO_2, раствор синий	Блеклые руды	Касситерит, халькопирит, сфалерит, пирит, арсеноприт, пирротин	В кварцевых и пегматитовых жилах

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Железо Fe	Кубическая, изометричный, зернистый	Сов. по {100} в трех направл. Крючковатый	Стально-серый до железо-черного. Стально-серая	4,0	7,3-7,7	Раствор. в HNO_3 и HCl с выд. водорода. Магнитно и ковко	Серебро, висмут	Графит, пирротин, шпинель	В основных изверженных породах
X Тетраферро-платина (ферро-платина) PtFe	Тетрагональная, мелкие зерна	Нет. Неровный	Темно-серый до черного. Черная	4,0	12,0-15,0	Разлагается в царской водке. Магнитна и относительно хрупка	Железо, хромшпинели	Изоферро-платина, туламенит, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях
* Изоферро-платина (поликсен) Pt_3Fe	Кубическая, кубические кристаллы, мелкие зерна и самородки	Отсутствует. Крючковатый	Серебряно-белый до стально-серого. Черная	4,0-4,5	14,0-18,65	Разлагается в царской водке. Слабо магнитна, ковка	Осмий, рутений	Тетраферро платина, иридосмин, хромшпинели	Магматический в ультраосновных изверженных породах, россыпях
* Саффлорит $CoAs_2$	Ромбическая, изометричный, зернистый, шестоватый	Несов. по {110	Оловянно-белый до свинцово-серого. Серовато-черная	4,5-5,0	7,0-7,3	Раствор. в HNO_3 , раствор розовый	Арсенопирит, леллингит, раммельсбергит	Шмальтин, хлоантит, раммельсбергит, лелленгит, серебро, аргентит	В железорудных скарнах и в карбонатных и кварц-карбонатных жилах
* Леллингит $FeAs_2$	Ромбическая, призматический, зернистый	До ясной по {010} и {101} в трех направл.	Серебряно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,0-6,0	7,0-7,4	Раствор. в HNO3 Распространен менее, чем арсенопирит	Арсенопирит, раммельсбергит, саффлорит	Никелин, раммельсбергит, мышьяк, касситерит, танталит	В ультраосновных изверженных породах, скарнах, кварц-карбонатных и пегматитовых жилах.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Раммельсбергит $NiAs_2$	Ромбическая, призматический, зернистый	До ясной по {110} в двух направл.	Оловянно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная	5,0-6,0	6,9-7,2	Раствор. в HNO_3, раствор зеленый. Слабо ковок	Арсенопирит, саффлорит	Шмальтин, хлоантит, раммельсбергит, никелин, висмут, минералы серебра	В арсенидно-карбонатных и сульфидно-кварцевых жилах
* Кобальтин (кобальтовый блеск) CoAsS	Кубическая, зернистые агрегаты, иногда кристаллы	Сов. по {100} в трех направл. Неровный, раковистый	Серебряно-белый с красноватым оттенком. Серовато-черная	5,5	6,1-6,4	Разлагается в горячей HNO_3 с выд. S и As_2O_3; раствор розовый. Форма кристаллов и розовый оттенок	Арсенопирит, сперрилит	Пирротин, халькопирит, арсенопирит, сфалерит, висмутин	Высоко- и среднетемпературные гидротермальные жилы, скарны
* Герсдорфит NiAsS	Кубическая, {100},{110}, {111}, {311}, зернистый	Сов. по {100} в трех направл. Неровный	Оловянно-белый до стально-белого. Серовато-черная	5,0-5,5	5,6-6,2	Разлагается в горячей HNO_3, раствор зеленый. Редкий	Ульманит, арсенопирит	Арсениды Co и Ni, халькопирит, ульманит, пирит, висмутин	В кварцевых и карбонатно-кварцевых жилах
*Арсенопирит (мышьяковый колчедан) FeAsS	Моноклинная, призматические и изометричные кристаллы, зерни-стые и шестоватые агрегаты	Несов. по {101}, {010}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6,0	5,9-6,3	Разлагается в горячей HNO3 с выд. S. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость, чесночный запах при ударе	Кобальтин, гудмундит	Пирит, халькопирит, пирротин, сфалерит, висмутин	В кварцевых и пегматитовых жилахТипичный гидротермальный минерал широкого диапазона температур, скарны

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Гудмундит FeSbS	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты	Отсутствует. Неровный	Серебряно-белый. Черная	6,0	6,7-6,9	Разлагается в горячей HNO_3. Редкий. Реакция на Sb	Арсенопирит, кобальтин	Арсенопирит, молибденит, пирротин, халькопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал
Х Скуттерудит (шмальтин) $CoAs_2$	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный, раковистый	Оловянно-белый. Серовато-черная	5,5-6,0	6,5-6,8	Раствор. в HNO_3 с образованием розового раствора. Ассоциация с другими арсенидами и форма кристаллов	Никельскуттерудит, саффлорит	Кобальтин, арсенопирит, пирротин, арсениды Co и Ni	Среднетемпературный гидротермальный минерал
Х Никельскуттерудит (хлоантит) $NiAs_{2-3}$	Кубическая, плотные зернистые агрегаты, нередко кристаллы	Несов. по {100}. Неровный	Оловянно-белый до стально-серого. Серовато-черная	5,5-6,0	6,4-6,8	Раствор. в HNO_3 с образованием зеленого раствора. Ассоциация с никелином, форма кристаллов	Скуттерудит, рамельсбергит	Арсениды Co и Ni, кобальтин, герсдорфит	Среднетемпературный гидротермальный минерал
Пиролюзит MnO_2	Тетрагональная, призматические кристаллы, землистые, скрытокристаллические агрегаты	Сов. по {110} в двух направл	Стально-серый, железо-серый в кристаллах. Черный в землистых агрегатах. Черная	6,0-6,5	4,7-5,2	Растворяется в HCl с выд. Cl_2.	Окислы и гидроокислы Mn	Романешит, криптомелан, браунит, родохрозит, гетит	Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, гидротермальный в жилах

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сперрилит $PtAs_2$	Кубическая, {100}, {110}, {111}, {302}, обычно хорошо образованные кристаллы	Несов. по {100}. Раковистый	Оловянно-белый. Темно-серая	6,0-7,0	10,58	В кислотах не раствор. В п.п.тр. на угле плавится , образуя платину и As_2O_3	Иридистая платина	Пирротин, халькопирит, пентландит, магнетит	Медно-никелевые сульфидные руды, россыпи
*Осмий Os (иридосмин, сысерскит)	Гексагональная, Пластинчатые и боченковидные кристаллы	Сов по {0001} в одном направл	Серый, стально-серый	6,0-7,0	21,0-23,0	В кислотах не раствор., в п.п.тр. темнеет, издавая резкий запах OsO_4 . Слабо магнитен, ковок	Платина	Платина, хромит, магнетит, платиноиды	Ультраосновные породы, россыпи
X Иридий Ir (невьянскит)	Кубическая, изометричные зерна и кристаллы	Раковистый	Оловянно-белый	6,0-7,0	22,0-25,0	В кислотах не раствор., сплавы с KNO_3 раствор. В воде, образуя синий осадок окиси иридия. Слабо ковок	Сперрилит, платина	Иридосмин, хромит, магнетит, платиноиды	Ультраосновные платиноносные массивы, россыпи
			1. 2 Цвет жел				**тый, красный**		
* Медь Cu	Кубическая, {100}, {111}, (110); дендриты, проволочки	Отсутствует. Крючковатый	Светло-розовая в свежем изломе, мед-но-красная при окислении. Медно красная, блестящая	2,5-3,0	8,4-8,9	Легко раствор. в HNO_3. Ковкость, цвет, вторичные продукты	Аурикуприд	Халькозин, куприт, кальцит, гетит, атакамит	Гидротермальная в основных и ультраосновных изверженных породах, в зоне окисления

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Золото Au	Кубическая, {111}, {100}, {110}; чешуйки, листочки, самородки	Отсутствует. Крючковатый	Золотисто-желтый до светло-желтого, иногда розоватый оттенок. Золотисто-желтая, блестящая	2,5-3,0	15,6-18,3	Раствор. в царской водке. Цвет, высокая ковкость, отсутствие продуктов окисления	Халькопирит, аурикуприд	Арсенопирит, пирит, галенит, сфалерит, халькопирит и др	Гидротермальное в кварцевых жилах, конгломератах, черных сланцах, в зоне окисления
* Борнит $Cu5FeS_4$	Кубическая, {100}, {110}, {111}; зернистый	Несов. по {111}. Мелкораковистый	Темный медно-красный, с пестрой побежалостью. Серовато-черная	3,0	4,9-5,3	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Цвет в свежем изломе и низкая твердость	Никелин, пирротин, ковеллин	Халькопирит, халькозин, галенит, пирит, сфалерит	Гидротермальный в основных изверженных породах и кварцевых жилах, скарнах, зоне окисления
X Миллерит Ni S	Тригональная, игольчатый, волокнистый, зернистый	Сов.по $\{10\bar{1}1\}$ и $\{10\bar{1}2\}$. Неровный	Бледно латунно-жел-тый, иногда с побежалостью. Зеленовато-черная	3,0-3,5	5,2-5,6	Раствор. в HNO_3 , раствор в зеленый цвет. Игольчатая форма выделений	Халькопирит	Пирит, Халькопирит, сульфиды и арсениды Ni и Co, кальцит	Медно-никелевые месторождения, кварцевые и кварц-карбонатные жилы
*Халькопирит (медный колчедан) $CuFeS_2$	Тетрагональная, зернистые агрегаты, иногда тетраэдрические кристаллы	Несов. по {112} и {101}. Раковистый, неровный	Латунно-желтый, нередко пестрая побежалость. Зеленовато-черная	3,0-4,0	4,1-4,3	Раствор. в HNO_3 с выд. S. Цвет, твердость, хрупкость	Пирит, золото, талнахит	Пирротин, пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит и др.	Высоко- и среднетемпературный гидротермальный минерал в основных породах, скарнах

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Талнахит $Cu_9Fe_8S_{16}$	Кубическая, зернистый	Несов. Раковистый	Латунно-желтый, на свежем сколе быстро образуется побежалость	3-4	4,3-4,4	Раствор. В HNO_3	Халькопирит	Кубанит	Медно-никелевые месторождения в основных породах
Х Пентландит (никелевый колчедан) $(Fe,Ni)_8S_9$	Кубическая, зернистые агрегаты и структуры распада в пирротине	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый	Бронзово-желтый. Зеленовато-черная	3-4,0	4,5-5	Раствор. в HNO_3, окрашивая раствор в зеленый цвет. Ассоциация и характерная спайность	Пирротин, пирит	Пирротин, халькопирит, талнахит, магнетит, кубанит	Магматический в основных изверженных породах
* Пирротин гексагональный $Fe_{1-x}S$	Гексагональная, таблитчатые и призматические кристаллы	Несов. по $\{10\bar{1}0\}$, отдельность по {0001}. Неровный	Бронзово-желтый с буроватой побежалостью. Серовато-черная до черной	3,5-4,5	4,6-4,7	В HNO_3 и HCl разлагается с трудом. Бронзово-желтая окраска	Троилит, кубанит	Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах,скарнах, кварцевых жилах
* Клинопирротин (магнитный колчендан) Fe_7S_8	Моноклинная, зернистые агрегаты	Отдельность по {001}. Неровный	Бронзово-желтый. Серовато-черная до черной	3,5-4,5	4,6-4,7	Раствор. в HNO_3. Бронзово-желтая окраска и магнитность	Троилит, кубанит, пирротин гексагональный	Халькопирит, пентландит, пирит, сфалерит, арсенопирит	Среднетемпературный гидротермальный минерал, в основных породах, скарнах,кварцевых жилах
Х Троилит FeS	Гексагональная, зернистый	Неровный	Бронзово-желтый.	4	4,6-4,8	Легко раствор. в HCL с выд. H_2S. Парамагнитен	Пирротин	Халькопирит, пенландит	Медно-никелевыу месторождения в основных породах, серпентинизированные гипербазиты, включения в метеоритах

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Туламенит PtFeCu (купроплатина)	Кубическая, зернистый	Кубическая, зернистый	Неровный	4	14,6	В кислотах не раствор. Сильно магнитен	Пирротин	Изоферрплатина, тетраферроплатина, хромшпинелиды	В ультраснов-ных изверженных породах
Х Никелин NiAs	Гексагональная, почковидные, зернистые агрегаты	Несов.по $\{10\bar{1}0\}$. Неровный	Бледно медно-красный. Буровато-черная	5-5,5	7,6-7,8	Легко раствор. в HNO_3	Борнит, пирротин	Шмальтин, хлоантит, саффлорит, раммельсбергит, скуттерудит	В медно-никелевых месторождениях в основных изверженных породах, карбонатных и кварц-карбонатных жилах
* Марказит (лучистый колчедан) FeS_2	Ромбическая, копьевидные и таблитчатые кристаллы, конкреции, натечные агрегаты	Ясная по {101}. Неровный	Латунно-желтый с серым оттенком. Черная	6-6,5	4,9	Разлагается в HNO_3 с выд. S. Форма выд	Пирит, арсенопирит	Пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, пирротин	Низкотемпертурный гидротермальный минерал, в зоне окисления
* Пирит (серный колчедан) FeS_2	Кубическая, зернистые агрегаты, коломорфные массы, хорошо образованные кристаллы	Несов. по {100}, отдельность по {111}. Раковистый	Светлый латунно-желтый. Зеленовато-черная	6-6,5	4,9-5,2	С трудом разлагается в HNO_3 с выд, S. Форма кристаллов, твердость, окраска	Марказит, халькопирит, арсенопирит	Халькопирит, сфалерит, арсенопирит и др.	Наиболее широко распространенный сульфид

2. Минералы с полуметаллическим блеском. Цветные непрозрачные
Черта аналогична цвету минерала в массе или светлее, но всегда отчетливая

Таблица 2

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер-дость	Плот ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минера-лы	Сопутству-ющие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			2.1. Черта бурая, буро вато-черная, черная. Цвет черный, серо-черный						
Х Ферберит $FeWO_4$	Моноклинная, зернистые аг-регаты,призма-тические и таблитчатые кристаллы	Сов. по {010} в одном нап-равлении. Неровный	Черный. Черная	4,5	7,3-7,5	Раствор. в HNO_3 и HCl. Ассоциация, окраска, спайность	Танталит, сфалерит, кассите-рит	Касситерит, висмутин, топаз, берилл, флюорит	Высокотемпера-турный гидро-термальный ми-нерал кварцевых жил, грейзенов, пегматитов
Х Уранинит UO_2	Кубическая, массивный, колломорф-ный - насту-ран,	Неровный, раковистый	Стально-серый до черного. Черная, буровато-черная, слегка блестящая	5-6,0	7,5-10,	Раствор. в H_2SO_4 и HCl. Радиоактив-ность, окраска, форма выд	Ильменит	Монацит, ксенотим, циртолит, алланит, биотит	Гидротермаль-ный минерал, в пегматитах, грейзенах, квар-цевых жилах и цементе конгломератов
# Ильменит $FeTiO_3$ (титанис- тый железняк	Тригональная, таблитчатый {0001}, $\{10\bar{1}1\}$,$\{10\bar{1}4\}$, зернистый	Неровный, раковистый	Железо-черный до стально-серого. черная	5-6	5,6-6,4	В кислотах не раствор. Слабо магнитен	Гематит, магнетит, хромит	Гематит, магнетит, циркон, титанит, апатит, полевые шпаты	В основных изверженных горных породах, пегматитовых и кварцевых жилах, амфиболитах
Х Самарскит $(Y,Ce,U,Fe^{+3})\times$ $\times(Nb,Ta)_5O_{16}$	Моноклинная, псевдо-ромбический, призматич, метамиктный	Раковистый	Смоляно-чер-ный, бархати-сто-черный. Бурая до черной	5-6	5,6-6,4	Разлагается в кислотах при кипячении. Сильно радиоактивен	Колумбит	Колумбит, монацит,то-паз, берилл, циркон, шерл	В щелочных пегматитах

Продолжение таблицы 2

2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Эшинит $(Ce,Ca,Th,)\times$ $\times(Ti,Nb)\times$ $\times(O,OH)_6$	Ромбическая, призматический, отдельные зерна	Раковистый, неровный	Буровато-черный до черного. Бурая	5-6	4,9-5,3	Разлагается в конц. H_2SO_4. Сильно радиоактивен, имеет красные и желто-бурые внутренние рефлексы	Самарскит, колумбит, фергусонит	Монацит, биотит, циркон, магнетит, апатит, алланит	В щелочных пегматитах
* Романешит (псиломелан) $(Ba, H_2O) \times$ $\times(Mn^{4+}, Mn^{3+})_5$ $\times O_{10}$	Моноклин-ная; натеч-ные, почко-видные, плотные агрегаты	Неровный, скорлупова-тый	Темный стально-серый до черного. Коричневато-черная	5-6	4,0-4,7	Легко с выд. Cl_2. Окрашивает пламя в зеленый цвет	Криптомелан, пиролюзит	Пиролюзит, якобсит, браунит, гаусманит	Типичный минерал коры выветривания, зоны окисления, морских осадков, редко гидротермальный
* Криптомелан $K(Mn^{4+},$ $Mn^{2+})_8O_{16}$	Моноклин-ная, псевдотетрагональный, тонкозернистый, тонковолокнистый, почковидный	Неровный	Стально-серый до черного. Коричневато-черная	6-6,5	4,2-4,4	Раствор. в HCl и HNO_3	Романешит, пиролюзит	Манганит, романешит, пиролюзит, браунит, якобсит, исутит	В метаморфизованных марганцевых м-ниях и их зоне окисления, осадочных марганцевых рудах, в пегматитовых и кварц-карбонатных жилах
* Магнетит (магнитный железняк) $Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O^4$	Кубическая, {111}, {110}, {311},зернистый, землистый. Мушкетовит - псевдоморфоза по гематиту	Отдельность по {111}. Неровный, раковистый	Черный, темно-серый. Черная	5,5-6	4,8-5,3	Раствор. в HCl при нагревании. Сильно магнитен	Ильменит, гематит, хромит	Ильменит, гематит, фторапатит, андрадит, эпидот, диопсид	Магматический в основных изверженных породах; метасоматический в скарнах; железистые кварциты

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Лопарит (Ce,Na, Ca)× ×(Nb,Ti)O^3	Кубическая, псевдокубический {100}, двой-ники прорас-тания по{111}	Несов. по {100}. Неровный	Черный, серовато-черный. Коричнево-бурая	5,5-6	4,7-4,9	В кислотах нераствор. Характерно нахождение в щелочных породах	Перовскит	Микроклин, нефелин, альбит, эгирин, арфедсонит, эвдиалит, апатит	В щелочных изверженных породах и их пегматитах
Х Якобсит $MnFe_2O_4$	Кубическая, зернистый	Отдель-ность по{111}	Черный, буро-вато-черный. Бурая, буро-вато-черная	5,5-6,5	4,8-4,9	Раствор. в HCl с выдел. хлора. Слабо или сильно магнитен	Браунит, магнетит	Гематит,теф-роит, гаусма-нит, гранат, эпидот, родо-хрозит	В гидротер-мальных и мета-морфических месторождениях, скарнах
* Хромит (хромистый железняк) $FeCr_2O_4$	Кубическая, зернистый, нодулярный, редко кристаллы	Отсутству-ет. Неровный	Черный, буровато-черный. Бурая, иногда серая			В кислотах раствор. при сплавлении с Бурая черта, высокая твердость, иногда слабая магнитность	Гематит, магнетит, ильменит	Форстерит, серпентин, магнетит, уваровит	Магматический в ультра-основных изверженных породах, россыпях
* Ферроколум-бит Fe,Mn)Nb_2O_6	Ромбическая, Призматичес-кий, пластинчатый, сплошной, зернистый	Ясная по Раковистый, неровный	Черный. Черная, буровато-черная			В кислотах не раствор. Слабо магнитен	Самарскит, ильменит, вольфрамит	Магнетит, ильменит, альмандин, циркон, ксенотим	В кислых и щелочных изверженных породах их пегматитах и карбонатитах
Ферротанталит (Fe,Mn)Ta_2O_6	Ромбическая, Призматичес-кий, пластин-чатый	Ясная по Раковистый	Черный, буровато-черный. Буровато-черная			В кислотах не раствор	Самар-скит, ильменит, вольфра-мит	Сподумен, поллуцит, лепидолит, берилл, турмалин, топаз	В гранитных пегматитах

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.2. Черта красновато-бурая, же Цвет темно-красный					**лтовато-бурая, зеленовато-серая. темно-бурый, черный**				
X Манганит	Моноклинная, натечные, плотные и зернистые массы, конкреции, оолиты	В. сов. по {010} и сов. по {110}. Неровный	Темный стально-серый до железо-черного. Красновато-бурая, бурая			Раствор. в конц. и конц. HCl с выд. хлора. Цвет черты и твердость	Гетит, гаусманит, браунит	Родохрозит, пиролюзит, гетит, романешит, браунит, барит	В осадочных м-ниях марганца, реже, низкотемпературный гидротермальный минерал
X Алабандин MnS	Кубическая, {100}, {110}, {111}, зернистый	Сов. по {100} в трех направл	Железо-черный до сталь-но-серого, часто бурая побежалость. Зеленовато-серая	3,5-4	3,9-4,1	Бурно раствор. в HCl и HNO_3 с выдел. H_2S. Слабо магнитен	Сфалерит, гауерит	Родохрозит, тефроит, галенит, сфалерит,пирофанит, рододит, пирок-смангит	В низкотемпературных гидротермальных жилах и метаморфогеных марганцевых рудах
Мангантаталит Mn Ta_2O_6	Ромбическая, призматически зернистый	Ясная по{010}	Буровато-красный, тем-но-красный. Темно-красная	6	7,5	В кислотах не раствор. Прозрачен в тонких сколах	Манган-колумбит, гейкелит	Пирофанит, воджинит, эшинит(Ce)	В редкометальных и литиевых пегматитах
* Сфалерит (цинковая обманка) Fe - марматит	Кубическая, часто кристаллы, зернистый, скорлуповатый, колломорфный, землистый	Сов. по {110} в шести направл.	Бурый, черный, красно-вато-бурый, желтый, зеле-ный. Бурая, желтовато-бурая			Раствор. в конц. с выд. серы, в HCl с выд. H_2S. Форма кристаллов и спайность	Вольфрамит, вюрцит	Галенит, халькопирит, пирит, блеклые руды, кальцит, кварц	Гидротермальный минерал широкого диапазона температур

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Гюбнерит	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые и радиально-лучистые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Красновато-бурый до коричневато-черного. Желтовато-бурая до красновато-коричневой			Разлагается в горячих конц. и HCl. Форма зерен, окраска, спайность	Сфалерит, кассите-рит	Триплит, висмутин, шеелит, касситерит, молибде-нит	Высокотемпера-турный гидротермаль-ный минерал, грейзены и пегматиты
* Гейкелит	Тригональ-ная, отдельные зерна и сплошные массы, редко кристаллы	Ясная по }, отдельность по {0001}. Раковистый	Красно-бурый до черного. Буровато-красная			В кислотах не растворяется. В тонких осколках просвечивает красным. Редок	Пирофа-нит, ильменит	Шпинель, циркон, хромит, диопсид, форстерит	Магматический в ультраоснов-ных изверженных породах, в россыпях, реже гидротермаль-ный
* Гетит	Ромбическая, почковидные, натечные выделения параллельно-волокнистого строения	Сов. по {010} и менее сов. по {100}. Занозистый, неровный	Желтовато-бурый до чер-ного. Желтовато-бурая, бурая			Медленно раствор. в HCl. Параллельно-волокнистое строение и желтый оттенок черты	Гематит, лепидо-кркит	Гематит, лепидо-крокит, кальцит	Гипергенный минерал зоны окисления и ко-ры выветрива-ния; осадочные образования, ре-же, гидротер-мальный
Х Гаусманит $Mn^{2+}Mn^{3+}{}_2O_4$	Тетрагональ-ная, бипира-мидальный, зернистый	Ясная по {001} в одном направл. неровный	Коричневато-черный до черного. Коричневая, красновато-бурая	5-5,5	4,7-4,9	В HCl раствор. с выделен. хлора	Браунит, гейкелит, магнетит	Пиролюзит, псилиме-лан, браунит, гематит, тефроит, родохрозит	В метаморфизо-ванных марган-цевых м-ниях, скарнах и гидротермаль-ных жилах

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Пирофанит $MnTiO_3$	Тригональная, тонкотаблитчатый, зернистый	Отчетливая по {02$\bar{2}$1}	Буровато-красный до черно-крас-ного. Охряно-желтая до красновато-бурой			В кислотах не раствор. В тонких листочках просвечивает красным	Ильменит, гейкелит, рутил	Пирохроит, родонит, спессартин, родохрозит, алабандин, натролит	В метаморфических марганцевых месторождениях и пегматитах щелочных массивов
Мангано-колумбит	Ромбическая, призматический, зернистый	Ясная по {010}, раковистый	Красновато-бурый до черного. Красновато-бурая	6	5,4	В кислотах не растворяется. Красные рефлексы	Мангано-танталит, гейкелит	Самарскит, эвксенит, фергусонит	В редкометальных пегматитах
Х Торианит ThO_2	Кубическая, {100}, {111}, зернистый	Несов по {110}, неровный	Серовато-коричневый до черного. Зеленовато-серая	6,5-7,5	8,4-10,0	Растворяется в HNO_3 и H_2SO_4	Уранинит, торит	Циркон, монацит, берилл, флюорит, ильменит, рутил	В кислых изверженных породах и их метаморфических аналогах, пегматитах, карбонатитах и россыпях
* Гематит (железный блеск)	Тригональная, плотные зернистые, тонкочешуйчатые, пластинчатые, натечные агрегаты и кристаллы	Отдельность по {0001} и Раковистый	Стально-серый до черного, землистые агрегаты – буровато-красные. Вишнево-красная			Раствор. в конц. Специфическая черта, цвет и магнитность после прокаливания	Вольфрамит, хромит	Магнетит, кварц, рутил, сидерит, шамозит, ильменит	В железистых кварцитах, скарнах, жилах альпийского типа и кварцевых, коре выветривания

3. Минералы с алмазным блеском . Или прозрачные в

Бесцветные или цветные, идеально прозрачные той или иной степени

Таблица 3

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер-дость	Плот ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минера-лы	Сопутствую -щие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			3.1. Черта оранжевая, Цвет минерала оранжевый,		**красная красный до черного**				
Х Реальгар AsS	Моноклинная, призматичес-кие кристаллы зернистые агрегаты, налеты	Сов. по {010} в одном направл. Полурако-вистый	Огненно-красный до оранжево-жел-того. Оранжево-красная, огненно-краная	1,5-2	3,56	Разлагается в HNO_3 с выд. S, в HCl выпадают желтые хлопья. Окраска и ассоциация	Крокоит, киноварь	Аурипиг-мент, антимонит, киноварь, сажистый пирит	Низкотемпера-турный гидротер-мальный минерал. В жилах и вулканических возгонах
Х Глет (литаргит) PbO	Тетрагональ-ная, таблит-чатый, корочки, примазки	Ясная по {110} в двух направл	Красный, оранжево-красный. Красная	2	9,3	Раствор. в HCl, HNO_3 и H_2SO_4, в последней образуется осадок $PbSO_4$	Сурик, киноварь	Церуссит, сурик, англезит, вульфенит, свинец	В зоне окисления свинцовых месторождений
Х Киноварь HgS	Тригональная, зернистые аг-регаты, сплошные порошкова-тые массы, реже крсталлы	Сов. по $\{10\bar{1}0\}$ в трех направл. Неровный	Ярко-красный, коричневато-красный. Ярко-красная	2-2,5	8,0-8,2	Разлагается царской водкой. При нагревании сублимирует. Цвет, спайность, высокая плотность	Куприт, кермезит	Антимо-нит, пирит, реальгар, арсенопи-рит	Низкотемпера-турный гидротер-мальный мине-рал. Преимуществен-но, в жилах

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Прустит Ag_3AsS_3	Тригональная, призматический, ромбоэдрический, зернистый	До ясной по $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый	Ярко-красный, темнее на свету. Кирпично-красная	2,0-2,5	5,55-5,64	Разлагается в с выдел. S	Пираргирит, реальгар	Аргентит, пираргирит, серебро, мышьяк	В карбонатно-кварцевых жилах
X Пираргирит Ag_3SbS_3	Тригональная, призматический, зернистый	До ясной по $\{10\bar{1}1\}$. Раковистый, неровный	Вишнево-красный до красновато-черного. Пурпурно-красная	2,0-2,5	5,8-5,9	Разлагается в с выдел. S и	Прустит	Галенит, серебро, прустит, аргентит	В карбонатно-кварцевых жилах
X Сурик $Pb^{4+}Pb_2O_4$	Тетрагональная, плотный или порошковатый	Неровный	Ярко-красный до буровато-красного. Желто-оранжевая	2,0-3,0	8,2-9,2	Раствор. в HCl с выдел. Cl, в образуется и коричневый осадок PbO_2.	Глет	Галенит, церуссит, массикот, вульфенит	В зоне окисления свинцовых месторождений
						Редок			
# Крокоит	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, массивные агрегаты	Ясная по {110} в двух направл. Раковистый, неровный	Гиацинтово-красный, оранжево-красный. Желтовато-оранжевая			Раствор. в HCl с выд. Cl и $PbCl_2$. Ассоциация и окраска	Реальгар, фенико-хроит	Вокеленит, пироморфит, миметезит, церуссит	Зона окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Куприт Cu_2O	Кубическая, мелкозер-нистый, по-рошковатый, кубические и столбчатые кристаллы - вискеры	До ясной по {111}. Неровный, раковистый	Темно-крас-ный, кирпич-но-красный до черного. Буровато-красная	3,5-4	5,9-6,2	Легко раствор. в Ассоциация со вторичными минералами меди	Киноварь, прустит. Пирарги-рит	Медь, малахит, гетит, псевдомал-ахит	Зона богатых окисных руд медносульфид-ных м-ний
* Лепидокро-кит (рубиновая слюдка) FeO(OH)	Ромбическая, мелко-чешуйчатый, радиально-пластинча-тый, таблит-атые крис-таллы	Сов. по {010} и {001} в двух направл. Неровный	Рубиново-красный, вишнево-красный. Оранжево-красная	4-5	3,8-4,1	Раствор. в HCl. Красноватый оттенок черты и парагенезис	Гетит, гематит	Гетит, гематит, пирит	В бурых железняках зоны окисления, бокситах, почвах
3.2. Черта желтая Цвет минералов желтый, коричне					**светло-желтая, белая. вый до черного, иногда бесцветный**				
*Сера S	Ромбическая, зернистые, порошкова-тые, сливные агрегаты и дипирами-дальные кристаллы	Несов. по {001}, {110}. Раковистый, неровный	Серно-желтый, медово-желтый, зеленовато- и буровато-желтый. Белая	1-2		Легко горит. Раствор. в сероуглероде и скипидаре. Цвет, хруп-кость, блеск, горючесть	Розицкит, аурипиг-мент	Гипс, ангидрит, галит, кальцит, арагонит	В вулканических отложениях, оса-дочных породах и зоне окисления сульфидных м-ний
* Ферримолиб-дит	Ромбическая, радиально-волокнистые и порошковатые агрегаты	Сов. по {001}. Неровный	Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Бледно-желтая			Раствор. в кис-лотах. Форма выд. и развитие по молибдениту	Ярозит, ферро-тунгстит	Молибде-нит, вольфра-мит, полевой шпат	Зона окисления молибденовых м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Тюямунит $Ca(UO_2)_2 \times \times (VO_4)_2 \times \times 8H_2O$	Ромбическая, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл	Канареечно-желтый, зеленовато-желтый. Желтая	1-2	3,7-4,5	Раствор. в кислотах. Цвет, форма выд. Радиоактивность	Карнотит, урановые слюдки	Карнотит, уранинит, коффинит, роскоэлит	Зона окисления урановых м-ний и терригенные осадочные породы (песчаники)
Х Арсенолит As_2O_3	Кубическая, октаэдрический, землистый,	Сов. по {111} в 4-х направл. Раковистый	Бесцветный, белый, желтый. Белая	1,5	3,7-3,9	Частично раствор. в горячей воде. Возгоняется в виде белого дыма	Сенармон-тит, валентинит	Мышьяк, арсенопирит, теннантит, реальгар, аурипигмент	Зона окисления сульфидных м-ний
Х Аурипигмент As_2S_3	Моноклинная, кристаллы, пластинчатые и волокнистые агрегаты, порошковатые массы	В. сов. по {010} в одном направл	Золотисто-желтый, лимонно-желтый. Светло-желтая	1,5-2	3,5	Раствор. царской водке и щелочах с выпадением бурого осадка. Цвет, низкая твердость и спайность	Сера	Реальгар, антимонит, пирит, арсенопирит, гетчеллит	Низкотемпературные гидротермальные м-ния и отложения горячих источников
Х Сенармонтит	Кубическая, октаэдрический, зернистый	Раковистый, неровный	Бесцветный, серовато-белый. Белая			Легко раствор. в Ассоциация с антимонитом и вторичными минералами Sb	Валентинит, арсенолит	Антимонит, кремезит, сурьма	Зона окисления сурьмяных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Карнотит $K_2(UO_2)_2(VO_4)_2\times\times 3H_2O$	Ромбическая, пластинчатый, землистый	Сов. по {001} в одном направл	Ярко-желтый до лимонно-желтого. Желтая	2-2,5	4,5-5,0	Легко раствор. в кислотах. Яркий цвет, приуроченность к осадочному комплексу, радиоактивность	Отенит, тюямунит	Тюямунит, фольбортит, россит, уранинит, асфальтит	Зона окисления урановых м-ний и в песчаниках
Х Вульфенит $Pb(MoO)_4$	Тетрагональная, дипирамидальный, пластинчатый, зернистый	Ясная по {011}	Оранжево-желтый, серовато-желтый. Белая	2,5-3	6,5-7	Раствор. в кислотах	Штольцит, шеелит	Пироморфит, ванадинит, церуссит, галенит, миметизит	Зона окисления сульфидных м-ний
Х Штольцит $Pb(WO)_4$	Тетрагональная, дипирамидальный, зернистый	Несов. по {011}. Раковис-тый, неровный	Красновато-желтый, желтовато-серый, соломенно-желтый. Белая	2,5-3	7,9-8,3	Раствор. в HCl с выдел. WO_3	Вульфенит, шеелит	Ванадинит, миметизит, вульфенит, церуссит, лимонит	Зона окисления сульфидных м-ний
# Вокеленит	Моноклинная, клиновидный, зернистый	Неровный	Оливково-зеленый до черного. Зеленовато-желтая			Раствор. в HNO_3	Лаксманит, форнасит	Крокоит, пироморфит, миметизит, ванадинит	Зона окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Ванадинит	Гексагональная, призматические кристаллы и мелкозернистые корочки	Раковистый, неровный	Оранжево-красный, коричнево-красный, коричнево-желтый. Бледно-желтая	2,5-3	6,5-7,1	Легко растворяется в HCl и Форма кристаллов, цвет и ассоциация	Миметезит	Миметезит, пироморфит, деклуазит, церуссит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Ярозит $KFe_3(SO_4)_2$ ×	Тригональная, ромбоэдрические кристаллы, тонкочешуйчатые плотные агрегаты	В. сов. по {0001} в одном направл.	Охристо-желтый до коричнево-желтого. Желтая	2,5-3,5	3,1-3,3	Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь	Гетит, лимонит	Лимонит, гематит, гетит	Зона окисления сульфидных м-ний
* Церуссит	Ромбическая, пластинчатые и бипирамидальные кристаллы, зернистые и натечные агрегаты	Ясная по {110} и Раковистый	Бесцветный, белый, серый, желтый. Белая	3-3,5	6,5	Раствор. в кислотах с выд. Форма кристаллов, блеск, плотность и ассоциация	Англезит	Англезит, смитсонит, вульфенит, малахит, галенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Сфалерит (цинковая обманка)	Кубическая, тетраэдрические кристаллы, зернистый, реже землистый - брункит	Сов. по{110} в шести направл. Раковистый	Желтый, зеленый (клейофан), красный, бурый. Светло-желтая			Раствор. в конц. с выд. S, в HCl с выд. H_2S. Форма кристаллов, спайность и блеск	Гринокит, вюрцит	Галенит, блеклая руда, халькозин, борнит	В полиметаллических м-ниях, в известняках и колчеданных рудах

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Миметизит Cl	Гексагональная, призматический, зернистый	Неровный	Бесцветный, белый, желтый, бурый. Белая	3,5-4	7,2-7,3	Раствор. в и HCl, где выпадает $PbCl_2$	Пироморфит, ванадинит	Пироморфит, ванадинит, церуссит, вульфенит, бедантит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Пироморфит	Гексагональная, призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Неровный	Желтый, желтовато-зеленый, бурый. Белая	3,5-4	7-7,1	Раствор. в кислотах. Легко плавится, после охлаждения приобретает полиэдрическую форму	Миметезит, ванадинит	Церуссит, лимонит, крокоит, вокеленит, вульфенит	Зона окисления свинцовых м-ний
* Шеелит	Тетрагональная, дипирамидальные кристаллы и зернистые агрегаты	Ясная по Неровный	Белый, серый, бледно-желтый, оранжево-красный. Белая	4,5-5	5,8-6,2	Раствор. в HCl с выд. WO_3 Плотность, форма кристаллов, люминесцирует в УФ-лучах	Кварц	Вольфрамит, касситерит, гранат, эпидот, флюорит	Кварцевые жилы и скарны
* Пирохлор	Кубическая, октаэдрические кристаллы и мелкокристаллические агрегаты	Отдельность по {111} Раковистый	Желто-бурый, янтарно-желтый, зеленовато-желтый. Светло-желтая			С трудом раствор. в HCl. Разлагается в конц. H_2SO_4. Форма кристаллов, цвет	Циркон, шеелит, перовскит	Циркон, ильменит, биотит, апатит, титанит, алланит	Нефелиновые сиениты, альбитизированные граниты, щелочные основные породы и карбонатиты

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Перовскит $CaTiO_3$	Ромбическая (псевдокубическая), кубический, октаэдрический, зернистый редко	Несов. по {100}. Раковис-тый, неровный	Черный, буровато-черный, красновато-бурый, буровато-желтый. Белая, буровато-серая	5,5	4,1-4,3	Раствор. в HF и при кипячении в конц. H_2SO_4	Хромит	Хлорит, кальцит, гранат, диопсид, магнетит, ильменит	В ультраосновных и щелочных породах, карбонатитах и контактово измененных известняках
Анатаз	Тетрагональная, остродипирамидальные кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {111} в пяти направл. Раковистый	Синий до черного, лимонно-желтый, красновато-коричневый. Белая	5-6	3,9-4	В кислотах не раствор. Цвет и форма кристаллов	Касситерит, рутил	Адуляр, брукит, ильменит, титанит, апатит	Жилы альпийского типа, акцессорный минерал магматических и метаморфических пород
* Брукит	Ромбическая, уплощенно-призматические и призматические кристаллы	Несов. по {110}. Раковистый	Желтый, желтовато-коричневый до черного. Белая до бледно-желтой	5,5-6	4--4,1	В кислотах не раствор. Уплощенная форма кристаллов, цвет и ассоциация	Рутил	Анатаз, титанит, адуляр, рутил, ильменит	Жилы альпийского типа, акцессорный минерал метаморфических пород
* Рутил	Тетрагональная, призматические и игольчатые кристаллы, коленчатые двойники и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Раковистый, неровный	Светло-желтый, красновато-бурый до черного (нигрин). Светло-желтая до бледно-коричневой			В кислотах не раствор. Широко распространен. Форма кристаллов, твердость	Касситерит, циркон, турмалин	Апатит, ильменит, брукит, гематит	В апатитовых жилах и гнездах, в основных изверженных и метаморфических породах и кварцевых жилах

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Касситерит	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и колломорфные агрегаты (деревянистое олово)	Несов. по {110} и Полураковистый, неровный	Желтый, красновато-бурый до коричнево-черного. Белая до темно-бурой	6-7		Зерна при кипячении с цинком в HCl покрываются пленкой олова. Плотность, форма кристаллов	Рутил, циркон	Вольфрамит, касситерит, висмутин, арсенопирит, шеелит	В кварцевых и пегматитовых жилах, грейзенах, скарнах, кислых магматических породах и россыпях
* Циркон	Тетрагональная, обычно призматические или дипирамидальные кристаллы, иногда метамиктные	Несов. по {110} и Раковистый	Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый. Белая до светло-желтой	7-7,5	3,9-4,6	Слабо разлагается в конц. Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен	Рутил, касситерит, монацит	Монацит, ксенотим, титанит, алланит, биотит, ильменит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, россыпи
Х Алмаз	Кубическая, округлые кристаллы, зернистые сростки (борт, баллас, карбонадо)	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый	Бесцветный, голубой, желтый, зеленый, розовый, коричневый до черного. Белая			В кислотах не растворяется. Форма кристаллов, блеск, ассоциация, люминесценция в УФ и рентгеновских лучах	Лонсдейлит, муассанит	Пироп, гейкелит, хромдиопсид, форстерит, флогопит	Кимберлитовые и лампроитовые трубки взрыва, россыпи

3. Минералы с алмазным блеском.
Черта чаще белая, реже светло окрашенная,
Прозрачные в той, или иной степени
минерал белеет в том месте, с которого получена черта

Таблица 4

Название, химический состав	Сингония, облик кристаллов и строение агрегатов	Спайность, излом	Цвет, черта	Твер-дость	Плот ность	Химические свойства, особые приметы	Сходные минералы	Сопутству-ющие минералы	Условия нахождения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			4.1. Черта имеет отчетливую окраску: Цвет минерала аналогичен цвету						
* Вивианит O	Моноклинная, призматичес-кие до игольчатых кристаллы, землистые агрегаты, конкреции, стяжения	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Свежий - бесцветный, на воздухе быстро синеет до сине-черного. Голубоватая до синей	1,5-2	2,68	Легко раствор. в кислотах. Окраска и приурочен-ность к органическим остаткам		Анапаит, фосфаты железа и марганца	Осадочные железорудные м-ния, торфяники
* Эритрин $Co_3(AsO_4)_2\times$	Моноклинная, призма-тические и игольчатые кристаллы, землистые агрегаты, выцветы, налеты	Сов. по {010} в одном направл. Неровный	Малиново-красный, пер-сиково-крас-ный, бледно-розовый. Бледно-розовая, розовая	1,5-2,5	3-3,1	Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в розовый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоар-сенидам	Родохрозит	Кобальтин, саффлорит, скуттеру-дит, аннабергит, кальцит	Зона окисления арсенидных и сульфоарсенид-ных м-ний кобальта и никеля
			зеленую, голубую, синюю, розовую. черты, или несколько темнее						

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Глауконит $K(Fe^{+3}Mg)\times$ $\times(OH)$	Моноклинная, землистые массы, червеобразные и шаровидные мелкие стяжения	В. сов. по	Зеленый, зеленовато-бурый до зеленовато-черного. Зеленая	2-3		Разлагается в с образованием скелета SiO_2. Цвет, форма выд. и парагенезис	Хлориты, селадонит	Селадонит, слоистые силикаты	В осадочных терригенных горных породах и почвах
Лампрофиллит $\times(SiO_4)_4$ $(OH,F)_2$	Моноклинная, призматический, радиально-лучистый	В. сов. по {001}	Золотисто-бурый, бронзово-желтый. Буровато-желтая	2-3		Разлагается в царской водке с выдел. кремнезема. Грубопластинчатый	Астрофиллит	Эвдиалит, мурманит, эгирин, рамзаит, нефелин	В щелочных изверженных породах и их пегматитах
* Аннабергит $\times$ O	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, землистые агрегаты, выцветы, налеты	Сов. по Неровный	Яблочно-зеленый, гряз-но-зеленый до белого. Бледно-зеленая до белой	2,5-3	3,0-3,2	Раствор. в кислотах, окрашивая раствор в нежно-зеленый цвет. Окраска и развитие по арсенидам и сульфоарсенидам никеля	Моренозит	Симплезит, моренозит, малахит, адамин, эритрин	Зона окисления арсенидных и сульфоарсенидных м-ний кобальта и никеля
Х Астрофиллит $(Fe^{2+},Mn)_7\times Ti2$ $\times[Si_8O_{24}]\times$ $(O,OH)_7$	Триклинная, таблитчатые, игольчатые кристаллы, радиально-лучистые, волокнистые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Золотисто-желтый, бронзово-желтый. Буровато-желтая			Легко раствор. в HCl. Магнитен после прокаливания	Лампрофиллит	Эгирин, арфедсонит, канкринит, аьбит, натролит, титанит, апатит	В щелочных изверженных породах и их пегматитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Атакамит $Cu_2Cl(OH)_3$	Ромбическая, призматический, пластинчатый, мелкозернистый	Сов. по {010}. Раковистый	Изумрудно-зеленый до черно-зеленого. Яблочно-зеленая	3-3,5		Легко раствор. в кислотах. Окрашивает пламя в голубой цвет	Малахит, брошантит	Куприт, гипс, пара-атакамит, брошантит, малахит и др	В зоне окисления медных м-ний в областях с засушливым климатом
* Малахит $Cu(CO_3) \times \times Cu(OH)_2$	Моноклинная, натечные, почковидные и радиально-лучистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {201} и {010}. Неровный раковистый	Ярко-зеленый, темно-зеленый до черно-зеленого. Бледно-зеленая	3,5		Легко раствор. в кислотах с выдел. CO_2. Широко распространен, положительная реакция на CO_2	Атакамит, адамин	Медь, куприт, азурит, хризоколла	В зоне окисления медных сульфидных м-ний
* Азурит $Cu_3(CO_3)_2 \times \times (OH)_2$	Моноклинная, таблитчатые кристаллы, зернистые и землистые агрегаты	Сов. по {001} ясная по Раковистый	Лазурно-синий до темно-синего, голубой в землистых агрегатах. Голубая	3,5-4	3,7-3,9	Легко раствор. в кислотах с выд. CO_2. Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Линарит	Малахит, куприт, тенорит, кальцит, хризоколла	В зоне окисления медных сульфидных м-ний
* Брошантит $Cu_4(SO_4) \times \times (OH)_6$	Моноклинная, призматический, игольчатый, зернистый, плотный	Сов. по Неровный	Светло-зеленый, изумрудно-зеленый, черно-зеленый. Бледно-зеленая			Раствор. в кислотах	Малахит, атакамит	Малахит, азурит, куприт, линарит, церуссит, атакамит	В зоне окисления медных сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Псевдомалахит $\times(OH)_2$	Моноклинная, призматический, натечный, радиально-волокнистый	Ясная по {010}	Голубовато-зеленый, темно-зеленый. Бледно-зеленая	4,5-5		Легко раствор. в кислотах. Специфический голубоватый оттенок	Малахит, хризоколла	Малахит, хризоколла, тенорит, пироморфит, лимонит	В зоне окисления сульфидных медных м-ний
Диоптаз $Cu_6[Si_6O_{18}] \times 6H_2O$	Тригональная, призматический, сливной	Со в по Раковистый	Голубовато-зеленый, ярко-зеленый. Голубовато-зеленая	5		Разлагается в HCl и HNO_3 с выдел. Студенистого кремнезема	Хризоколла, планшеит	Хризоколла, планшеит, азурит, малахит, церуссит, вульфенит	В зоне окисления сульфидных медных м-ний на контакте с известняками
Х Людвигит	Ромбическая, шестоватые и тонкоигольчатые агрегаты, сплошные зернистые массы	Неровный, занозистый	Темно-зеленый до черного. Зеленовато-серая, серая	5		Раствор. в кислотах. Форма выделения, ассоциация	Шерл, геденбергит	Гумит, форстерит, диопсид, магнетит	Контактово-метасоматические м-ния
Х Лазурит $6Na[AlSiO_4] \times 2Ca(SO_4,S,Cl_2)$	Кубическая, Зернистые агрегаты, редко ромбододекаэдрические кристаллы	Несов. по Неровный	Голубой, ярко-синий, сине-фиолетовый, темно-синий. Голубая	5,5-6		Раствор. в кислотах с выд. студенистого кремнезема и сероводорода. Цвет, ассоциация	Содалит, вишневит, нозеан	Кальцит, диопсид, скаполит, пирит	Контакт щелочных изверженных пород и известняков
Пьемонтит $\times[SiO_4][Si_2O_2] \times O(OH)$	Моноклинная, призматический, зернистый	Сов. по {001}, несов. по {100}. Неровный	Вишнево-красный, красновато-бурый, тем-но-коричневый. Вишнево-красная			В кислотах не раствор., в п.п.тр. вспучивается, легко плавится	Тулит, родонит	Спессартин, браунит, гаусманит	В метаморфизованных марганцевых осадках, глаукофановых и зеленых сланцах

4.2. Черта имеет зеленоватый или се
Преобладающая окраска минералов

роватый оттенок, выраженный неясно.
Зеленая, темно-зеленая, черная

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Вермикулит $(Mg, Fe^{2+},Al)_3 \times$ $\times[(Al,Si)_4O_{10}] \times$ $\times(OH)\times 4H_2O$	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	В. сов. по{001} в одном направл	Золотисто–желтый, желто-бурый, бурый. Бледно-коричневая, бледно-зеленая	1,5-2	2,3	Легко разлагается в кислотах с образованием порошковатого SiO_2. Вспучивается при нагревании	Гидробиотит	Калиевые полевые шпаты, апатит, циркон	Образуется при выветривании в виде псевдоморфоз по биотиту и флогопиту, встречается в почвах
Х Гриналит	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	В. сов. по{001}	Темно-зеленый, темно-бурый. Зеленая, бурая	2-2,5	2,8-3	Раствор. в HCl. Сплавляется в черное стекло	Кронштедтит	Сидерит, пирит, марказит	Образуется при гидролизе железистых силикатов
* Шамозит $(Fe^{2+},Mg,)_5Al\times$ $\times[Al\ (Si,Al)_3\times$ $\times O_{10}]\ (OH)_8$	Моноклинная, листо-атые, мелко- и тонкочешуйчатые агрегаты	В. сов. по	Темно-зеленый до черного. Серо-зеленая	2,5-3	3-3,4	Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Форма выд., цвет, сплавляется в черное стекло	Гриналит	Сидерит, пирит, марказит	Осадочные железорудные м-ния
* Аннит $K(Mg,Fe)_3\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]$ $(OH)_2$	Моноклинная, столбчатые и пластинчатые кристаллы, чешуйчатые и пластинчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Черный с зеленоватым, красноватым или золотистым оттенком. Коричневая	2-3	3-3,1	Разлагается в с обра-зованием скелета SiO_2. Цвет, упругость листочков и ассоциация	Биотит, флогопит	Полевые шпаты, титанит, циркон, кварц	Кислые и средние магматические горные породы и их пегматиты, метаморфические породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Рибекит $Na_2Fe_3^{2+}Fe_2^{3+}\times$ $\times[Si_4O_{11}]_2\times$ $\times(OH,F)$	Моноклинная, призматический, зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°	Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато–черного.	5-6		В кислотах не раствор.	Глаукофан	Полевые шпаты, мусковит, кварц	Акцессорный минерал в кислых изверженных породах, фенитах, железистых кварцитах, пегматитах
*Паргасит $NaCa_2$ $(Mg,Fe^{2+})_4\times$ $\times Al[Al_2Si_6O_{22}]$ $\times(OH)_2$	Моноклинная, шестоватые и зернистые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный	Зеленовато-серая до белой Светло-зеленый, серо-зеленый до зеленовато-черного.	5-6		В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оп-тические конс-танты	Гастингсит	Кальцит, доломит, форстерит, диопсид, флогопит	Метаморфизованные карбонатизированные ультраосновные породы, скарны, эклогиты
*Гастингсит $NaCa_2($ $Fe^{2+},Mg)_4\times$ $Fe^{3+}[Al_2Si_6O_{22}\times$ $\times(OH)_2$	Моноклинная, несовершенные кристалы, шестоватые и зернистые агрегаты,	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124° Неровный	Зеленовато-серая Зеленовато-коричневый, коричневый до зелено-вато-черного.	5-6		В кислотах не раствор.	Паргасит	Пироксен, форстерит, плагиоклаз, ильменит, апатит	Основные магматические, метаморфические и метасоматические породы
* Гиперстен	Ромбическая, плотные зернистые агрегаты, пластинчатые сростания с клинопироксенами	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Серо-зеленая Темно-зеленый, серовато-чер-ный, томпаково-бурый.	5-6		Цвет, ассоциация и оптические константы Частично раствор. в HCl. Сплавляется в черную эмаль	Энстатит, бронзит	Авгит, салит, плагиоклаз, гастингсит, магнетит, биотит	Породообразующий минерал магматических и метамофических пород
			Серая, коричневато-серая			Форма зерен, угол между плоскостями спайности			

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Грюнерит	Моноклинная, игольчатый, радиально-лучистый, волокнистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°	Желтый, бурый, зеленовато-серый. Зеленовато-серая	5.5	3-3.5	В кислотах не раствор. Плавится в чер-ное магнитное стекло	Даннеморит	Актинолит, кварц, магнетит, гематит, анкерит, биотит	В контактово и регионально метаморфизованных породах и метасоматических жилах
* Арфедсонит	Моноклинная, призматические и игольчатые кристаллы, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, голубовато-серая	5.5-6	3-3.5	В кислотах не раствор. Легко плавится в магнитное стекло Форма зерен, окраска, спайность, ассоциация	Гастингсит, эгирин	Эгирин, гастингсит, куммингтонит, микроклин, плагиоклаз	Щелочные изверженные породы и их пегматиты, щелочные граниты, карбонатиты, метасоматиты
X Ильваит $(OH)_2$	Ромбическая, призматический, изометричный, зернистый, шестоватый	Сов. по {010} и {001} в двух направл.	Черный с буроватым или зеленоватым оттенком. Темно-серая с зеленоватым оттенком	5.5-6	3.8-4.1	Разлагается в HCl с образованием студенистого осадка Сплавляется в черный стекловатый магнитный шарик	Людвигит, энигманит	Кварц, кальцит, геденбергит, даннеморит, магнетит, гранат, эпидот	В известковых скарнах, медно-никелевых сульфидных м-ниях и гидротермально измененных породах
*Авгит $(Ca,Na)\times$ $\times(Mg,Fe,Al,Ti)$ $[(Si,Al)_2O_6]$	Моноклинная, короткопризматические кристаллы, сплошные зернистые массы	Сов. по {110} и отдельность по {100}. Раковистый, неровный	Зеленый, черно-зеленый до черного. Зеленовато-бурая	5.5-6	3.2-3.6	Частично разлагается в HCl. По форме кристаллов в эффузивах или оптически	Диопсид	Плагиоклаз, оливин, магнетит, пижонит	Породообразующий минерал магматических пород, в гнейсах и кварцитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Актинолит	Моноклинная, шестоватые, тонко-лучистые и волокнистые (асбест) агрегаты, плотные массы - нефрит	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124°. Неровный, занозистый	Зеленый, серовато-зеленый, голубовато-зеленый. Белая до бледно-зеленой	5-6	3.1-3.2	В кислотах не раствор. Плавится с трудом в серо-зеленоватое стекло. Окраска, форма кристаллов и ассоциация	Тремолит, эпидот, турмалин	Альбит, эпидот, клинохлор, кальцит, доломит, глаукофан	Породообразующий минерал зеленосланцевой фации метаморфизма
* Тефроит $Mn_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Сов. по {010} и {001}. Раковистый	Пепельно-серый, бурый, оливково– и черно-зеленый. Серая	5.5-6	3.8-4.3	Раствор. в HCl с выдел. студенистого кремнезема. Иногда слабо магнитен	Фаялит	Родонит, спессартин, родохрозит, барит, гаусманит, бустамит	В железо-марганцевых м-ниях, скарнах, метаморфизованных марганцевых осадках
Алланит-Ce (ортит) $(Ce,Ca,Y)_2(Al,$ $[Si_2O_7]O(OH)$	Моноклинная, пластинчатые, досковидные кристаллы, сливные агрегаты	Отсутству-ет. Неровный, раковистый	Темно-зеленый, смоляно-черный, светло-коричневый. Серая, светло-зеленая	5.5-6	3.3-4.2	Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Нередко радиоактивен. Форма кристаллов, цвет, радиоактивность	Меланит, стенструпин	Альбит, апатит, флюорит, биотит, гастингсит, магнетит	Акцессорный минерал гранитов и сиенитов, их пегматитов, карбонатиты
Диопсид	Моноклинная, призматические кристаллы зернистые шестоватые и радиально-лучистые агрегаты,	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚, отдельность по {100}. Неровный	Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый. Белая до бледно-зеленой	5.5-6	3.2-3.4	Слабо раствор. в HCl. Форма кристаллов и окраска	Геденбергит, гиперстен	Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель	Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Геденбергит	Моноклинная, крупношестоватые и радиально-лучистые агрегаты, иногда зонально-концентрические	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚, отдельность по {100}. Неровный	Темно-зеленый до черно-зеленого. Светло-серая с зеленоватым оттенком	5,5-6,5		Частично разлагается в HCl. Легко сплавляется в черный магнитный шарик. Спайность и ассоциация	Людвигит, шерл	Фаялит, магнетит, кварц, ильваит, полевые шпаты	Породообразующий минерал оливинсодержащих сиенитов, железистых кварцитов, скарнов
* Глаукофан × ×	Моноклинная, призматические кристаллы, шестоватые и волокнистые (асбест) агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. под углом 124˚. Занозистый, неровный	Серо-синий, ярко-синий, голубовато-черный. Голубовато-серая	6-6,5		В кислотах не раствор. Окраска и нахождение в метаморфических породах	Рибекит, рихтерит	Эпидот, альмандин, альбит, лавсонит, пумпеллиит	Кристаллические сланцы, эклогиты, метасоматиты
* Эгирин $NaFe[Si_2O_6]$	Моноклинная, радиально-лучистые,спутанно-волокнистые агрегаты, реже игольчатые кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88˚. Занозистый, неровный	Светло-зеленый, зеленовато-черный до черного. Светло-зеленая	6-6,5		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, спайность, ассоциация	Арфедсонит, энигманит	Полевые шпаты, нефелин, корунд, магнетит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железистые кварциты, гидротермалиты
* Жадеит $NaAl[Si_2O_6]$	Моноклинная, плотные агрегаты спутанно-волокнистого строения, зернистые массы	Сов. по {110} вдвух направл. под углом 88˚.Неровный до занозистого	Белый, серый, зеленовато-серый, зеленый, синий. Белая	6-6,5		В кислотах не раствор. Форма выд., окраска, высокая вязкость	Нефрит	Альбит, кварц, анальцим, натролит, эпидот, цоизит	Метаморфические породы, контактово-метасоматические тела, ультраосновные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X Рамзаит $Na_2Ti_2[Si_2O_6]O_3$	Ромбическая, призматический, зернистый, волокнистый	В. сов. по {100}, сов. по	В. сов. по {100}, сов. по	6-6,5		Раствор. в HF. Легко плавится в черный непрозрачный шарик	Катаплеит, эльпидит	Эгирин, лопарит, эвдиалит, астрофиллит, альбит, натролит	В щелочных породах и их пегматитах
*Хлоритоид	Моноклинная, чешуйчатые агрегаты, плохо ограненные порфиробласты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Темно-зеленый, зеленовато-черный. Светло-зеленая, зеленовато-серая	6,5		Разлагается в . Сплав-ляется в черное слабомагнитное стекло. Высокая твердость и плотность, ассоциация	Клинохлор, клинтонит	Биотит, альмандин, кварц, мусковит, ильменит, эпидот	Метаморфические породы, роговики, кварцевые жилы
* Фаялит $Fe_2[SiO_4]$	Ромбическая, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Ясная по Раковистый, неровный	Темно-зеленый до черного, темно-бурый. Зеленовато-серая	6-6,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого Сплавляется в магнитный шарик. Цвет, твер-дость, ассоциация	Оливин	Флогопит, шорломит, перовскит, апатит, мелилит	Кислые и щелочные породы, их пегматиты, железорудные скарны, карбонатиты
* Шерл $NaFe^{2+}{}_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}] \times \times (BO_3)_3(OH,F)_4$	Тригональная, призматические кристаллы, шестоватые, радиальнолучистые, зернистые агрегаты	Отсутствует, Раковистый, неровный	Зеленовато-черный, черный. Зеленовато-серая, серая	7-7,5		В кислотах не раствор. Легко сплавляется в темно-коричневую эмаль. Форма поперечного сечения, твердость	Эгирин, людвигит	Кордиерит, кварц, ортоклаз, биотит, апатит, магнетит	Кислые и щелочные изверженные и метаморфические породы и их пегматиты, грейзены, кварцевые жилы, скарны

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бюргерит $NaFe_3^{3+}Al_6 \times \times (BO_3)_3 \times \times [Si_6O_{18}]\ O_3F$	Тригональный, призматический, игольчатый	Сов. по	Темно-бурый, буровато-черный. Буровато-серая	7		В кислотах не раствор.	Везувиан, кварц	Геденбергит, волластонит, форстерит, плагиоклаз	В магнезиальных скарнах с борной минерализацией, пегматитах и кислых вулканитах
4.3 Чертверта белая дость 1-3									
* Тальк	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристаллические (стеатит) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Бледно-зеленый, белый с желтоватым или розоватым оттенком	1		В кислотах не раствор. Твердость, жирный на ощупь	Пирофиллит, каолинит	Тремолит, флогопит, серпентин, доломит, гематит	Гидротермально измененные ультраосновные породы и метаморфические породы
Сассолин $B(OH)_3$	Триклинная, таблитчатый, чешуйчатый, натечный	В. сов. по {001}	Бесцветный, белый	1		Растворяется в воде, спирте. Раствор спирта окрашивает пламя в бледно-зеленый цвет. Редок	Бура	Бораты и сульфаты	В вулканических озерах и источниках, в отложениях фумарол
Пирофиллит	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые и скрытокристал-лические (агальматолит) агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл. Неровный	Белый, светло-зеленый, буроватый, красноватый	1-1,5		Раствор. в кислотах. Твердость, жирный на ощупь, ассоциация	Тальк, каолинит	Каолинит, монтмориллонит, хлорит, кварц	В метаморфических породах, околорудных метасоматитах, вторичных кварцитах и кварцевых жилах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Термонатрит $Na_2(CO)_3 \times H_2O$	Ромбическая, таблитчатый, выцветы, мучнистый	Несов. по {010}	Бесцветный, белый, серый, желтый	1-1,5		Легко раствор. в воде	Сода, трона	Сода, трона, гейлюссит, кальцит	В отложениях соляных озер и фумарол, выцветы в аридных областях
* Сода (натрон) О	Моноклинная, призматичес-кий, зернистый, рыхлый	Ясная по{001}. Раковистый	Бесцветный до белого, серый, желтый	1-1,5		Легко раствор. в воде, в кислотах с шипением выделяет CO_2	Термонат-рит, трона	Термонат-рит, трона, гейлюсит, кальцит	В отложениях содовых озер и вулканических областей
* Бейделлит $(Na,Ca)_{0,5}Al_2 \times \times[(Si,Al)_4O_{10} \times \times(OH)_2 \times nH_2O$	Моноклинная, пластинчатый, землистый	В. сов. по {001}	Белый, желтый, бурый	1,5		Раствор. в кислотах	Монтморил лонит, сапонит	Каолинит, монтморил-лонит, галлуазит, кварц, полевые шпаты	В коре выветри-вания основных вул-анических пород, в продуктах гидротермально-го изменения рудных м-ний
* Нашатырь $NH_4)$ Cl	Кубическая, тетрагонтри-октаэдриче-ский {110}, {211}, {100}, зернистый, рыхлый	Несов. по {111}. Раковистый	бесцветный, белый, желтый, коричневый	1-2		Легко раствор. в воде. При нагревании сублимирует	Сильвин, галит, масканьит	Буссенго-тит, масканьит, копейскит, аммонио-ярозит, сильвин	В отложениях фумарол и продуктах горения угольных терриконов
Бишофит $MgCl_2 \times 6H_2O$	Моноклинная, призматичес-кий, зернистый, волокнистый	Раковис-тый, неровный	Бесцветный, белый, красный	1-2		Легко раствор. в воде. Вкус горький, жгучий	Карналит	Галит, кизерит, карналлит, сильвин, ангидрит	В м-ниях морских солей и осадках озер

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сапонит $(Ca_{0,5}, Na)_{0,3} \times \times (Mg, Fe^{2+})_3 \times \times [(Si,Al)_4O_{10}] \times \times (OH)_2$	Моноклинная, пластинчатый, землистый	В. сов. по {001}. Ровный до раковистого	Буро-зеленый до шоколадно-ко-ричневого	1-2		Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь	Нонтронит	Кальцит, монтморил-лонит, каолинит, хлорит, тальк, тремолит, флогопит	В коре выветривания основных вулканических пород, в продуктах гидротермально-го изменения рудных м-ний
* Нонтронит О	Моноклинная, пластинчатые и землистые агрегаты	В. сов. по Неровный	Желтовато-зеленый до буро-зеленого и темно-бурого	1-2		Раствор. в кислотах. Окраска и условия нахождения	Сапонит, монтмо-риллонит	Монтмо-риллонит, магнезит, арагонит, кварц	Кора выветривания ультраосновных пород
* Галлотрихит $FeAl_2 [SiO_4] \times \times 22H_2O$	Моноклинная, игольчатый, волокнистый, спутанно-волокнистый	Несов. по {010}	Бесцветный, белый, желтоватый, зеленоватый	1,5-2		Раствор. в воде	Пиккерин-гит, били-нит, дитрихит	Алуноген, мелантерит, копиапит, гипс	Продукт окисле-ния пирит-содержащих пород колче-данных м-ний и угленосных отложений
* Мирабилит $Na_2(SO_4) \times \times 10H_2O$	Моноклинная, призматичес-кий, зернистый	Сов. по {100}. Раковистый	Бесцветный, белый	1,5-2		Легко раствор. в воде. Вкус солонова-то-горький, при нагревании теряет воду и переходит в тенардит	Глауберит	Гипс, галит, тенардит, трона, глауберит, астраханит, эпсомит	В отложениях соляных озер в засушливых областях

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Монтмориллонит	Моноклинная, землистые агрегаты	В. сов.по Ровный	Белый, розовый, красный	1-2		Раствор. в кислотах. Жирный на ощупь, сильно разбухает в воде, становится пластичным	Каолинит, галлуазит	Иллит, хлорит, каолинит, галлуазит, палыгорскит, сепиолит	Кора выветривания вулканических пород, продукты изменения околорудных пород, почвы
* Гипс H_2O	Моноклинная, зернистые, волокнистые (селенит) агрегаты	Сов. по {010} в одном направл. Ясная по {100}. Ровный, до занозистого	Бесцветный, белый, голубова-тый, розовый, желтый, оранжевый	2		Слабо раствор. в воде, растворяется в HCl. Спайность , твердость, отсутствие реакции на CO_2	Брушит, бобьерит	Ангидрит, сера, арагонит, кальцит, кварц	Хемогенные осадочные породы, зона окисления сульфидных мний, кварцевые жилы и фумаролы
* Сильвинl	Кубическая, зернистые, землистые, волокнистые, шестоватые агрегаты, натеки, выцветы	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, голубой, желтый, красный	2		Раствор. в воде. Окрашивает пламя в фиолетовый цвет. Пластичен, вкус горьковато соленый	Галит	Ангидрит, галит, кизерит, карналит, каинит, эпсомит, полигалит	Соляные залежи морского происхождения, выцветы на почве, вулканические продукты
* Мелантерит $Fe(SO_4)\times 7H_2O$	Моноклинная, призматический, зернистый, сталактиты	Сов. по {001} и {110}. Раковистый	Травяно-зеленый, синевато-зеленый	2		Легко раствор. в воде	Моренозит	Пизанит, галотрихит, пиккерингит, копиапит, алуноген	В зоне окисления сульфидных мний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Госларит О	Ромбическая, зернистый	Сов. по {010}	Бесцветный, белый, желтый	2		Легко раствор. в воде	Эпсомит, мирабилит	Меланте-рит, дитри-хит, гало-трихит, ко-пиапит, алуноген	В зоне окисления сульфидных м-ний
* Галит l	Кубическая, зеристые агрегаты, сталактиты	Сов. по {100} в трех нап-равл. Раковистый	Бесцветный, белый, синий, желтый, красный	2-2,5		Легко раствор. в воде. Окрашивает пламя в жел-тый цвет. Спайность, соленый вкус, ассоциация	Сильвин	Сильвин, карналит, лангбей-нит, гипс, ангидрит, полигалит	Соляные залежи, солончаки
Х Пирохроит $Mn(OH)_2$	Тригональная, таблитчатый, ромбоэдричес-кий, чешуйчатый, волокнистый	Сов. по {0001} в одном направл	Бесцветный, на свету становится бронзово-бу-рым, черным. При окислении бурая	2-2,5		Легко раствор. в HCL	Брусит	Манганит, доломит, магнетит, гаусманит, родохрозит, кальцит, пироаурит	В кварц-карбонатных жилах
Х Бура О	Моноклинная, призматически й, зернистый	Несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, розовый, серый	2-2,5		Раствор. воде. Вкус сладкова-то-щелочной, на поверхнос-ти теряет воду и белеет	Соссолин	Галит, тро-на, тенар-дит, глаубе-рит, гипс, гейлюсит, углексит	В хемогенных отложениях озер
* Эпсомит $Mg(SO_4)\times7H_2O$	Ромбическая, призматичес-кий, зернистый, волокнистый	Сов. по {001}	Белый, серый, бурый	2-2,5		Легко раствор. в воде. Вкус горький, вяжущий	Госларит, мирабилит	Ангидрит, гипс, поли-галит, ме-лантерит, галотрихит, квасцы	В соляных отло-жениях, в зоне окисления суль-фидных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Каолинит	Триклинная, тонкочешуйчатые, землистые агрегаты	В. сов. по Плоскораковистый	Белый, серый, бурый	2-2,5		В кислотах не раствор. С водой становится пластичным. Окраска, высокая пластичность, мылкий на ощупь	Монтмориллонит, галлуазит	Монтмориллонит, галлуазит, иллит, палыгорскит, сепиолит	Кора выветривания кислых пород
*Галлуазит 4	Моноклинная, землистые, плотные агрегаты	В. сов. по Плоскораковистый	Белый, голубоватый, бурый	2		В кислотах не раствор. Генезис и специальные методы	Каолинит, монтмориллонит	Каолинит, бейделлит, иллит, монтмориллонит	Кора выветривания кислых пород и гидротермальные жилы
Сепиолит О	Ромбическая, спутано-волокнистый, глиноподобный	Неровный, плоскоракови стый	Белый, серовато-белый, желтый, бурый	2-2,5		Раствор. в HCl с выд. SiO_2	Палыгорски	Кальцит, барит, арагонит, опал, магнезит	В коре выветривания серпентинитов, карбонатных осадочных породах
* Палыгорскит О	Ромбическая, моноклинная, войлокоподобный (горная кожа), листы, пленки	Неровный	Белый, желтовато-серый, буроватый, зеленоватый	2-2,5		Разлагается в конц. H_2SO_4 с выд. скелета	Сепиолит	Доломит, магнезит, монтмориллонит, каолинит	В коре выветривания серпентинитов, осадочных породах и гидротермальным путем
* Флогопит × $(OH)_2$	Моноклинная, пластинчатые, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Бесцветный, буровато-желтый, красновато-коричневый	2-2,5		Разлагается в концентрированной H_2SO_4 Ассоциация	Биотит	Диопсид, форстерит, шпинель, гиалофан, гумит, апатит	Перидотиты, кимберлиты, контактово-метасоматические породы и метаморфизованные карбонатные толщи

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Карналлит	Ромбическая, зернистые агрегаты, смеси с галитом, волокнистые образования	Раковистый	Бесцветный, розовый, желтый, красный, бурый	2,5		Легко раствор. в воде, сорбируя ее из атмосферы. Вкус горький, жгучий	Галит, сильвин	Галит, сильвин, ангидрит, кизерит, каинит, эпсомит	В залежах калийных солей
* Криолит	Моноклин-ая, зернистые агрегаты	Отдельность по {001} и Неровный	Бесцветный, белый, сероватый, грязно-бурый	2,5		Раствор. в кислотах. Легко плавится, окрашивая пламя в желтый цвет	Хиолит, флюорит	Томсенолит, колумбит, пирохлор, топаз, рибекит, альбит, герксутит	Акцессорный минерал щелочных гранитов и пегматитов
* Гиббсит (гидраргиллит)	Моноклинная, землис-тые агрегаты, червеобраз-ные выд., оолиты, натечные образоания	В. сов. по {001} в одном направл. Ровный, раковистый	Бесцветный, белый, сероватый	2,5-3		Легко раствор. в горячих щелочах и Спайность, форма выд., ассоциация	Бемит, брусит, норстрандит	Каолинит, галлуазит, аллофан, нефелин	Бокситы, щелочные породы как продукт изменения натролита и нефелина
* Брусит	Тригональ-ная, чешуй-чатые, волок-нистые (немалит), натечные выд., сфероиды	В. сов. по {0001} в одном направл. Чешуйча-тый до занозистого	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый, голубоватый	2,5		Легко раствор. в кислотах. В пламени паяльной трубки не плавится.Растворимость в HCl	Гипс, гиббсит	Серпентины, перикласз, доломит, арагонит,тальк, гидромагнезит	Метаморфизованные доломиты, мраморы, серпентиниты, известковые скарны
* Хризотил $Mg_3[Si_2O_5] \times \times (OH)_4$	Моноклинная, волокнистые и параллель-ношестова-тые (асбест), плотные агрегаты	В. сов. по Ровный до занозистого	Белый, желтоватый, зеленый разных оттенков	2,5		Раствор. в HCl с образованием волокнистого скелета. Форма выд., окраска, ассоциация	Лизардит, амфибо-лы, Ni - хлориты	Лизардит, антигорит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит	Гидротермально-измененные гипербазиты и контактово-измененные карбонатно-магнезиальные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лизардит ×	Моноклинная, тонкозернистые агрегаты	В. сов. по Ровный до раковистого и занозистого	Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый	2,5		Раствор. в HCl с образованием порошковатого Высокая распространенность	Хризотил, Ni-хлориты, Ni-монтмориллониты	Хризотил, актинолит, тальк, магнетит, брусит, гидромагнезит	Гидротермально-измененные и контактово-измененные карбонатно-магнезильные породы
Х Кукеит $LiAl_4$ × ×[Al Si_3O_{10}]× ×$(OH)_8$	Моноклинная, таблитчатый	В. сов. по {001}	Зеленый, желтовато-зеленый, темно-зеленый	2,5		В кислотах не раствор	Донбасит, тальк, хлорит	Поллуцит, петалит, амблигонит, рубеллит, танталит	В литиевых пегматитах
*Халькантит О	Триклинная, пластинчатые и зернистые агрегаты, натечные образования	Несов. по Раковистый	Небесно-голубой до ярко-синего	2,5		Легко раствор. в воде. Вкус металлический, вяжущий. Окраска и условия нахождения	Пизанит	Меланте-рит, пик-керингит, алуноген, копиапит	Зона окисления медно-колчеданных м-ний
Улексит О	Триклинная, тонковолокнистый, спутанноволокнис-тый	Сов. по {010} и несов. по	Бесцветный, белый	2,5		Раствор. в горячей воде. Плавится со вспучиванием	Ашарит, тонковолокнистые бораты	Бура, галит, глауберит, трона, мирабилит, колеманит	В бороносных соляных залежах морского и озерного происхождения
* Клинохлор $(Mg, Fe^{2+})_5Al$× ×[$AlSi_3O_{10}$]× ×$(OH)_8$	Моноклинная, таблитчатый, пластинчатый, листоватый, чешуйчатый	В. сов. по {001} в одном направл	Белый, серый (лейхтенбергит), зеленый, фиолетовый (кеммеририт)	2,5		Раствор. при кипячении в Окраска, спайность, чешуйки не упругие	Хлориты, мусковит	Магнетит, перовскит, гранат, эпидот, везувиан, титанит	В метаморфических породах фации зеленых сланцев, скарнах, в измененных ультраосновных породах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Мусковит $KAl_2[AlSi_3O_{10}\times$ $\times(OH,F)_2$	Моноклинная, коротко-столбчатые кристаллы, листоватые, чешуйчатые агрегаты (серицит)	В. сов. по {001} в одном нап-равл, несов. по {110} и {010}	Бесцветный, белый, зеленый, изумрудно-зеле-ный (фуксит)	2,5-3		В кислотах не раствор. Ассоциация	Лепидолит, циннваль-дит, парагонит	Кварц, полевые шпаты, хлорит, доломит	Кислые изверженные и метаморфические породы, пегма-ти-ы, грейзены
* Парагонит	Моноклинная, листова-тые, чешуй-чатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном нап-равл	Бесцветный, белый, зеленовато-белый	2,5-3		В кислотах не раствор	Мусковит	Роговая обманка, альмандин, плагиокла-зы, кианит	Метаморфичес-кие породы богатые Na
*Лепидолит $K(Li,Al)_3\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]\times$ $(F,OH)_2$	Моноклин-ная, таблитчатые, чешуйчатые, скорлупова-тые агрегаты	В. сов. по {001} в одном нап-равл	Белый, розо-вато-фиолето-вый, персиково-красный	2-3 до 4		В кислотах не раствор. Цвет, характер ассоциации	Мусковит	Сподумен, петалит, альбит, рубеллит, флюорит, топаз	Гранитные пегматиты и грейзены
* Судоит (рипидолит, прохлорит)	Моноклин-ная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001}, в одном нап-равл	Белый, бледно-зеленый, зеленый	2-3		Частично разлагается кислотами. Цвет, спай-ность, ассоциа-ция, гибкость	Клинохлор	Эпидот, альбит, актинолит, кварц, рутил, титанит	Зеленокаменные породы. Жилы альпийского типа
Х Гидроборацит $CaMgB_6O_8\times$ $\times(OH)_6\times 3H_2O$	Моноклинная, игольчатый, спутанно-волокнистый	Сов. по {010}. Неровный, занозистый	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый	2,5-3		Легко раствор. в кислотах Форма выд., ассоциация	Улексит	Колеманит, иньоит, индерит, улексит, кальцит	В бороносных соляных залежах озерного и морского происхождения

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Виллиомит	Кубическая, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в трех направл. Раковистый, неровный	Карминово-красный, темно-вишневый	2-0,2		Легко раствор. в воде. Цвет, спайность, ассоциация	Флюорит	Эвколит, астрофиллит, содалит, ловчоррит, полевой шпат	Щелочные породы и их пегматиты
Х Тенардит $Na_2(SO_4)$	Ромбическая, дипирамидальный, пинакоидальный, зернистый, выцветы	Сов. по {010}, ясная по {101}	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый	2,5-3		Легко раствор. в воде. Вкус горько-соленый (глауберова соль)	Мирабилит, эпсомит	Мирабилит, глауберит, эпсомит, гипс, сода, галит	В озерных отложениях засушливых областей и отложениях фумарол
Х Полигалит О	Триклинная, таблитчатый, шестоватый, волокнистый	Средняя по {110	Бесцветный, белый, розовато-красный, кирпично-красный	2,5-3,5		Раствор. в воде с выд. гипса и сингенита	Пикромерит	Галит, гипс, ангидрит, карналлит	В соляных зележах и вулканических продуктах
* Амезит $Mg_2Al[AlSiO_5]\times$	Триклинная, Пластин-чатые и чешуйчатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Белый, бледно-зеленый, фиолетовый (хром-амезит)	2,5-3		Медленно раствор. в HCl. Спайность, форма выд., ассоциация	Клинохлор	Диаспор, рутил, магнетит, лейкоксен, миллерит	Измененные ультраосновные породы и метаморфические м-ния наждака
Иниоит О	Моноклин-ная, толсто-таблитчатый, зернистый	Сов. по{001} и {010}	Бесцветный, белый	2,5-3		Раствор. в горячей воде	Колеманит, гипс	Гипс, колеманит, гидроборацит, улексит, курнаковит	В бороносных соляных залежах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Англезит $Pb(SO_4)$	Ромбическая, призматичес-кий, бипира-мидальный, зернистый, натечный	Сов. по {001}, ясная по {210}	Бесцветный, белый, желтоватый, коричневатый	2,5-3		Медленно раствор. в Парагенезис	Церуссит	Церуссит, галенит, лимонит, малахит, азурит	Зона окисления свинцовых м-ний
Циннвальдит $KLiFe^{2+}Al\times$ $\times[AlSi_3O_{10}]\times$ $\times(F,OH)_2$	Моноклинная, листова-тые, чешуй-чатые агрегаты	В. сов. по {001} в одном направл	Серый, бу-ровато- или зеленовато-серый	2,5-3,5		В кислотах не раствор. Цвет. Тип ассоциации	Мусковит, лепидолит	Вольфра-мит, шее-лит, топаз, флюорит, турмалин, кварц	Грейзены и олово-вольфрамовые кварцевые жилы
			4.3 Черта Твер		**белая ость 3-5**				
Х Ссайбелиит (ашарит) $\times(OH)$	Моноклинная, спутанно-волокнистый, землистый	Сов. по Неровный, раковистый	Белый, сероватый, желтоватый	3		Медленно раствор. в кислотах. Форма выд., ассоциация	Гидроборац ит	Улексит, гидроборац ит, пандермит, гипс	Скарны, хемогенные бороносные залежи, серпентинит
Х Ньюбериит О	Ромбическая, призматичес-кий, порош-коватый, землистый	Сов. по	Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый	3		Легко раствор. в HCl	Брушит	Грейгит, аллофан, брушит	В отложениях гуано и ископаемых бивнях мамонтов
* Кальцит $Ca(CO_3)$	Тригональная, хорошо образован-ные кристал-лы, сталакти-ты, зернис-тые агрегаты	С о Раковистый в . п о	Бесцветный, белый, серый, голубой, розовый	3		Легко раствор. в кислотах с выд. CO_2. Штриховка полисинтити-ческого двойникования	Арагонит	Кварц, доломит, флюорит, барит, сульфиды и арсениды	Карбонатные, кварц-карбонат-ные жилы, метаморфичес-кие и осадочные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витерит $Ba(CO_3)$	Ромбическая, дипирамидальный, зернистый	Ясная по {010}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, желтый	3-3,5		Раствор. в кислотах. Имеет высокую плотность	Стронциа-нит	Барит, галенит, кальцит, сфалерит	В гидротер-мальных барит-витеритовых жилах
* Целестин	Ромбическая, Чечевице-образные кристаллы, пластинчато-волокнистые прожилки, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {210} в трех напр-равл. Неровный	Бледно-голубой, голубо-вато-серый, белый, красный	3-3,5		Слабо раствор. в кислотах. Голубая окраска, форма выд., спайность	Барит	Доломит, гипс, стронциа-нит, галит, галенит, сфалерит	Хемогенные осадочные толщи эвапоритов и кварцевые жилы
* Барит $Ba(SO_4)$	Ромбическая, пластинчатые и зернистые агрегаты, сферические конкреции	Сов. по {001} и {210} в трех напр-равл. Неровный	Бесцветный, белый, голу-боватый, светло-сиреневый	3-3,5		В кислотах не раствор. Форма кристаллов. Спайность, твердость, плотность	Целестин, ангидрит	Флюорит, кальцит, кварц, галенит, сфалерит, витерит	Гидротермальны е жилы, желваки и конкреции осадочных пород
*Ангидрит $Ca(SO_4)$	Ромбическая, хорошо образованные кристаллы, зернистые агрегаты	Сов.по {001} в трех напр-равл. Неровный	Бесцветный, белый, голу-боватый, светло-сиреневый	3,5		Раствор. в кислотах. Спайность, отсутствие реакции на CO_2	Гипс, карбонаты	Гипс, кальцит, доломит, пирит и другие сульфиды	Хемогенные осадочные породы, гидротермальные жилы, колчеданные и скарновые м-ния
Х Кизерит $Mg(SO_4)\times H_2O$	Моноклинная, бипирамидальный, зернистый, выцветы	Сов. по {111} и {110}. Неровный	Бесцветный, белый, желтый	3,5		Раствор. в воде	Эпсомит, ссомольно-кит	Эпсомит, госларит, лимонит	В соляных залежах и зоне окисления колчеданных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Бемит AlO(OH)	Ромбическая, Скрытокристаллические, землистые, фарфоровидные агрегаты	Сов. по Неровный до раковистого, иногда мелкозанозистый	Бесцветный, белый, желтый	3,5-4,0		В кислотах не раствор. Ассоциация, форма выд., спайность	Гиббсит	Гиббсит, диаспор, каолинит, гидроокислы Fe	Бокситы и продукты изменения фельдшпатоидов и натролита в щелочных пегматитах
* Арагонит $Ca(CO_3)$	Ромбическая, игольчатые и зернистые плотные агрегаты. Корки, натеки	Ясная по Неровный	Бесцветный, белый, желтоватый, серый	3,5-4,0		Раствор. в кислотах с выд. Форма кристаллов, ассоциация	Кальцит, доломит	Кальцит, магнезит, опал, лимонит	Хемогенные и биогенные осадки, кора выветривания ультраосновных пород
* Доломит $CaMg(CO_3)_2$	Тригональная, грубозернистые, тонкозернистые агрегаты	Сов. по Неровный. по	Бесцветный, белый, желтый, буроватый	3,5-4,0		Медленно раствор. в HCl. Характер двойникования, ассоциация, спайность	Кальцит, магнезит	Сидерит, кальцит, кварц, арсениды, Co и Ni, магнезит	Хемогенные осадочные породы, кварц-карбонатные жилы и измененные ультраосновные породы
* Анкерит $Ca(Mg, Fe)\times\times(CO_2)$	Тригональная, ромбоэдрический, зернистый	Сов. по п	Бесцветный, белый, желтоватый, бурый	3,5-4,0		Слабо раствор. в холодной	Доломит, сидерит	Кварц, доломит, сидерит, гематит, пирит, галенит, сфалерит	В карбонатитах, гидротермальных, полиметаллических м-ниях и кварц-карбонатных жилах
X Алунит K $Al_3(SO_4)_2\times\times(OH)_6$	Тригональная, мелкозернистые,скрытокристалличесские плотные агрегаты	Сов. по Неровный	Белый, желтоватый, серый	3,5-4,0		Медленно раствор. в разбавленной Точная диагностика осуществляется оптически	Каолинит, зуниит	Гиббсит, каолинит, гипс, кварц, галлуазит	Измененные вулканогенные породы, зона гипергенеза осадочных толщ

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лангбейнит $Mg(SO_4)\times$ $\times K_2(SO_4)$	Кубическая, почковидный, зернистый	Раковистый	Бесцветный, желтоватый, розоватый, серый	3,5-4,0		Очень медленно раствор. в воде	Каинит	Галит, сильвин, карналлит, тенардит	Морские соляные отложения
Х Вавеллит О	Ромбическая, призматический, радиально-волокнистый, опаловидный	Сов. по {110} и {010}. Неровный	Бледно-зеленый, зеленый, желтый, бурый, голубой, белый	3,5-4,0		Легко раствор. в кислотах	Варисцит	Апатит, марказит, воксит, варисцит	В бокситах, углисто-кремнистых сланцах, лимонитах, кварцевых жилах
* Стильбит (десмин) О	Моноклинная, пластинчатый, сноповидный, радиально-лучистый	Сов. по {010}, ясная по {100}	Белый, желтоватый, красноватый	3,5-4,0		Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Наиболее распространен	Цеолиты	Эпидот, натролит, гейландит, ломонтит, кальцит	В пустотах траппов и других эффузивов, рудных жилах, скарнах, сланцах
* Гейландит $\times Si_{2+x}O_8]_2\times$ $\times 5H_2O$	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	Сов. по {010} в одном направл	Бесцветный, белый, розоватый, красно-коричневый	3,5-4,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Клиноптилолит	Кварц, кальцит, стильбит, гранат, аксинит	В пустотах основных эффузивов, скарнах, жилах альпийского типа
* Скородит $Fe(AsO_4)\times 2H_2O$	Ромбическая, плотные, шлакоподобные массы, корки, желваки, землистые скопления	Несов. по Раковистый, неровный	Серовато-зеленый, яблочно-зеленый, буровато-серый	3,5-4,0		Раствор. в HCl. Вторичный по арсенопириту Окраска, приуроченность к зоне окисления сульфоарсенидов	Мансфильдит, халькосидерит	Фармакосидерит, бедантит, вивианит, лимонит, гипс	Зона окисления сульфидных м-ний

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Сидерит	Тригональная, зернистые и землистые агрегаты. Оолиты, конкреции	Со Неровный в. по } в трех	Желтовато-серый, горохово-желтый, желтовато-бурый	3,5-4,5		Раствор. в HCl с выд. CO_2. Цвет, спайность, твердость	Анкерит	Доломит, лимонит, пирротин, марказит, кварц	Хемогенные осадочные породы и кварц-карбонатные жилы
* Родохрозит	Тригональная, зернистые агрегаты	Со Неровный в. по в трех направл.	Розовый, темно-красный, желтовато-серый	3,5-4,5		Раствор. в HCl с выд. CO_2. Твердость, пленка гидроокислов и окислов Mn	Родонит, кальцит	Кварц, арсенопирит, сфалерит, галенит, родонит, спессартин	Гидротермальные жилы, контактово-метаморфические м-ния и осадочные толщи
*Маргарит $CaAl_2\times$ $\times [Al_2Si_2O_{10}]\times$	Моноклинная, листоватые, чешуйчатые агрегаты	Сов. по {001} в одном направл. Неровный	Жемчужно-белый с сероватым, розоватым, желтоватым оттенками	3,5-4,5		С трудом раствор. в Парагенезис, блеск, твердость	Клинтонит	Парагонит, хлоритоид, графит, эпидот, наждак, диаспор	Кристаллические сланцы, наждаки и слюдиты
* Флюорит	Кубическая, зернистые и землистые (ратовкит) агрегаты	Сов. по {111} в четырех направл. Раковистый, неровный	Бесцветный, зеленый, фиолетовый, голубой, синевато-черный	4,0		Раствор. в концентрированной H_2SO_4 с выд. HF. Отсутствие реакции на CO_2	Криолит, карбонаты	Кварц, берилл, турмалин, касситерит, вольфрамит, топаз, халцедон	Грейзены, скарны, гидротермальные и пегматитовые жилы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Магнезит $Mg(CO_3)$	Тригональная, зернистые, фарфоровид-ные, мелопо-добные агрегаты	Сов. по в трех направл. Раковистый	Бесцветный, белый, желтый, серый	4,0-4,5		Раствор. в HCl при нагревании с выд. CO_2. Форма выд.	Кальцит, доломит	Опал, арагонит, лимонит, доломит, кальцит, барит	Коры выветривания ультраосновных пород и гидро-термально-мета-мофические залежи
Х Бастнезит Ce, La)$(CO_3)F$	Гексагональ-ная, таблитчатый, зернистый	Несов. по {0001}, часто отдельность	Желтый до красно-коричневого	4,0-4,5		Раствор. в крепких кис-лотах при нагревании	Паризит, синхизит	Альбит, эгирин, титанит, циркон, ортит, барит, кальцит	В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатитах, карбонатных жилах
Колеманит $Ca_2(Ba_2O_{11})\times$ $\times 5H_2O$	Моноклинная, изометричный, призматический, зернистый, шестоватый	Сов. по 010} в одном направл. Неровныйр аковистый	Бесцветный, белый, серый	4,5		Раствор. в HCl	Индеборит, иньоит	Гидроборац ит, иньоит, улексит, ашарит, карналлит, бишофит	Лагунные отложения солей и диапировые купола
Варисцит $Al(PO_4)\times 2H_2O$	Ромбическая, дипирамидаль-ный, зернистый	Сов по {010}в одном направл. Неровный	Бледно-зеленый, голубовато-зеленый до бесцветного	4,5		Раствор. в кислотах при нагревании	Вавеллит, штренгит	Вавеллит, крандаллит, апатит, халцедон, лимонит	В корах выветривания пород богатых алюминием
Хлорапатит $Ca_5(PO_4)_3(Cl,F)$	Моноклинный, псевдогекса-гональный, призматичес-кий, зернистый	Несов. по {001}	Бесцветный, белый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах	Фтор-апатит	Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот	Некоторые основные интру-зивные породы и контактово-ме-тасоматические м-ния

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Ксенотим	Тетрагональная, зернистые агрегаты	Сов. по {100} в двух направл. Раковистый	Желтовато-бурый, красный, серый	4,0-5,0		Раствор. в HCl при нагревании с выд. CO_2. Форма выд	Кальцит, доломит	Опал, арагонит, лимонит, доломит,кальцит, барит	Коры выветривания ультраосновных пород и гидротермально-метаморфические залежи
* Шабазит (Na. Ca)[Al× ×$Si_2O_6]_2$×$6H_2O$	Тригональная, ромбоэдрический, зернистый	Ясная по Раковистый	Бесцветный, белый с красноватым или буроватым оттенком	4,0-5,0		Раствор. в крепких кислотах при нагревании	Паризит, синхизит	Альбит,эгирин, титанит,циркон, ортит,барит кальцит	В фенитах и щелочных пегматитах, карбонатитах, карбонатных жилах
Х Смитсонит	Тригональная, скорлуповатые, почковидные, натечные выделения	Сов. по Неровный	Белый, желтовато-коричневый, зеленый, голубой	4,0-4,5		Раствор. в HCl	Индеборит, иньоит	Гидроборацит, иньоит, улексит, ашарит, карналлит, бишофит	Лагунные отложения солей и диапировые купола
* Фторапофиллит О Гидроксилапофиллит $KCa_4[Si_4O_{10}]_2$× О	Тетрагональная, дипирамидальный, призматический, шестоватый	Сов. по {001} в одном направл. Раковистый	Бесцветный, белый, розовый, красный, зеленый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах при нагревании	Вавеллит, штренгит	Вавеллит, крандаллит, апатит, халцедон, лимонит	В корах выветривания пород богатых алюминием
* Волластонит	Триклинная шестоватые, радиально-лучистые, тонковолокнистые, листоватые агрегаты	Сов. по {100}, средняя по Неровный	Белый, сероватый, желтоватый	4,5-5,0		Раствор. в кислотах	Фторапатит	Диопсид, андрадит, магнетит, эпидот	Некоторые основные интрузивные породы и контактово-метасоматические м-ния

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Пектолит	Триклинная призматический, шестоватый, волокнистый	Сов. по {100} и {001} вдвух нап-равл	Белый, светло-серый, бледно-розовый	4,5-5,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Волласто-нит	Кальцит, цеолиты	В миндалинах и трещинах эффузивных пород
* Фторапатит (апатит)	Гексагональная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Ясная по Раковистый, неровный	Бесцветный, белый, желтый, синий, фиолетовый, розовый	5,0		Раствор. в кислотах. Форма кристаллов, твердость	Берилл	Нефелин, эгирин, титанит, скаполит, форстерит, магнетит	Кислые и щелочные породы, карбонатиты и пегматиты
* Карбонат-фторапатит F	Ромбическая, пластинчатый, шестоватый, волокнистый	Сов. по {110} в двух направл. Неровныйраковис-тый	Бесцветный, голубой, зеленый, серый, бурый до черного	3,5-5,0		Раствор. в HCl с выд. CO_2. Форма выдел	Фторапа-тит, хлорапатит	Монтмориллонит, каолинит, кварц, кальцит	В терригенных и хемогенных осадочных породах
Гемиморфит (каламин) О	Тетрагональный, призматический, зернистый	Сов по {110} и раковистый	Бесцветный, белый	5,0		После прокаливания легко раствор. в кислотах с выд. студенистого SiO_2	Смитсонит	Смитсонит, виллемит, цинкит, малахит и др.	В зоне окисления полиметаллических м-ний
Х Селлаит MgF_2				5,0		Раствор. в конц. H_2SO_4. Относительно редок	Флюорит	Ангидрит, гипс, флюорит, молибденит, касситерит, флогопит	В кварцевых жилах, фумаролах, доломитах и мраморах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Клинтонит (ксантофиллит) $Al)_4O_{10}] (OH)_2$	Моноклинная, пластинчатый, чешуйчатый	Сов по {001} в одном направл	Бледно-зеленый, желтовато-зеленый, белый	5,0		В кислотах не раствор	Маргарит	Диопсид, хондродит, гуммит, кальцит, апатит	В магнезиальных скарнах богатых алюминием
*Анальцим $Na[AlSi_2O_6] \times \times H_2O$	Кубическая, тетрагонтриоктаэдрический, зернистый	Несов. по {100}. Неровный	Бесцветный, белый, розовый	4,5-5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Лейцит	Кальцит, натролит, нефелин	В щелочных магматических породах, миндалинах основных эффузивов
* Вишневит $6Na[AlSiO_4]\times \times Ca(SO_4)2H_2O$	Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы и псевдоморфозы по нефелину	Сов. по } в трех нап-равл. Неровный, раковистый	Светло-голу-бой до голу-бовато-синего	5,0		Легко раствор. в HCl с выд. студенистого Окраска и ассоциация	Содалит, лазурит	Нефелин, полевые шпаты, эгирин, циркон, титанит	Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах
			4.3. Черта		**белая**				
			Тверд		**ость 5-7**				
Х Датолит	Моноклинная, призматический, зернистый, плотный	Ясная по {100}. Неровный	Бесцветный, белый, голубовато-зеле-ный, желтовато-зеленый	5,0-5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Окрашивает пламя в желтовато-зеленый цвет	Кварц, топаз, андалузит	Цеолиты, пренит, кальцит, кварц, аксинит, гранат, волластонит, данбурит	Жилы альпийского типа, контактово-метасоматические м-ния
* Канкринит $6Na[AlSiO_4]\times \times Ca(CO_3)2H_2O$	Гексагональная, зернистые агрегаты, реакционные каймы по нефелину	Сов. по } в трех нап-равл. Неровный	Белый, серый, желый, красноватый	5,0-5,5		Раствор. в HCl с выд. CO_2 и студенистого Спайность, окраска	Нефелин, ортоклаз, микроклин	Нефелин, альбит, титанит, циркон, эгирин	Позднемагматический в нефелиновых сиенитах и их пегматитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
# Монацит $(Ce,La,Nd) \times \times (PO_4)$	Моноклинная, таблитчатые кристаллы, реже зернистые агрегаты	Сов. по {100}, отдельность по {001}. Раковистый	Желтый, красно-ко-ричневый, коричне-вый, иногда белый	5,0-5,5		С трудом раз-лагается кисло-тами. Форма кристаллов, твердость, плотность	Ксено-им, титанит	Ксенотим, алланит, уранинит, циртолит, биотит, молибденит	Акцессорный минерал гранитов, пегматитов, фенитов, грейзенов, гнейсов и жил альпийского типа
Эвдиалит $Na_4(Ca,Ce)_2 \times \times FeZr[Si_8O_{22}] \times \times (OH, Cl)_2$	Тригональная, ромбоэдрический, таблитчатый, зернистый	Неровный, раковистый	Красный, малиново-красный, вишнево-красный	5,0-5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Гранаты	Апатит, биотит, магнетит, титанит, эгирин, полевые шпаты	Нефелиновые сиениты и их пегматиты
* Натролит О	Ромбическая, призматические до игольчатых кристаллы; шестоватые,радиально лучистые агрегаты	Сов. по{110} в двух направл. Неровный, раковистый	Бесцветный, белый, желтый, красный	5,0-5,5		Легко раствор. в HCl с выд. студенистого Спайность, форма выд., ассоциация	Томсонит	Анальцим, шабазит, сколецит, гейландит	Постмагматический минерал щелочных пород, их пегматитов; гидротермальный в жилах и миндалинах эффузивов
Гаюин $Na_6Ca_2[SiO_4]_6 \times \times (SO)_2$	Кубическая, додэкаэдрический, октаэдрический, зернистый	Несов. по {110}	Ярко-синий, голубой, зеленовато-синий, белый	5,0-5,5		Раствор. в HCl с выд. геля , добавление –осадок $BaSO_4$	Содалит, лазурит, вишневит	Санидин, лейцит, нефелин, титанит	В вулканических щелочных породах
* Титанит (сфен) О	Моноклинная, конвер-тообразные кристаллы; зернистые агрегаты	Сов. по Неровный до занозистого	Желтый, коричневый до черного, изумрудно-зеленый, белый	5,0-6,0		Раствор. в Форма кристаллов, окраска, спайность	Циркон, гранаты	Нефелин, канкринит, циркон, биотит, апатит, флогопит, диопсид	Первичный минерал щелочных пород и гранитов; встречается в скарнах, гнейсах, жилах альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виллемит $Zn_2[SiO_4]$	Тригональная, призматический	Несов. по {0001} и }. Раковистый	Бесцветный, белый, желтоватый, розоватый	5,0-6,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Гемиморфит	Кварц, гентгельвин, ганит, циркон, фенакит, сфалерит	В зоне окисления полиметаллических м-ний, скарнах и кварцевых жилах
Бирюза $CuAl_6(PO_4)\times\times(OH)_8\times 4H_2O$	Триклинная, плотные тонкозернистые агрегаты	Сов. по Мелкораковистый	Голубой, синевато-зеленый	5,0-6,0		С трудом раствор. в HCl. Окраска и форма выд	Халькосидерит	Вавеллит, амблигонит, халцедон, каолинит, гетит	Кора выветривания фосфатсодержащих осадочных и вулканических горных пород
* Антофиллит	Ромбическая, лучистые, радиально-сноповидные, шестоватые, волокнистые (асбест) агрегаты	Сов. по {110} в двух направл. Неровный	Бесцветный, серовато-зеленый, зеленовато-бурый	5,5-6,0		В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от хризотил-асбеста по ассоциации	Тремо-лит, жед-рит	Энстатит, тальк, кордиерит, паргасит, плагиоклаз	Метаморфизованные ультрабазиты, магнезиальные скарны, регионально метаморфизованные породы
Куммингтонит	Моноклинная, волокнистый, зернистый	Сов. по {110}в двух направл. под углом	Белый, светло-зеленый, серый, бурый	5,5-6,0		В кислотах не раствор	Антофиллит, тремолит	Стильпномелан, грюнерит, анкерит, ильменит, кварц	В контактово и регионально-метаморфизованных породах
Х Рихтерит $\times[Si_8O_{22}](OH)_2$	Моноклинная, призматический, зернистый, волокнистый	Сов. по }в двух направл. под углом	Желтый, бурый, буровато-красный, светло-зеленый	5,0-6,0		В кислотах не раствор. Мало распространен	Актинолит, тремолит, жедрит	Кальцит, магнетит, доломит, флогопит, актинолит, хлорит, титанит	В метаморфизованных карбонатных породах, гидротермально-измененных породах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Тремолит	Моноклинная, шестоватые, волокнистые агрегаты, иногда призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. Плоскораковистый (нефрит)	Бесцветный, белый, светло-серый, светло-зеленый	5,5-6,0		В кислотах не раствор. От других амфиболов отличается оптически; от эпидота по спайнсти	Антофиллит, жедрит	Диопсид, форстерит, флогопит, скаполит, кварц, серпентин	Метаморфические и метасоматические породы, образовавшиеся по карбонатным и ультраосновным породам
Нозеан $Na_8[AlSiO_4]_6\times$ $\times(SO_4)$	Кубическая, зернистый	Несов. по {110}	Серый, синий, белый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля , добавление —осадок	Содалит, лазурит, гаюин	Санидин, слюда, титанит	В вулканических щелочных породах
* Содалит	Кубическая, Зернистые агрегаты, псевдоморфозы по нефелину, ромбододекаэдрические кристаллы	Ясная по Неровный	Синий, се-рый, зеленоватый, розовый (гакманит)	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. студенистого Спайность, окраска, ассоциация	Вишневит, лазурит, гаюин	Нефелин, канкринит, эгирин, микроклин, титанит, апатит	Щелочные породы и их пегматиты
* Лейцит	Тетрагональная, тетрагонтриоктаэдрические кристаллы, реже зернистые агрегаты	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый, серый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Анальцим	Ортоклаз, нефелин, санидин	Молодые щелочные эффузивные породы
* Нефелин $Na[AlSiO_4]$	Гексагональная, вкрапленники, зернистые массы; реже короткопризматические кристаллы	Несов. по Неровный	Желтый, красный, зеленый, бесцветный	5,5-6,0		Легко раствор. в кислотах с выд. геля SiO_2	Канкринит, кальсилит	Полевые шпаты, аннит, арфведсонит, эгирин, титанит, апатит	Щелочные магматические горные породы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Мариалит $Na_4[AlSi_3O_8]_3Cl$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по {110}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, желтоватый	5,5-6,0		В кислотах практически не раствор. Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мейонит, полевые шпаты	Диопсид, плагиоклаз, флогопит, апатит, волластонит	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
Мейонит $Ca_4[Al_2Si_2O_8]_3\times$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые, шестоватые и сливные агрегаты	Сов. по {100}, несов. по Неровный	Бесцветный, серый, фиолетовый (главколит), грязно-зеле-ный, бурый	5,5-6,0		Частично раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, спайность, ассоциация	Мариа-лит, по-левые шпаты	Флогопит, диопсид, апатит, кальцит, эпидот, гранат	Метаморфические и контактово-метасоматические м-ния
Амблигонит $LiAl(PO_4)F$	Триклинная, зернистый	Сов. по несов. по {110}. Неровный	Белый, кремово-белый, желтовато-белый	5,5-6,0		С трудом раствор. в кислотах. Окрашивает пламя в красный цвет	Монтебразит, сподумен	Сподумен, литиофиллит, апатит,лепидолит, петалит,поллуцит	В гранитных пегматитах богатых литием
Х Мелилит промежуточный член ряда окерманит-геленит)	Тетрагональная, призматический, зернистый	Сов. по {100}, несов. по Неровный	Белый, бледно-желтый, зеленовато-желтый, розовый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля	Хондродит, гумит	Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит	Щелочные ультраосновные породы, контакты основных пород и известняков
Х Клиногумит	Моноклинная, изометричный, зернистый	Несов. по {001}. Неровный, раковистый	Желтый, желтовато-серый, красно-коричневый	5,5-6,0		Раствор. в HCl с выд. геля	Хондродит, гумит	Форстерит, диопсид, шпинель, паргасит, флогопит, кальцит	Магнезиальные скарны, кальцефиры и пегматиты

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Диопсид	Моноклинная, зернистые, шестоватые и радиально-лучистые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} в двух направл. под угл 88˚, отдельность{100}. Неровный	Светло-зеленый, серо-фиолетовый, розовый, белый. Белая до бледно-зеленой	5,5-6,0		Слабо раствор. в HCl. Форма кристаллов и окраска	Геденбергит, гиперстен	Кальцит, флогопит, апатит, магнетит, клинохлор, шпинель	Породообразующий минерал магматических пород, их пегматитов, метаморфических пород, скарнов
* Опал	Аморфный; плотный, натечный	Аморфный; плотный, натечный	Отсутствует. Раковистый	5,5-6,5		Раствор. в HF. Форма выд. и условия нахождения	Аллофан	Магнезит, арагонит, нонтронит	Кора выветривания ультраосновных пород, в миндалинах эффузивов среднего и кислого состава
* Родонит	Триклинная, зернистые агрегаты, редко призматические кристаллы	Сов. по {100}, {010} и Неровный	Розовый, ярко-красный и коричнево-красный	5,5-6,5		Раствор. в HCl выд.порошковатогоSiO_2.Окраска,спайность, твер-до-ть и ассоциация	Родохрозит, пироксмангит	Тефроит, спессартин, пироксмангит, гиалофан, алабандин	Метаморфические горные породы и скарны
* Жедрит $(Mg,Fe^{+2})_5Al_2\times$ $\times[(Al,Si)_2\times$ $\times Si_6O_{22}](OH)_2$	Ромбическая, призматический, шестоватый, волокнистый	Сов. по {110}в двух напрвл. под углом 124°	Буровато-коричневый, зеленовато-коричневый, желтовато-серый	6,0		В кислотах не раствор.Окраска,наличие пертитовых вростков, спайность	Микроклин, плагиоклазы	Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, альмандин	Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах
* Ортоклаз	Моноклинная, призматические кристаллы зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом 90°. Неровный	Серый, желтоватый, красноватый; иризирует (лунный камень)	6,0		В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Микроклин, плагиоклазы	Кварц, слюды, силлиманит, ставролит, альмандин	Породообразующий в кислых и щелочных изверженных породах, их пегматитах и метаморфических породах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Микроклин	Триклинная, зернистые агрегаты и призматические кристаллы	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом Неровный	Серо-желтый, красный, зеленый (амазонит); иризирует (лунный камень)	6,0		В кислотах не раствор. Окраска, наличие пертитовых вростков, спайность	Ортоклаз, плагиоклазы	Ортоклаз, плагиоклазы	В кислых и щелочных изверженных породах и их пегматитах
Плагиоклазы: непрерывный ряд твердых растворов от * альбита до * анортита	Триклинная, призматические и пластинчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и {010} в двух направл. под углом Неровный	Бесцветный, белый, зеленоватый, серый	6,0		Богатые анортитовой молекулой раствор. в HCl с выд. геля Окраска, полисинтетическое двойникование Ассоциация	Ортоклаз, мейонит, мариалит	Кварц, слюды, микроклин, пироксены, амфиболы	Породообразующий в изверженных породах, их пегматитах, метаморфических породах, жилах альпийского типа
* Цоизит $Ca_2Al_3[SiO_4] \times \times [Si_2O_7]O(OH)$	Ромбическая, призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов. по{100} и несов. по Неровный	Белый, серый, зеленоватый, розовый (тулит), голубой (танзанит)	6,0		Раствор. в HCl после прокаливания с выд. геля SiO_2. Окраска	Клиноцоизит, эпидот	Альбит, эпидот, кальцит, серицит, кварц, рутил	Метаморфизованные основные породы и кварцевые жилы
* Энстатит	Ромбическая, Призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов.по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Белый, серый, желтоватый, зеленоватый, оливково-зеленый, бурый	6,0		В кислотах не раствор. Окраска, спайность, ассоциация	Диопсид, бронзит	Кианит, оливин, тальк, шпинель, флогопит, антофиллит	Породообразующий ультраосновных и основных магматических пород и кимберлитов

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Петалит	Моноклинная, призма-тический, зернистый, плотный	Сов. по {001}, несов, по{201}. Неровный	Бесцветный, белый, серый, розовый	6,0		В кислотах не раствор	Диопсид, бронзит	Лепидолит, сподумен, амблигонит, альбит, кварц, титанит	Литиевые пегматиты
* Кианит $Al_2[SiO_4]O$	Триклинная, радиально-лучистые, шестоватые агрегаты, призматичес-кие кристаллы	Сов. по {100}, ясная по {010}. Занозистый	Голубой, синий, серый, белый, зеленый, желтый	4,5-7,0		В кислотах не раствор. Окраска, форма выд., спайность	Силлима-нит	Кварц, мусковит, хлоритоид, ставролит, альбит	Породообразу-ющий в метаморфичес-ких породах и кварцевых жилах
* Пренит $Ca_2Al[AlSi_3O_{10}]\times\times(OH)_2$	Ромбическая, призматичес-кий, пластин-чатый, корки, радиально пластинча-тый	Сов. по {001}. Неровный	Зеленоватый, белый, серый, желтый	6,0-6,5		Медленно раствор. в HCl	Халцедон, цеолиты	Кварц, дио-псид, грос-суляр, цеоли-ты, халцедон, кальцит	В метаморфи-зованных ос-новных поро-дах и скарнах
Х Хондродит	Моноклин-ная, изомет-ричный, зернистый	Несов. по {001}. Раковистый	Медовый, желтый, коричневый	6,0-6,5		Раствор. в HCl с выд. геля	Гумит, клиногумит	Оливин, диопсид, шпинель, флогопит, магнетит	В магнезиаль-ных скарнах и кальцефирах
Х Гумит	Ромбическая, изометрич-ный, боченковидный	Несов. по Раковистый	Желтый до коричневого	6,0-6,5		Раствор. в HCl с выд. геля Распро-странен менее хондродита и клиногумита	Хондродит, клиногумит	Оливин, флогопит, тремолит, шпинель, апатит	В магнезиаль-ных скарнах, кальцефирах и бруситовых мраморах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Жадеит $NaAl[Si_2O_6]$	Моноклинная, плотный, спутанно-волокнистый, реже зернистый	Сов. по {110} в двух направл. под углом 88°. Неровный	Бесцветный, белый, зеленый, серый	6,0-6,5		В кислотах не раствор. Высокая прочность, форма выд., окраска	Нефрит, тремолит	Альбит, анальцим, натролит, тремолит, кварц, альмандин	В метаморфических и контактово-метасоматических м-ниях по гипербазитам
* Клиноцоизит	Моноклинная, призматические кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и несов. по Неровный	Бесцветный, светло-серый, желтый, серовато-зеленый	6,5		После прокаливания раствор. в HCl с выд. студенистого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Цоизит, эпидот	Альбит, кальцит, серицит, эпидот, пренит, титанит	Метаморфические основные породы и жилы альпийского типа
Х Поллуцит О	Кубическая, Зернистый	Отсутствует. Раковистый	Бесцветный, белый	6,5		С трудом раствор. в HCl с выд. порошковатого SiO_2. Форма выд. и условия нахождения	Кварц, чкаловит	Петалит, альбит, кварц, лепидолит, амблигонит	Литиевые пегматиты
# Диаспор	Ромбическая, призматческие кристаллы, пластинчатые и чешуйчатые агрегаты	Сов. по {010} в одном направл	Бесцветный, белый, желтовато-бурый, серый, розовый	6,5-7,0		В кислотах не раствор. Форма выд., спайность, ассоциация	Гиббсит	Пирофиллит, серицит, корунд, хлоритоид, зуниит, андалузит	Вторичные кварциты, метаморфические породы, жилы альпийского типа
* Везувиан $Ca_{10}Al_4(Mg,Fe)_2 \times \times [SiO_4][Si_2O_7] \times$	Тетрагональная, призматические кристаллы, зернистые и сливные агрега-ты	Несов. по{110} и Неровный, раковистый	Зеленый, желтый, бурый, серый, черно-бурый, фиолетовый	6,5		После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гранаты, эпидот	Диопсид, гроссуляр, волласто-нит, эпидот, монтичеллит, флогопит, геленит	Скарны, родингиты,метасоматические породы по ультрабазитам, пегматиты и карбонатные жилы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Эпидот $Ca_2(Al,Fe)_3 \times \times [SiO_4] \times [Si_2O_7]O(OH)$	Моноклинная, призматические и таблитчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Сов. по {001} и несов. по Неровный	Желтовато-зеленый, темно-зеленый (пушкинит), коричневый, черный	6,0-7,0		После прокаливания раствор. в HCl с выд. геля SiO_2. Окраска, спайность, ассоциация	Везувиан, гранаты	Альбит, гастингсит, андрадит, везувиан, скаполит	Метаморфические основные породы, скарны и жилы альпийского типа
* Силлиманит	Ромбическая, игольчатые кристаллы, волокнистые агрегаты (фибролит)	Сов. по Неровный, занозистый	Бесцветный, белый, серый, бурый, зеленоватый	6,5-7,5		В кислотах не раствор. Форма выд. и условия нахождения	Кианит, тремолит	Андалузит, диаспор, корунд, кварц, кианит, ставролит, плагиоклаз	Метаморфичес-кие породы, вторичные кварциты, пегматиты и жилы альпийского типа
* Форстерит $Mg_2[SiO_4]$	Ромбическая, призматические и таблитчатые кристаллы, зернистые агрегаты	Ясная по {100} и {010}. Неровный	Белый, желтоватый, зеленоватый, фиолетовый	6,5-7,0		Раствор. в HCl с выд. геля Форма выд., окраска, ассоциация	Апатит, пироксены, гумит	Диопсид, энстатит, хромит, магнетит, лабрадор, перовскит, флогопит, пироп	Ультраосновные породы, кимберлиты, базальты, магнезиальные скарны
* Ферроаксинит $Ca_2FeAl_2 \times \times [BSi_4O_{15}](OH)$	Триклинная, клиновидный, зернистый	Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный	Серо-фиолетовый, буро-фиолетовый	6,5-7,0		В кислотах не раствор.	Серендибит, данбурит	Кварц, хлорит, эпидот, титанит, адуляр, датолит	Жилы в основных породах, околоскарновая минерализация и жилы альпийского типа

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Х Манганак-синит $\times[Si_4O_{12}]$ (OH)	Триклинная, клиновидный, зернистый	Сов. по {100}, несов. по {001}, {110}. Неровный	Желтовато-бурый, зеленовато-бурый	6,5-7,0		В кислотах не раствор.	Тиценит	Кварц, барит, браунит, пиролюзит, бустамит, волластонит, гранат	Марганцевые метаморфические и скарновые м-ния
* Сподумен	Моноклинная, уплощенно-призматические кристаллы и зернистые агрегаты	Сов. по {110}в двух направл., отдельность по {100} и Раковистый	Белый, серый, розовый (кунцит), зеленый (гидденит), желтый	6,5-7,0		Слабо раствор. в HCl. Пламя окрашивает в алый цвет (Li). Форма выд., спайность, ассоциация	Микроклин, пироксены	Кварц, альбит, микроклин, лепидолит, эльбаит, поллуцит	Литиевые гранитные пегматиты
* Гроссуляр $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты	Отсутствует, иногда отдельность по {110}. Раковистый, неровный	Белый, желтый, зеленый (цаворит-Cr), розовато-красный (гессонит)	6,5-7,0		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска	Спессартин, везувиан	Диопсид, волластонит, титанит, датолит, везувиан, скаполит	Скарны, метаморфизованные известняки
* Андрадит	Кубическая, кристаллы простые формы {110} и {211}, зернистые до сливных агрегаты	Отсутствует. Раковистый, неровный	Желтовато-бурый, зеленый (деманоид), бурый до черного (шорломит)	6,5-7,5		После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля Форма кристаллов, твердость, окраска	Везувиан, гроссуляр	Диопсид, геденбергит, эпидот, везувиан, актинолит	Скарны, кремнистые известняки, гидротермальные жилы в гипербазитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Андалузит	Ромбическая, зернистые и шестоватые агрегаты, призматические кристаллы	Сов. по {110} по {100} до ясной. Неровный	Серый, желтый, бурый, розовый, красный, зеленый (виридин)	6,5-7,5		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, окраска	Кианит, кордиерит	Кордиерит, силлима-нит, став-ролит	Метаморфические породы, роговики, вторичные кварциты и жилы альпийского типа
* Халцедон (тонковолокнистая разновидность кварца)	Тонковолокнистые агрегаты, концентрически-полосчатый (агат), сталактиты	Отсутствует. Раковистый	Белый, се-рый, голубой, желтовато-красный (сердолик), зеленый (хризопраз)	6,5-7,0		Растворяется в Форма выд., окраска, излом	Люссатин, кварцин	Кварц, кальцит, цеолиты	Миндалины эффузивных пород, кора выветривания гипербазитов, гидротермальные жилы
* Кристобалит (высокотемпературный)	Тетрагональная; скрыто-кристаллический, натечный	Неровный, раковистый	Бесцветный, белый	6,5-7,0		Растворяется в Форма выд. и условия нахождения	Тридимит, кварц	Тридимит, кальцит, цеолиты, опал	Эффузивные породы и кора выветривания гипербазитов
Х Данбурит $Ca[B_2Si_2O_8]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Несов. по {001}. Раковистый	Бесцветный, желтый, розовый, бурый	7,0		В кислотах не раствор	Топаз, кварц	Волластонит, геденбергит, датолит, аксинит, кварц	Скарны и гипс-ангидритовые толщи
* Эльбаит $Na(Li,Al)_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}](BO_3)_3 \times \times (OH)_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по {1120} и {1011} Раковистый, неровный	Бесцветный (ахроит), красный, розовый (рубеллит), зеленый	7,0		В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость	Дравит, корунд, шпинель	Альбит, лепидолит, петалит, берилл	Гранитные пегматиты богатые литием

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Кварц	Тригональная, зернистые и шестоватые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по Раковистый	Бесцветный, белый, дымчатый, желтый, розо-вый, фиоле-товый, чер-ный	7,0		Раствор. в HF. Форма выд., твердость, окраска	Топаз, данбурит, нефелин, кордиерит	Полевые шпаты, слюды, сульфиды	Породообразующий в кислых изверженных породах, в пегматитовых, кварцевых жилах и жилах альпийского типа
Х Увит $CaMg_4Al_5 \times \times (BO_3)_3[Si_6O_{18}] \times \times (OH)_4$	Тригональная, призматический, игольчатый, волокнистый	Несов, по $\bar{2}0\}$ Раковистый	Голубовато-серый, синевато-черный	7,0		В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость	Кордиерит, сапфирин	Флогопит, плагиоклаз, ортоклаз	В известковых скарнах, апокарбонатных грейзенах, метаморфических породах
			4.3. Черта белая	**Тверд ость 7-9**					
*Дравит $NaMg_3Al_6 \times \times [Si_6O_{18}] \times \times (BO_3)_3 (OH)_4$	Тригональная, зернистые, шестоватые, волокнистые агрегаты и призматические кристаллы	Несов. по и	Бесцветный (ахроит), бурый, зеленовато-бурый, травянисто-зеленый, синий	7,0-7,5		В кислотах не раствор. Сечение кристаллов, окраска, твердость	Везувиан, ставролит	Касситерит, кварц, полевой шпат, флюорит, доломит	Метаморфизованные или скарнированные карбонатные породы, метасоматиты по основным и ультраосновным породам
* Пироп $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	Кубическая, округлые зерна	Отсутствует. Раковистый, неровный	Огненно-красный, кроваво-красный, рубиновый, розовый	7,0-7,5		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Альмандин, шпинель	Сапфирин, силлиманит, гиперстен, кордиерит	В эклогитах, кимберлитах, перидотитах и серпентинитах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
* Спессартин	Кубическая, кристаллы с простыми формами {110},{211}и зернистые агрегаты	Отсутствует. Раковистый, неровный	Оранжево-красный, розовый, желтый, красно-коричневый	7,0-7,5		После прокаливания разлагается в HCl с выд. геля Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Гроссуляр, гумит	Шерл, мусковит, кварц, трифилин, апатит, альбит, родонит, тефрои	Пегматитовые жилы, метаморфизованные марганцевые м-ния
* Альмандин	Кубическая, зернистые до сливных агрегаты, кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Красно-коричневый, темно-красный, фиолетово-красный	7,0-7,5		В кислотах не раствор. В п. п.тр. сплавляется в магнитный шарик. Форма кристаллов, окраска, ассоциация	Пироп	Силлиманит, кианит, ставролит, полевой шпат, биотит	Мусковитовые пегматиты, регионально метаморфизованные породы
Ставролит $FeAl_4[SiO_4]_2O_2\times$ $\times (OH)_2$	Ромбическая, призматические крсталлы, крестообразные двойники, зернистые агрегаты	Сов. по {010} и {100}. Неровный	Желтовато-коричневый до буровато-черного	7,0-7,5		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, твердость, ассоциация	Шерл, пироксены	Мусковит, кианит, силлиманит, альмандин, кварц, ильменит	Гнейсы и кристалличес-кие сланцы
* Циркон	Тетрагональная, призматические и дипирамидальные кристаллы, зерна, радиальнолучистые агрегаты	Несов. по {110} и Раковистый	Желтый (жаргон), желто-бурый, красный (гиацинт), красно-коричневый	7,0-7,5		Слабо разлагается в конц. H_2SO_4. Преимущественно в кристаллах, люминесцирует в УФ-лучах, иногда радиоактивен	Кассите-рит, рутил	Полевые шпаты, ильменит, титанит, алланит, магнетит, монацит	Акцессорный минерал кислых и щелочных изверженных пород и их пегматитов, в гнейсах и кристаллических сланцах

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Борацит $Mg_3[B_7O_{13}]Cl$	Ромбическая, призматический, зернистый	Раковистый	Бесцветный, белый, сероватый, желтоватый, зеленоватый	7,0-7,5		Медленно расвор. в HCl		Доломит, гипс, ангидрит, галит, сильвин, ашарит	В соляных минях
* Кордиерит $(Mg,Fe)_2Al_3 \times$ $\times[AlSi_5O_{18}]$	Ромбическая, призматический, зернистый	Средняя по {010} и {100}, отдельность по {001}. Раковистый	Синий, фиолетовый, дымчато-синий, бурый	7,0-7,5		Частично раствор. при кипячении в	Кварц, сапфир, осумилит	Кварц, биотит, полевой шпат, силлиманит, андалузит, корунд	В метаморфических породах, кислых изверженных породах и их пегматитах
* Уваровит	Кубическая; зернистые агрегаты и кристаллы с простыми формами {110} и {211}	Отсутствует. Раковистый, неровный	Изумрудно-зеленый до темно-зеленого	7,5		В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, ассоциация	Демантоид, цаворит	Хромит, хромовые хлориты, хромвезувиан, хромтитанит	Ультраосновные породы и залежи хромита
* Берилл $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$	Гексагональная, зернис-тые агрега-ты, призматические кристаллы	Несов. по {0001} и Раковистый	Бесцветный, белый (гошенит), желтый (гелиодор), голубой (аквамарин), зеленый (изумруд), розовый (воробьевит)	7,5-8,0		В кислотах не раствор. Твердость, форма кристаллов, ассоциация	Апатит, фенакит, топаз	Морион, микроклин, биотит, шерл, сподумен, колумбит, флогопит	Пегматиты, грейзены, высокотемпературные кварцевые жилы, контактово-метасоматические породы
* Фенакит $Be_2[SiO_4]$	Тригональная, чечевицеобразный, призматический, зернистый	Несов. по	Бесцветный, желтоватый, розовый, коричневый	7,5-8,0		В кислотах не раствор	Кварц, топаз	Морион, альбит, топаз, берилл, флогопит, шерл, гранат	Пегматиты, слюдиты контактового типа, гидротермальные жилы

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
*Топаз $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$	Ромбическая, зернистые агрегаты, призматичес-кие кристаллы	Сов. по Раковистый, неровный	Бесцветный, желтый, голубой, фиолетово-голубой, розовый	8,0		В кислотах не раствор. Форма кристаллов, спайность, плотность	Кварц, фенакит	Кварц, берилл, флюорит, полевые шпаты, турмалин	Гранитные пегматиты и грейзены, реже вторичные кварциты и кварцевые жилы
* Шпинель	Кубическая, октаэдричес-кие кристаллы, зернистые агрегаты	Раковистый, неровный	Бесцветный, красный, зеленый, синий, черный	8,0		С трудом раствор. в конц. H_2SO_4. Форма крис-таллов, твердость, ассоциация	Гранат, корунд	Форстерит, диопсид, кальцит, флогопит, гумит, паргасит, андрадит	Магнезиальные скарны, роговики, гнейсы, акцессорный в основных и кислых породах
* Хризоберилл	Ромбическая, зернистые агрегаты, пластинчатые и дипирамидаль-ные кристаллы, тройники	Сов. по {011}, несов. по {010}. Раковистый, неровный	Желтый, зеленовато-желтый, зеленый (александрит), бесцветный	8,0		В кислотах не раствор. Окраска, форма кристаллов, твердость	Берилл	Берилл, фенакит, флюорит, апатит, турмалин, гранат	Пегматиты и скарны
* Корунд	Тригональная, зернистые агрегаты (наждаки), таблитчатые и дипирамидаль-ные кристал-лы	Отдельность по {0001} и Раковистый, неровный	Серый, синий (сапфир), красный (рубин), бесцветный, желтый, зеленый	9,0		В кислотах не раствор. Твердость, окраска, ассоциация	Шпинель	Полевой шпат, биотит, гранат, маргарит, диаспор, андалузит	Сиениты, пегматиты, плагиоклазиты, гнейсы и высокоглино-земистые метаморфиты (наждаки)

Указатель минералов

стр.

гальматолит 94

р 140

ит 24
квамарин 158
тинолит. 88
абандин 50
Александрит 160
Алланит –Ce. 88

ит 118
ит 142
Альмандин 156
азонит 142
Амблигонит 138
т 112
альцим 130

идрит 116
езит 114
далузит 152
радит 150
рит 118
набергит 76

ртит 142
нтимонит 22
Антофиллит 134
агонит 118
Арфедсонит 86
рсенолит 62
Арсенопирит 32

стр.
Астрофиллит 76
акамит 78
Аурипигмент 62
роит 152
ас 72
т 116
астнезит 124
ейделлит 96
ит 118
рилл 158
тит 82
рюза 134
ишофит 96
рацит 158
нит 38

Брошантит 78
ит 70
нкит 66
сит 106
Буланжерит 26

юргерит 94
авеллит 120
анадинит 66
арисцит 124
виан 146
рмикулит 82
нит . 74
лемит 134
ллиомит 112
дин 152

лластонит 126

утин 22
ит 116
невит 130
т 64
робьевит 158
ьфенит 64
т 26

луазит 104
аллотрихит 98
тингсит 84
сманит 52

денбергит 90
лит 52
ландит 120
ит 138
одор 158
т 54
Гемиморфит 128
сдорфит 32
нит 150

нт 72
ит 106
енит 150
Гидраргиллит 106
Гидроборацит 110
Гидроксантофллит 126
стен 84

колит 138
конит 76
кофан 90

рная кожа 104

нит 158
арит 102

лит 82
суляр 150
ерит 86
мундит 34

ерит 52
бурит 152
ит 130
мантоид 150
Деревянистое олово 72
н 120
емсонит 26
г 88
ор 146
опсид 88, 140
з 80
мит 118

еит 90, 146
т 140

Изоферроплатина 30
руд 158
т 86
енит 44
т 112
й 36
мин 128
льцит 114
Канкринит 130
Карбонадо 72
Каолинит 104
Карбонат-фторапатит 128

Карналлит 106
арнотит 64
сситерит 72

Кеммеририт 1 08
ит 144
ерит 116
оварь 56
ейофан 66
Клиногумит 138
Клинопирротин 40
Клинохлор 108
Клиноцоизит 146
Клинтонит 130
обальтин 32
веллин 22
Колеманит 124
олофан 128
Кордиерит 158
унд 160
иолит 106
Криптомелан 46
Кристобалит 152
коит 58
Ксантофиллит 130
Ксенотим 126
еит 108
Кумингтонит 134
цит 150
ит 60
рит 80
Лампрофиллит 76
Лангбейнит 120
Лейхтенбергит 108
цит 136
ллингит 30
Лепидокрокит 60
долит 110
ит 108

гит 80
зит 124
ит 46

нит 50
Манганоаксинит 150
Манганоколумбит 54
Манганотанталит 50
арит 122
риалит 138
зит 42
атит 50

нит 138
лантерит 100
лилит 138
икроклин 142
ерит 38
етизит 68
абилит 98
либденит 20
цит 132
Монтмориллонит 100
ковит 110
ушкетовит 46
як 28
ран 44
олит 132
атырь 96
лит 106
елин 136
т 88
н 70
ин 42

Никельскуттерудит 34
Нозеан 136
ронит 98
Ньюберит 114

Ортоклаз 140
Осьмий 36
Палыгорскит 104
Парагонит 110
гасит 84
Пектолит 128
Пентландит 40
Перовскит 70
Петалит 144
Пираргирит 58
Пирит 42
Пиролюзит 34
Пироморфит 68
Пироп 154
Пирофанит 54
Пирофиллит 94
Пирохлор 68
Пирохроит 102
Пирротин 40
Плагиоклазы 142
Полигалит 112
Поллуцит 146
Пренит 144
Прустит 58
Псевдомалахит 80
Псиломелан 46
шкинит 148
Пьемонтит 80
аит 92
Раммельсбергит 32
Ратовкит 122
ьгар 56
Рибекит 84
Рихтерит 134
Родонит 140
Родохрозит 122
Романешит 46

Рубеллит 150

Самарскит 44
онит 98
фир 160
ссолин 94
Саффлорит 30
нчак 26
Селенит 100
лаит 128
Сенармонтит 62
Сепиолит 104
Сера 60
Сердолик 152
Серебро 24
Серицит 110
Сидерит 122
Силлиманит 148
вин 100
Скородит 120
куттерудит 34
Смитсонит 126

Содалит 136
Сперрилит 36
Спессартин 156
подумен 150
Ссайбелиит 114
авролит 156
н 28
ит 94

тильбит 120
доит 110
к 58
ьма 28
Сфалерит 50, 66
Сфен 132

нахит 40
Танзанит 142
Теллуровимутит 22
енардит 122
ннантит 28
Термонатрит 96
Тетрадимит 20
Тетраферроплатина 30
етраэдрит 28
фроит 88
анит 132

ианит 54
емолит 136
лит 40
ламенит 42
Тулит 142
мунит 62
ровит 158

ексит 108
анинит 44
ит 92
енакит 158
рберит 44
Ферримолибдит 60
Ферроаксинит 148
Ферроколумбит 48
Ферротанталит 48
логопит 104
люорит 122

Форстерит 148
Фторапатит 128
Фторапофиллит 126
сит 110
алцедон 152
Халькантит 108
алькозин 24
Халькопирит 38
Хлорапатит 124
лоритоид 92
Хондродит 144
Хризоберилл 160
ризопраз 152
изотил 106
мит 48
Цаворит 148
лестин 116
уссит 66
Циннвальдит 114
иркон 72, 156
зит 142
базит 126
мозит 82
лит 68

Шорломит 150
пинель 160
тольцит 64
вдиалит 132
ин 90
ьбаит 152
статит 142
дот 148
сомит 102
трин 74
нит 46
бсит 48
ит 66

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу
_____ С.А.Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.О.30 ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация :
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых
форма обучения: очная, заочная

Авторы: Кисин А.Ю., д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Огородников В.Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 12.10.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

Методические указания по дисциплине согласованы с выпускающей кафедрой ГПР МПИ

Заведующий кафедрой  В.А.Душин

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Геотектоника и геодинамика» обязательная самостоятельная работа студента осуществляется в следующих направлениях:

- ✓ выполнение домашних заданий;
  освоение материалов по отдельным темам, входящим в Рабочую программу дисциплины [5];
- ✓ подготовка к экзамену;
- ✓ изучение коллекций ископаемых остатков основных систематических групп.

Самостоятельная работа студентов направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала студентов и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации, анализе научных публикаций по результатам современных геодинамических исследований.

– исследовательской работе и участии в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

Данные методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при освоении отдельных тем дисциплины.

Методические указания к самостоятельной работе студента

В последующем разделе пособия приведена развернутая программа дисциплины «Геотектоника и геодинамика». Здесь указаны наименование и содержание лекционных тем в соответствии с Учебной программой курса [5]. Каждая тема является основой вопросов в экзаменационном билете. При чтении лекций по курсу преподаватель указывает те темы дисциплины, которые выносятся на самостоятельную проработку студентами. Основной объем информации по каждой теме содержится в учебниках по курсу [1, 2]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [3, 4]. Для самоконтроля и приобретения навыков решения задач по отдельным разделам дисциплины в последнем разделе приведены контрольные вопросы и упражнения, которые являются основой подготовки к экзамену.

При освоении указанных ниже тем рекомендуется следующий порядок самостоятельной работы студента.

1. Ознакомьтесь со структурой темы.
2. По учебникам [1, 2] освойте каждый структурный элемент темы. Во всех темах указаны разделы и страницы учебника, содержащие данный материал.
3. При необходимости используйте указанную дополнительную литературу. Консультацию по использованию дополнительной литературы Вы можете получить у преподавателя.
4. Ответьте на контрольные вопросы и выполните рекомендованные упражнения. При затруднениях в ответах на вопросы вернитесь к изучению рекомендованной литературы.
5. Законспектируйте материал. При этом конспект может быть написан в виде ответов на контрольные вопросы и упражнения.

При самостоятельной работе над указанными темами рекомендуется вести записи в конспектах, формируемых на лекционных занятиях по курсу, и в том порядке, в котором данные темы следуют по учебной программе.

Данное учебно-методическое пособие может быть использовано при подготовке ответов на вопросы во время экзамена.

Содержание курса

Тема 1. Предмет, объект и структура геотектоники. Основные геотектонические гипотезы. [1, 2]

Предмет изучения и значение геологии для науки и практики. Мировоззренческая роль геологии. Место курса геологии в подготовке специалиста. Планеты Солнечной системы. Физические свойства Земли. Модели Земли. Химический состав земной коры. Минералы и горные породы. Земная кора: мощность, типы, строение и состав. Современные методы исследования земной коры.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Опишите строение земной коры. Каковы ее мощность, строение и состав?
2. Какие современные методы исследования земной коры Вы знаете?

Тема 2.Тектонические движения и методы их изучения. [1, 2]

Общие сведения о геологических процессах. Тектонические движения: колебательные, дислокационные. Тектонические нарушения: складчатые, разрывные. Землетрясения. Методы изучения современных вертикальных тектонических движений: водомерный и метод повторного нивелирования. Методы изучения горизонтальных современных тектонических движений: метод повторной триангуляции, лазерный метод и метод дифференциальной интерферометрии. Методы изучения вертикальных палеотектонических движений: метод фаций, метод мощностей, метод формаций, объемный метод, метод стратиграфических несогласий, метод сравнительной тектоники. Методы изучения горизонтальных палеотектонических движений: метод наилучшего совмещения контуров, палеомагнитный метод, палеоклиматический метод. Палинспастический метод и петроструктурный анализ.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие типы тектонических движений Вы знаете?
2. Методы изучения современных тектонических движений?
3. Какими методами изучают современные тектонические движения?
4. Какими методами изучают палеотектонические движения?

Тема 3. Геотектоническая таксономия. [1, 2]

Тектоносфера, астеносфера, Земная кора, океаническая кора, континентальная кора. Литосферные плиты. Дивергентные, конвергентные и трансформные границы. Срединные океанические хребты. Рифты, абиссальные равнины. Активные окраины континентов. Глубоководные желоба. Аккреционная призма. Вулканические островные дуги и их типы. Окраинное море. Пассивные окраины континентов. Шельф. Континентальный склон. Континентальное подножие. Платформы и их типы: протоплатформы, древние платформы, молодые платформы. Авлакогены. Синеклизы и антеклизы. Складчатые пояса (субдукционные и коллизионные). Развитие складчатых поясов. Структура складчатых поясов. Краевые прогибы (передовые прогибы). Террейны. Срединные массивы. Континентальные рифты. Тектономагматический цикл. Цикл Уилсона. Геодинамический цикл.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Назовите основные положения концепции тектоники литосферных плит.

2. Какие структурные элементы выделяют в этой концепции?

3. Что такое рифты, механизм и этапность их формирования.

4. Что такое «конвергентный» тип границ литосферных плит и какие геодинамические обстановки им соответствуют?

5. Перечислите современные литосферные плиты.

Тема 4: Геологические тела и структуры как критериальные признаки геотектонических обстановок. [1, 2]

Геотектонический парагенез. Складчатые структуры. Классификация складок. Разрывные структуры и их классификация. Вулканические структуры. Геологические формации. Типоморфные осадочные формации различных геотектонических структур. Типоморфные вулканические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные плутонические формации различных геотектонических обстановок. Типоморфные метаморфические формации различных геотектонических обстановок. Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие разрывные структуры Вы знаете? Какова их классификация?

2. Какие складчатые структуры Вы знаете? Какова их классификация?

3. Какие вулканические структуры Вы знаете? Какова их классификация?

Тема 5: Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы. Геотектоническое районирование. Геотектонические карты. [1, 2]

Геотектонические обстановки океанических рифтов. Геотектонические обстановки срединных океанических хребтов. Геотектонические обстановки абиссальных равнин. Геотектонические обстановки пул-апарт бассейнов. Геотектонические структуры зон перехода от океана к континенту. Геотектонические обстановки пассивных окраин. Геотектонические обстановки активных окраин континента. Геотектонические обстановки зон орогенеза складчатых поясов. Геотектонические обстановки зон внутриплитной активизации. Геотектоническая обстановка континентальных рифтов. Геотектонические обстановки формирования чехла платформ. Геотектонические карты

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Этапность развития океанических и срединно-океанических рифтов?

2. Этапность развития континентальных рифтовых зон?

3. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны пассивных окраин континента?

4. Какими геотектоническими обстановками характеризуются бассейны активных окраин континента?

5. Какими геотектоническими обстановками характеризуются зоны внутриплитной активизации?

Вопросы к экзамену по курсу «Геотектоника и геодинамика»

1. Геотектоника (определение). Цели и задачи дисциплины, основные разделы.

2. Прикладное (практическое) значение геотектоники.

3. Методы геотектоники, значение актуалистического подхода при геотектонических исследованиях.

4. Основные положения существовавшего ранее учения о геосинклиналях (строение и развитии геосинклинальных систем).

5. Современная интерпретация представлений о геосинклиналях с позиций мобилизма.

6. Идеи фиксизма и мобилизма.

7. Парадигма тектоники литосферных плит (основные положения).

8. Источники сведений о внутреннем строении Земли. Глубинное строение Земли (внутреннее и внешнее ядро, нижняя и верхняя мантия, переходные слои C и D).

9. Понятие о литосфере, астеносфере и тектоносфере.

10. Существующие типы земной коры, разделы Конрада и Мохоровичича их геологический и геофизический смысл.

11. Земная кора континентального типа: строение, состав, возраст.

12. Земная кора океанического типа: строение, состав, возраст.

13. Земная кора переходного типа - субокеаническая и субконтинентальная.

14. Явление изостазии.

15. Современные литосферные плиты (показать и перечислить). 19. Фиксация границ плит, типы их взаимоотношений друг с другом, соподчиненность с материками и океанами.

16. Прямые данные о взаимном перемещении литосферных плит в настоящее время.

17. Дивергентные типы границ плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).

18. Конвергентные типы границ литосферных плит и соответствующие им геодинамические обстановки (перечислить).

19. Процесс рифтогенеза. Возможные модели зарождения рифтовых структур. Континентальный рифтогенез. Этапность развития континентальных рифтовых зон. Океанический рифтогенез (спрединг) и формирование океанической коры. Глобальная рифтовая система Земли.

20. Срединно-океанические хребты (классификация, строение, характерные геологические формации). Окраинные (задуговые) морские бассейны (классификация, строение, характерные геологические образования). Субдукционные геодинамические обстановки (перечислить). Активные континентальные окраины островодужного типа (классификация, строение, характерные геологические образования). Активные континентальные окраины андского типа (строение, характерные геологические образования).

21. Коллизионные геодинамические обстановки. Орогенические пояса шотладского и скандинавского (гималайского) типов (классификация, строение, характерные геологические образования).

22. Процессы обдукции при замыкании океанических бассейнов. Представление об офиолитах.

23. Сдвиговые (трансформные) границы плит. Трансформные разломы океанов: характер перемещений, их структурное выражение и характерные геологические образования.

24. Внутриплитные геодинамические обстановки. Представления о тектонике плюмов, Представление о горячих точках и горячих полях. Характерные магматические образования горячих точек.

25. Континентальный рифтогенез. Главные элементы континентальных рифтовых систем. Континентальные рифты: главные структурные элементы, характерные геологические образования. Периокеанический рифтогенез. Пример - рифт Красного моря.

26. Геодинамические обстановки формирования обширных провинций внутриконтинентальных траппов.

27. Методы изучения современных тектонических движений и деформаций: вертикальные движения, горизонтальные движения.

28. Методы изучения движений и деформаций геологического прошлого: анализ фаций и мощностей, объемный метод, формационный анализ, анализ перерывов и несогласий.

29. Методы изучения современных движений и деформаций: Структурно- геоморфологические методы.

30. Современные представления о происхождении складчатых поясов с позиций тектоники литосферных плит. Области океанов: срединно-океанические хребты (типы, строение, характерные геологические формации), абиссальные равнины (строение, характерные геологические формации), микроконтиненты (строение, характерные геологические формации), глубоководные желоба (строение, характерные геологические формации).

31. Принципы тектонического районирования крупных территорий континентов по возрасту завершающей складчатости и по типам геодинамических обстановок (эндогенных режимов).

32. Понятие о структурных комплексах, этажах и ярусах земной коры.

33. Структурно-формационное районирование территорий. Выделение структурно-вещественных комплексов, отвечающих определенным геодинамическим обстановкам.

34. Складчатые дислокации, разломы и кольцевые структуры, их роль в строении и развитии земной коры. Современное понимание термина «глубинные разломы».

35. Основные принципы составления палеогеодинамических карт. Выделение геодинамических циклов, составление легенд.

36. Террейновый анализ.

37. Существующие представления о палеогеодинамическом развитии Восточной Сибири (принципы построения легенды к тектонической карте Восточной Сибири).

38. Представление о глобальных палеогеодинамических реконструкциях.

39. Источники энергии глубинных геологических процессов. Связь глубинных процессов и процессов, происходящих в земной коре и литосфере. Представление о циклах Уилсона.

Рекомендуемая литература

1 Бабенко В.В. Геотектоника, геодинамика и металлогения: учебник / В. В. Бабенко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2009. 734 с.

2 Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: Изд. КДУ, 2005.

3 Мохнач, М. Ф. Геология. Книга 2. Геодинамика: учебник / М. Ф. Мохнач, Т. И. Прокофьева ; под ред. А. Н. Павлов. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2011. — 280 c. — 978-5-86813-290-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/17904.html

4. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. - М.: Недра,1985.

5 Геотектоника и геодинамика: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология месторождений нефти и газа / А.Ю. Кисин. Екатеринбург: УГГУ, 2020. 9 с.

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



Е. С. КОНТАРЬ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Екатеринбург – 2018

УДК 55 (47+57):553
К 64

Рецензент – доктор геол.-минерал. наук, профессор Ю. А. Поленов (Урал. гос. горный ун-т).

Печатается по решению Учебно-методического совета
Уральского государственного горного университета.

Контарь Е. С.

К 64 РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ: учебное пособие / Е. С. Контарь; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2018. – 125 с.

ISBN 978-5-8019-0455-9

Изложены основные черты геологического строения, условия и закономерности размещения месторождений важнейших полезных ископаемых основных тектонических структур -- Восточно-Европейской и Сибирской древних платформ, Урало-Монгольского, Средиземноморского и Тихоокеанского складчатых поясов, расположенных на территории Российской Федерации и частично сопредельных регионов.

Настоящее учебное пособие предназначено для студентов специальности «Прикладная геология», включая специализации: «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых» (РМ), «Геология месторождений нефти и газа» (ГН), «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» (ГИГ), «Прикладная геохимия, петрология, минералогия» (МПГ).

УДК 55 (47+57):553

ISBN 978-5-8019-0455-9

© Контарь Е. С., 2018
© Уральский государственный горный университет, 2018

1. ПРЕДМЕТ, ОБЪЕКТЫ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ С ДРУГИМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАБОТ

Региональная геология – это синтетическое направление в общем комплексе геологических дисциплин, которое занимается обобщением материалов по геологическому строению, истории геологического развития, закономерностям размещения месторождений полезных ископаемых отдельных регионов, территорий, материков и др.

Изучить региональную геологию – это значит изучить геологическое строение региона в комплексе, т. е. его стратиграфию, магматизм, тектонические структуры, элементы глубинного строения, условия размещения месторождений полезных ископаемых. Поэтому региональная геология синтезирует сведения по стратиграфии, литологии, магматизму, геоморфологии, тектонике, геофизике, полезным ископаемым и металлогении геологических регионов.

Региональная геология является основой, на которую опирается прогнозная оценка территорий на различные виды полезных ископаемых, разрабатываются направления геологоразведочных работ различных этапов и стадий, интерпретируются геофизические материалы, оцениваются гидрогеологические и инженерно-геологические условия промышленного, гражданского и гидротехнического строительства.

Практические и теоретические положения региональной геологии базируются на анализе материалов геологического картирования, итоговым документом которого является **геологическая карта**.

Геологическая карта является синтезом данных о геологическом строении региона. Поэтому изучение региональной геологии невозможно без понимания геологической карты.

По масштабам геологические карты подразделяют:

- на обзорные – 1: 2 500 000 и мельче;
- мелкомасштабные (региональные) – 1:1 000 000 – 1:500 000;
- среднемасштабные – 1:200 000 – 1:100 000;
- крупномасштабные – 1:50 000 – 1:25 000;
- детальные – 1:10 000 и крупнее.

Объектами региональной геологии являются геологические регионы (Урал и др.), отдельные геологические структуры (Восточно-Европейская платформа и др.), административные территории (Свердловская область и др.), страна в целом (Российская Федерация), разноранговые горнорудные и нефтегазоносные территории (провинции, области, районы), номенклатурные листы международной разграфки.

Номенклатурный лист масштаба 1:1 000 000 – это территория, ограниченная 6° между меридианами и 4° между параллелями, и он обозначается, например Р-40 (56°-60° с. ш., 54°-60° в. д.)

Каждый номенклатурный лист масштаба 1:1 000 000 делится на 4 номенклатурных листа масштаба 1:500 000, которые обозначаются следующим образом: P-40-А, P-40-Б, P-40-В, P-40-Г.

Лист P-40

P-40-А	P-40-Б
P-40-В	P-40-Г

Каждый номенклатурный лист масштаба 1:1 000 000 делится на 36 листов масштаба 1:200 000. Такой лист ограничен 1^0 между меридианами и 40 минутами между параллелями. Он обозначается следующим образом: P-40-I, ..., P-40-XXXVI.

Лист P-40

P-40-I					P-40-VI
P-40-VII					
					P-40-XXXVI

Полистные геологические карты м-бов 1:1 000 000, 1:200 000 и 1:50 000 являются **Государственными**.

Государственная геологическая карта территории Российской Федерации является многоцелевой фундаментальной научной геологической основой природопользования, ориентированной на удовлетворение потребностей экономического и социального развития регионов и страны в целом. Она представляет собой основной источник информации для обоснования прогнозных ресурсов всех видов полезных ископаемых и решения крупных федеральных и региональных проблем развития минерально-сырьевой и топливно-энергетической базы, экологии и других аспектов хозяйственной деятельности и регулирования пользования недрами на суше и прилегающих акваториях.

Государственные геологические карты составляются по соответствующим методическим руководствам и другим нормативно-методическим документам.

К их числу относятся:

- Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:200 000 (второго издания), регламентирующее эти работы;
- Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации м-ба 1:1 000 000 (третьего поколения), регламентирующее единые

принципы составления, требования к организации, производству и содержанию комплектов карт;

- Стратиграфический кодекс России, регламентирующий принципы и правила выделения стратифицированных подразделений (серий, свит, подсвит, толщ, горизонтов);
- Петрографический кодекс России, регламентирующий принципы и правила выделения магматических комплексов, а также номенклатуру магматических пород;
- Металлогенический кодекс России, регламентирующий принципы и правила выделения и изучения минерагенических таксонов, устанавливает их классификацию, систематику, таксономию, терминологию и номенклатуру;
- Тектонический кодекс России, регламентирующий правила выделения и изучения тектонических подразделений (таксонов), устанавливает их классификацию, систематику, таксономию и номенклатуру.

Листы масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000 объединяются в серии листов.

Серия листов – это группа листов соответствующего масштаба, объединенных общностью геологического строения и закономерностей размещения месторождений полезных ископаемых.

На территории России выделено 96 серий листов Государственной геологической карты масштаба 1:200 000. Из этих 96 серий на Уральский регион приходится 6 серий – это Полярно-Уральская, Северо-Уральская, Средне-Уральская, Пермская, Южно-Уральская и Зауральская.

На территории России выделено 20 серий листов Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000, среди которых имеется, в частности, Уральская серия. Она охватывает следующие листы масштаба 1:1 000 000: Q-40, Q-41, P-40, P-41, O-40, O-41, N-40 и российские части листов N-41, M-40 и M-41 (большие части территорий листов N-41, M-40 и M-41 относятся к Республике Казахстан). Геологосъемочные работы на этих территориях осуществляются в рамках Российско-Казахстанских межправительственных соглашений.

Для каждой серии листов разрабатывается *серийная легенда*, представляющая собой свод всех стратифицированных подразделений и магматических (преимущественно интрузивных) комплексов, расположенных в хронологической последовательности. В серийной легенде предусмотрено отображение *минерагенических особенностей* геологических таксонов.

Государственные геологические карты масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000 составляются в ходе регионального геологического изучения территории Российской Федерации.

Эти работы сосредоточены в Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации (МПР России).

В структуре МПР находятся: Федеральное агентство водных ресурсов, Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра), Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральная служба по надзору в сфере природопользования, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.

Все работы геологического направления, в том числе по региональному геологическому изучению, подведомственны Федеральному агентству по недрополь-

зованию (Роснедра). В его структуре находятся: Управление геологических основ, науки и информатики, Управление геологии нефти и газа, подземных вод и сооружений, Управление геологии твердых полезных ископаемых, Управление морских геологоразведочных работ. Все работы по региональному геологическому изучению находятся в ведении Управления геологических основ, науки и информатики.

Прием подготовленных Государственных геологических карт осуществляет Научно-редакционный совет по геологическому картированию (НРС).

Научно-редакционный совет по геологическому картированию территории Российской Федерации Федерального агентства по недропользованию (НРС Роснедра) является специализированным экспертным и редакционно-консультативным органом, обеспечивающим качество и унификацию геолого-картографической продукции и соответствующих нормативно-методических документов, создаваемых по заказам Федерального агентства по недропользованию.

Этот орган находится в С.-Петербурге, и он функционирует при Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. ак. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). В этом же институте издается журнал «Региональная геология и металлогения».

Курс «Региональная геология » предусматривает ознакомление с геологическим строением и закономерностями размещения месторождений полезных ископаемых материковой части территории Российской Федерации, занимающей площадь 17,12 млн кв. км на Евразийском континенте, что составляет 11,5 % площади суши Земли. На этой территории находятся все известные на Земле геологические структуры: древние и молодые платформы, разновозрастные складчатые системы, современные океанические структуры – островные дуги, глубоководные желоба, окраинные моря и др.

В результате прохождения этого курса студент должен научиться читать и понимать геологическую карту, карту полезных ископаемых, знать расположение основных тектонических структур и элементов их внутреннего строения, закономерности размещения в этих структурах месторождений полезных ископаемых.

2. ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Как уже отмечалось, территория Российской Федерации расположена в пределах материковой части Евразии.

Материки состоят из двух групп крупных структурных элементов: **платформ и складчатых областей (систем)**.

Платформами (кратонами) называются крупные устойчивые блоки континентальной земной коры, имеющие двухъярусное строение. Нижний ярус – это фундамент, верхний ярус – чехол. Платформы с архейским и/или раннепротерозойским фундаментом относятся к **древним платформам** (Восточно-Европейская, Сибирская, Китайско-Корейская, Австралийская и др.). Платформы с более молодым (палеозойским, мезозойским или кайнозойским) фундаментом относятся к **молодым платформам** (Западно-Сибирская, Скифская, Южно-Туранская).

Древние платформы представляют собой древнейшие ядра материков, которые в ходе дальнейшего геологического развития обрастали более молодыми складчатыми сооружениями, которые в ходе своего развития превратились в *молодые платформы*.

Основными структурными элементами платформ являются: щиты, массивы, плиты, синеклизы, антеклизы, авлакогены. В пределах синеклиз и антеклиз выделяются структуры более высоких порядков – валы, поднятия, прогибы, впадины и т. п.

Основные элементы строения платформы показаны на рис. 1.

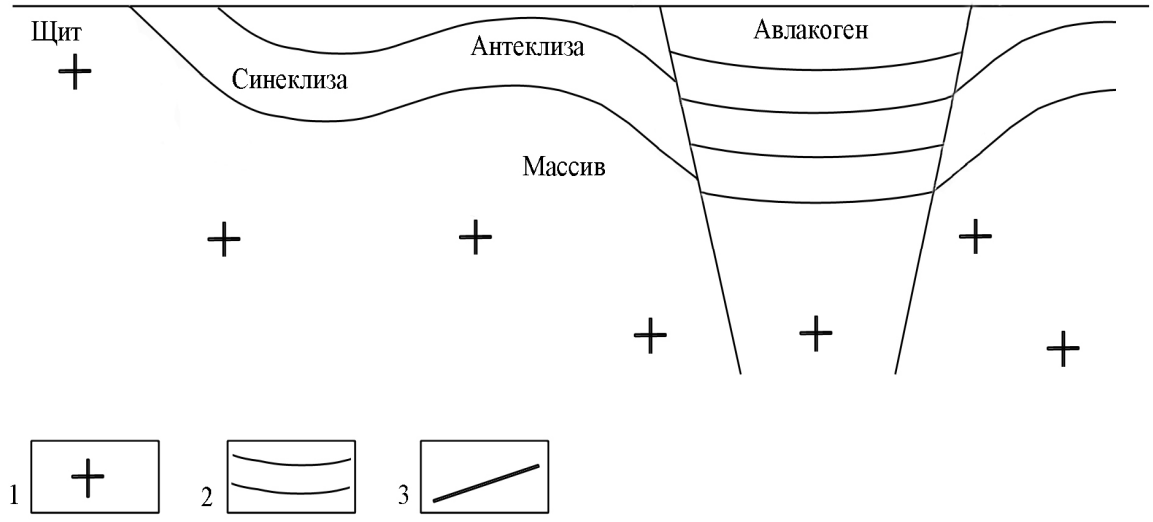


Рис.1. Основные структурные элементы платформ:

1 – кристаллический фундамент; *2* – чехол; *3* – разломы

Щиты – это поднятые блоки фундамента платформ, выходящие на поверхность (например, Балтийский щит, Украинский щит на Восточно-Европейской платформе, Алданский щит – на Сибирской платформе и др.).

Массивы – это небольшие выступы фундамента платформ, также выходящие на поверхность либо залегающие на относительно небольших (300-500 м) глубинах (Воронежский массив на Восточно-Европейской платформе).

Плиты – это участки земной коры в пределах платформы с погруженным фундаментом и развитием горизонтально залегающего или слабонарушенного платформенного чехла (Русская плита, Средне-Сибирская плита).

Синеклизы – это пологие отрицательные структуры платформенного чехла, характеризующиеся наклоном крыльев в первые градусы. Синеклизы обладают наиболее полным разрезом платформенного чехла, в них фундамент расположен на глубинах более 1,5-2 км. (Например, Прикаспийская синеклиза на Восточно-Европейской платформе, Тунгусская синеклиза на Сибирской платформе).

Антеклизы – это пологие положительные структуры платформенного чехла, также характеризующиеся наклоном крыльев в первые градусы. Антеклизы обладают сокращенным разрезом платформенного чехла, ибо фундамент в них приподнят. (Например, Волго-Уральская антеклиза на Восточно-Европейской платформе, Алданская антеклиза на Сибирской платформе).

Авлакогены – это крупные грабенообразные структуры, ограниченные разломами, в которых увеличена мощность платформенного чехла за счет погружения по разломам фундамента платформы (Днепровско-Донецкий авлакоген на Восточно-Европейской платформе).

Складчатые области (системы) – крупные высокоподвижные тектонические структуры земной коры очень сложного строения, образованные на месте геосинклинальных систем и состоящие из сопряженных антиклинориев и синклинориев, разделенных глубинными разломами и срединными массивами. Складчатые области (системы) ограничены платформами.

Складчатые системы в своем развитии переживают три основных этапа (стадии): **геосинклинальный, орогенный, платформенный**. В связи с этим они обладают трехъярусным строением.

Нижний структурный ярус представлен геосинклинальными комплексами, средний структурный ярус – это орогенные комплексы, верхний структурный ярус – это комплексы молодой платформы. Среди геосинклинальных комплексов в виде отдельных блоков располагаются структуры комплекса основания (**срединные массивы**).

Таким образом, большинство складчатых областей (систем) в ходе своего геологического развития потеряли свою подвижность и превратились в **молодые платформы**.

Возраст складчатых областей (систем) определяется по времени начала орогенного этапа, сменяющего геосинклинальное развитие (табл. 1). В зависимости от этого возраста складчатые системы подразделяют на байкальские (байкалиды), каледонские (каледониды), герцинские (герциниды), киммерийские (киммериды), альпийские (альпиды).

Таблица 1

Структурные комплексы разновозрастных складчатых систем

Структурные Комплексы	Возраст складчатых систем				
	байкалиды	каледониды	герциниды	киммериды	альпиды
Дейтероорогенный (тектоно-магматическая активизация)	J-K, N-Q	N-Q	N-Q	N-Q	
Платформенный	O-T	~~P~~-N	K-~~P~~		
Переходный	V-Є	D-C	T_2-J		
Орогенный	PR_2^3-V	O_2-S	C_2-T	J_3-K	N_2-Q
Геосинклинальный	PR_2^1-PR_2^2	V-O_1	O-D-C	T-J_2	~~P~~-N
Догеосинклинального основания	PR_1	PR_1-PR_2	$Є_1$	PZ_3	T-K
			PR_2	PZ_1-PZ_2	PZ
	AR	AR	AR- PR_1	PR_2-V	PR_2-V
				AR- PR_1	AR- PR_1

Примечания: 1. Полужирным шрифтом выделены обязательно присутствующие комплексы. 2. Слабыми линиями обозначены границы структурных этажей в комплексах основания.

Типовыми байкалидами являются Байкальская горная область, Саяно-Енисейская область, некоторые структуры Центрального Казахстана и др.

Типовыми каледонидами являются структуры Северной Скандинавии, Британии, Центрального Казахстана, Кузнецко-Витимская область и др.

Типовыми герцинидами являются некоторые структуры Центральной Европы, Урала, Монголо-Охотской складчатой области, Рудного Алтая и др.

Типовыми киммеридами являются структуры Северо-Востока России, Юго-Восточной Азии и др.

Типовыми альпидами являются некоторые структуры Средиземноморского и Тихоокеанского поясов и др.

Основными структурными формами складчатых областей (систем) являются:

- синклинории, антиклинории, офиолитовые зоны (выведенные на поверхность фрагменты древней океанической коры), зоны глубинных разломов, к которым приурочены продукты базит-гипербазитового магматизма, срединные массивы – в геосинклинальных структурах;
- горст-антиклинории, грабен-синклинории, межгорные и предгорные прогибы – в орогенных структурах;
- срединные массивы (блоки пород догеосинклинального основания).

Наряду с платформами и складчатыми системами выделяется еще один тип тектонических структур, к которым относятся **океанические окраины**. Они представлены системами современных островных дуг, сопряженных с ними глубоководных желобов и окраинных морей, которые рассматриваются как **современные геосинклинали** (структуры обрамления Тихого океана).

3. ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИМ РЕЖИМОВ И ИХ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Каждый тектонический комплекс формировался в условиях определенного тектонического (палеотектонического, геодинамического) режима, которому свойственны специфические признаки и особенности.

Под тектоническим (палеотектоническим, геодинамическим) режимом понимается вся совокупность геологических процессов, условий и обстановок, существовавших во время формирования данного комплекса.

Поскольку, как отмечалось выше, каждая складчатая система в своем развитии переживает три основных этапа (стадии): *геосинклинальный*, *орогенный*, *платформенный*, то им свойственны соответствующие тектонические режимы, которые обеспечивают накопление определенных тектонических (структурно-вещественных, формационных) комплексов.

Идентификация этих режимов определяется по типовым для каждого режима структурно-вещественным ассоциациям (формациям) горных пород, обладающим определенными признаками.

А. Признаки геосинклинальных комплексов и режимов.

1. Преимущественно морской глубоководный тип осадочных и вулканических пород.

2. Линейный характер структур.

3. Высокая степень дислоцированности и высокий уровень преимущественно зеленокаменного метаморфизма.

4. Резкие изменения состава и мощностей образований по латерали и вертикали.

5. Насыщенность разреза магматическими образованиями – как вулканическими, так и интрузивными.

6. Наличие систем разломов глубокого заложения, контролирующих размещение магматических образований.

7. Наличие специфических формаций вулканических, интрузивных и осадочных пород.

7.1. Вулканические формации: базальтовая (спилит-диабазовая), базальт-риолитовая, базальт-андезибазальтовая.

7.2. Интрузивные формации: дунит-гарцбургитовая альпинотипная, габбровая, габбро-плагиогранитная, габбро-диорит-гранодиоритовая (плагиогранодиоритовая).

7.3. Осадочные формации: кремнисто-сланцевая, углеродисто-сланцевая, фтанитовая (*фтаниты – это массивные или грубослоистые кремнистые породы*), яшмовая, синвулканических рифогенных известняков.

7.4. Формации базальтовая (спилит-диабазовая), габбровая, дунит-гарцбургитовая альпинотипная, кремнисто-сланцевая (в том числе, фтанитовая) образуют **офиолитовую ассоциацию**.

7.5. Следует обратить внимание на следующее обстоятельство. Каждая вулканическая формация имеет свой эквивалент в виде интрузивной формации. Базальтовой формации соответствует габбровая формация, базальт-риолитовой – габбро-плагиогранитная, базальт-андезибазальтовой – габбро-диорит-гранодиоритовая (плагиогранодиоритовая). Дунит-гарцбургитовая формация своих вулканических эквивалентов не имеет.

8. Специфические металлогенические особенности:

8.1. Месторождения хромитовых руд в альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации.

8.2. Месторождения колчеданного семейства в базальт-риолитовой формации.

8.3. Месторождения скарново-магнетитовых руд в области контактов вулканитов базальт-андезибазальтовой формации, рифогенных известняков и пород габбро-диорит-гранодиоритовой (плагиогранодиоритовой) формации.

8.4. Сложные полигенные месторождения золота.

8.5. Вулканогенно-осадочные месторождения марганцевых руд в связи с яшмовой или фтанитовой формациями.

8.6. Меднопорфировые месторождения в породах габбро-диорит-гранодиоритовой (плагиогранодиоритовой) формации.

В ходе своего развития геосинклиналь проходит следующие **три стадии: начальную, раннюю и позднюю**.

На **начальной (океанической) стадии** развития геосинклинали происходило растяжение предыдущей континентальной коры и образование океанического рифта. Этому рифту свойственна офиолитовая ассоциация. Базальты этой ассоциации

относятся к толеитовому ряду, обладают натровым типом щелочности, афировыми структурами и низким *эксплозивным индексом*. Для базальтов офиолитовых ассоциаций этот индекс равен 3-5 %, что свидетельствует о незначительном количестве туфового материала, ибо вулканизм происходил в подводных условиях при линейно-трещинном характере излияний.

[*Под эксплозивным индексом понимается выраженное в процентах отношение объема пирокластического материала к общему объему вулканического материала в составе формации*].

На **ранней (раннегеосинклинальной, раннеостроводужной) стадии** происходила смена растяжения сжатием, в ходе которой накапливались вулканиты базальт-риолитовой формации и формировались малоглубинные интрузии габбро-плагиогранитной формации. Базальты базальт-риолитовой формации по своим особенностям похожи на базальты офиолитов. Риолиты образуют системы экструзивных куполов и коротких лавовых потоков. Для них также характерны преимущественно афировые или мелкопорфировые структуры. Породы обладают натровым типом щелочности, относятся к толеитовом типу, однако уже имеют известково-щелочной тренд. Вулканизм также происходил в подводных морских условиях.

Поздней (позднегеосинклинальной, позднеостроводужной) стадии отвечает обстановка сжатия и накопление вулканитов базальт-андезибазаль-товой формации. Для этих вулканитов характерны крупнопорфировые, полифировые, серийно-порфировые структуры, высокий эксплозивный индекс (60-80 %), известково-щелочной тип и калинатровая щелочность. Вулканиты представлены преимущественно разнообломочными туфами порфировых базальтов и андезибазальтов – от бомбовых и глыбовых до ляпиллиевых и пепловых, в их разрезах присутствуют также лавы того же состава и субвулканические интрузии микродиоритов, габбродиоритов, порфировидных диоритов. Вулканиты тесно ассоциируют с вулканообломочными и осадочными породами – вулканомиктовыми песчаниками, конгломератами, гравелитами, рифогенными известняками. Вулканиты слагают системы протяженных на 300-600 км вулканогенных гряд. Учитывая тесный комплекс вулканических, вулкано-обломочных и карбонатных пород, эту формацию нередко называют *туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой*. Вулканизм происходил в условиях вулканических островов и островных вулканических гряд при чередовании подводного и наземного характера извержений, имевших преимущественно центральный тип.

В зависимости от состава слагающих образований выделяют следующие четыре типа геосинклиналей и геосинклинальных систем:

1. **Офиолитовые геосинклинали**, в которых развитие закончилось на формировании офиолитовой ассоциации. Примерами таких геосинклиналей являются о-в Кипр в Средиземном море, ряд структур Северной Турции (обе мезозой), палеозойские структуры Японии и др. Металлогения таких геосинклиналей определяется формированием *хромитовых месторождений* в альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации и *колчеданных месторождений кипрского типа* в базитах. Колчеданные месторождений этого типа характеризуются преимущественно медно-серным составом руд (содержащим небольшие количества никеля и кобальта).

2. **Первичные геосинклинали** (или геосинклинали полного цикла развития). Примерами первичных геосинклиналей являются Урал, Большой Кавказ, ряд структур Скандинавских каледонид, Аппалачей, восток Австралии (все палеозой) и

др. Строение и металлогения таких геосинклиналей охарактеризованы выше, при описании стадий их развития. Отметим только, что *колчеданные месторождения* обладают здесь медно-цинковым составом руд и относятся к *уральскому типу*.

3. **Вторичные геосинклинали** образованы на срединных массивах или на стабилизированных структурах предыдущего тектономагматического цикла развития. Они сложены преимущественно базальт-риолитовыми формациями с преобладающей ролью кислых вулканитов и подчиненным количеством основных. Примерами вторичных геосинклиналей являются Рудный Алтай, Центральный Казахстан, Тува, Иберийский пиритный пояс Испании, некоторые районы Средней Азии (все палеозой), Япония (неоген). Типовым элементом металлогении вторичных геосинклиналей являются *колчеданные месторождений рудноалтайского* (или *куроко*) *типа*. Они характеризуются преимущественно свинцово-цинковым составом руд (± барит) при подчиненной роли меди и повышенном содержании серебра.

4. **Терригенные (сланцевые) геосинклинали** образованы во фронтальных или фланговых частях первичных геосинклиналей либо имеют самостоятельной развитие. Они сложены преимущественно углеродистыми песчано-сланцевыми толщами, содержащими подчиненное количество вулканических пород базальтового либо дацит-андезитового состава. Примерами сланцевых геосинклиналей являются Передовой хребет Большого Кавказа, Куба (обе юра), Австралия, Енисейский кряж, Забайкалье (протерозой) и др. Типовым элементом металлогении терригенных геосинклиналей являются *колчеданные месторождения филизчайского типа* (по названию месторождения Филизчай в Передовом хребте Большого Кавказа), обладающие существенно свинцово-цинковыми (± барит) рудами, а также ряд *золото-сульфидных месторождений* (в так называемых черносланцевых толщах).

Б. Признаки орогенных комплексов и режимов.

1. Преимущественно континентальный тип осадочных и вулканогенных пород, накапливавшихся в наземных, озерных, лагунных обстановках, в условиях расчлененного горного рельефа.

2. Преимущественно брахиформный, глыбовый характер складчатых структур.

3. Резкие изменения фаций и мощностей пород по латерали и вертикали.

4. Молассовый тип осадочных формаций. [*Молассой называется комплекс преимущественно грубообломочных пород, выполняющих краевые и межгорные прогибы, формирующиеся в орогенную стадию развития складчатых систем. Преимущественный состав молассы – это красноцветные и сероцветные конгломераты, песчаники, алевролиты, иногда мергели, угленосные отложения и эвапориты*].

5. Преимущественно риолитовый, риодацитовый, дацитовый состав вулканических формаций при подчиненной роли базальтов.

6. Преимущественно гранитоидный состав интрузивных формаций. Гранитоиды формируют крупные батолитовые массивы.

7. Основные металлогенические особенности определяются преимущественно кислым составом вулканических и интрузивных пород. С ними связаны гидротермальные вулканогенные и плутоногенные месторождения Mo, W, Be, As, Sb, U, Au, Ag, Sn.

Выделяются два типа орогенных комплексов – эпигеосинклинальные (первичные) и эпиплатформенные (вторичные). Первые из них – это типовые (классические) орогены, возникающие вслед за геосинклинальным развитием. К ним отно-

сятся структуры Центрального Казахстана и некоторых других регионов, о которых речь будет идти далее. Вторые – эпиплатформенные орогены – возникают в результате тектонической активизации консолидированных областей континентальной коры и являются по существу проявлением тектоно-магматической активизации (платформа активизированная).

В. Признаки платформенных комплексов и режимов.

1. Преимущественно мелководный морской, лагунный, наземный тип осадков.

2. Выдержанность на больших пространствах фациального состава и мощностей осадочных пород.

3. Низкий уровень метаморфизма.

4. Крупные структурные формы со слабым наклоном крыльев (синеклизы, антеклизы).

5. Наличие следующих индикаторных формаций горных пород:

5.1. Вулканогенные – трахибазальтовые, щелочно-оливин-базальтовые, щелочно-ультраосновные, трапповые, кимберлитовые.

5.2. Осадочные – карбонатные (в том числе известняковые и известняково-доломитовые, карбонатно-рифовые), писчего мела, кварц-глауконитовые, фосфатоносные, глинисто-опоковые, фалаховые (кварц-аркозовые), пестроцветные песчаниково-глинисто-карбонатные, терригенные угленосные, эвапоритовые.

5.3. Интрузивные – долеритовые и габбро-долеритовые (интрузивные траппы, в том числе дифференцированные), расслоенные пироксенит-пери-дотитовые и габбро-гранитные, нефелиновых сиенитов, габбро-сиенитовые; в том числе специфические формации фундаментов древних платформ – гранитов-рапакиви, лабрадоритовые, анортозитовые и т. п.

6. Основные черты металлогении:

6.1. В осадочных формациях – углеводородное сырье (нефть, природный газ), бурый и каменный уголь, горючие сланцы, фосфориты, бариты, медистые песчаники, осадочные железные и марганцевые руды, стратиформные свинцово-цинковые руды в карбонатных отложениях, соли.

6.2. В магматических (вулканических и интрузивных) формациях – медно-никелевые, тантал-ниобиевые, титаномагнетитовые, ильменит-титаномагнетитовые, апатит-нефелиновые руды, алмазы, исландский шпат.

6.3. Специфические комплексы фундаментов древних (AR-PR) платформ – железистые кварциты.

Принципиальная схема строения складчатой области показана на рис. 2.

Помимо охарактеризованных тектонических комплексов и соответствующих им режимов во многих структурах континентальной земной коры проявлялся еще один процесс – это **тектономагматическая активизация (ТМА)**. Это процесс возобновления тектонической и магматической активности устойчивых областей – платформ и/или стабилизированных складчатых структур и/или их частей. ТМА сопровождается, как правило, магматизмом кислого и щелочного состава. ТМА проявляется в двух видах – отраженная ТМА и автономная ТМА. Первая из них сопряжена с активной тектоно-магматической деятельностью (заложение и развитие подвижных областей) в соседних регионах (структурах). Вторая обусловлена проявлением глубинной тектонической активности и не выходит за пределы активизированного участка земной коры. Наиболее значимыми полезными ископаемыми, связанными с процессом ТМА, – месторождения молибдена, вольфрама, олова, тантала, ниобия, циркония, тория.

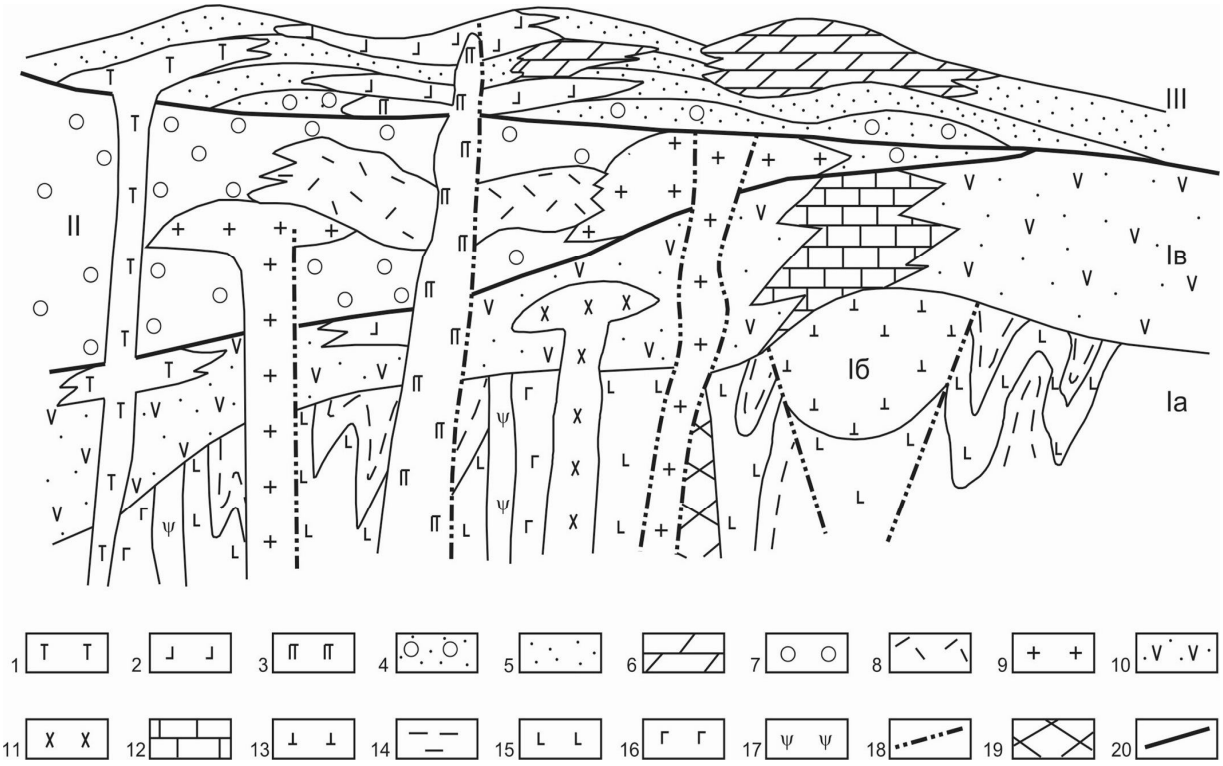


Рис. 2. Принципиальная схема строения складчатой области:

1 – трахибазальтовая формация; *2* – трапповая и щелочно-ультраосновная формации; *3* – габбро-долеритовая и кимберлитовая формации; *4* – фалаховая формация; *5* – терригенные (в том числе угленосные) формации; *6* – карбонатные (известняково-доломитовые) и терригенно-карбонатно-эвапоритовые формации; *7* – молассовая формация; *8* – риолитовая, дацит-риолитовая формации; *9* – группа гранитных формаций; *10* – базальт-андезибазальтовая формация; *11* – габбро-диорит-гранодиоритовая формация; *12* – формация синвулканических рифогенных известняков; *13* – базальт-риолитовая формация; *14–17* – офиолитовая ассоциация (*14* – кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы; *15* – афировые базальты, спилиты, вариолиты; *16* – габбровая формация; *17* – дунит-гарцбургитовая формация); *18* – главнейшие тектонические нарушения; *19* – срединный массив; *20* – границы структурно-тектонических комплексов: I – геосинклинальный (Iа – начально геосинклинальный или океанический, Iб – раннегеосинклинальный или раннеостроводужный, Iв – позднегеосинклинальный или позднеостроводужный); II – орогенный; III – платформенный

Таким образом, каждому палеотектоническому (геодинамическому) режиму свойственны специфические, только ему присущие формации вулканических, осадочных и интрузивных пород, которые, в свою очередь, определяют металлогенические особенности конкретного геологического региона.

Базируясь на этих признаках, можно обоснованно подойти к прогнозированию месторождений полезных ископаемых в конкретных геологических обстановках.

4. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

4.1. Тектоническое районирование

В соответствии с изложенными принципами на территории России выделены следующие главнейшие структуры (рис. 3).

1. Древние платформы – Восточно-Европейская (Русская) и Сибирская.

2. Складчатые пояса:

2.1. Урало-Монгольский складчатый пояс, разделяющий Восточно-Европейскую и Сибирскую платформы и обрамляющий ее с юга.

В состав этого пояса входят:

2.1.1. Уральская каледоно-герцинская складчатая область;

2.1.2. Западно-Сибирская молодая платформа;

2.1.3. Саяно-Енисейская область байкальской складчатости;

2.1.4. Кузнецко-Витимская область каледонской складчатости;

2.1.5. Байкальская горная область байкальской складчатости;

2.1.6. Монголо-Охотская область герцинской складчатости.

2.2. Средиземноморский пояс, в состав которого на территории России входят Большой Кавказ и Горный Крым – области альпийской складчатости.

2.3. Тихоокеанский пояс, обрамляющий с востока Сибирскую платформу.

В состав этого пояса входят:

2.3.1. Верхоянско-Чукотская область мезозойской складчатости;

2.3.2. Тайгоносско-Корякская область мезозойской складчатости;

2.3.3. Сихотэ-Алинская область мезозойской складчатости;

2.3.4. Олюторско-Камчатская область альпийской складчатости;

2.3.5. Хоккайдо-Сахалинская область альпийской складчатости;

2.3.6. Курильская (Курило-Камчатская) современная геосинклинальная область.

4.2. Гидрогеологическое районирование

Под **гидрогеологическим районированием** понимается деление территории на районы, различающиеся условиями формирования (питания, накопления, разгрузки), залегания, распространения или характером использования подземных вод.

Различают **общее** и **специальное** (применяемое для решения конкретных гидрогеологических задач, например, для водоснабжения населенных пунктов, изучения гидрогеологических условия месторождений и др.) гидрогеологическое районирование.

Основными единицами **общего** гидрогеологического районирования являются **артезианский бассейн** и **гидрогеологический массив**. Они выделяются на основе единства закономерностей формирования, распределения подземных вод, региональной направленности их стока и связей с геологическими структурами.

Артезианский бассейн приурочен к геологическим структурам, сложенным осадочными породами, **гидрогеологический массив** приурочен к структурам, сложенным магматическими и/или метаморфическими породами.

Системы артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов, связанные общностью формирования и распространения подземных вод, объединяются в **гидрогеологические области платформ** и **гидрогеологические области складчатых систем**. В их пределах выделяются гидрогеологические структуры более высоких порядков такие как, **гидрогеологические районы**. Их выделение обусловливается зависимостью от использования подземных вод (специальное гидрогеологическое районирование).

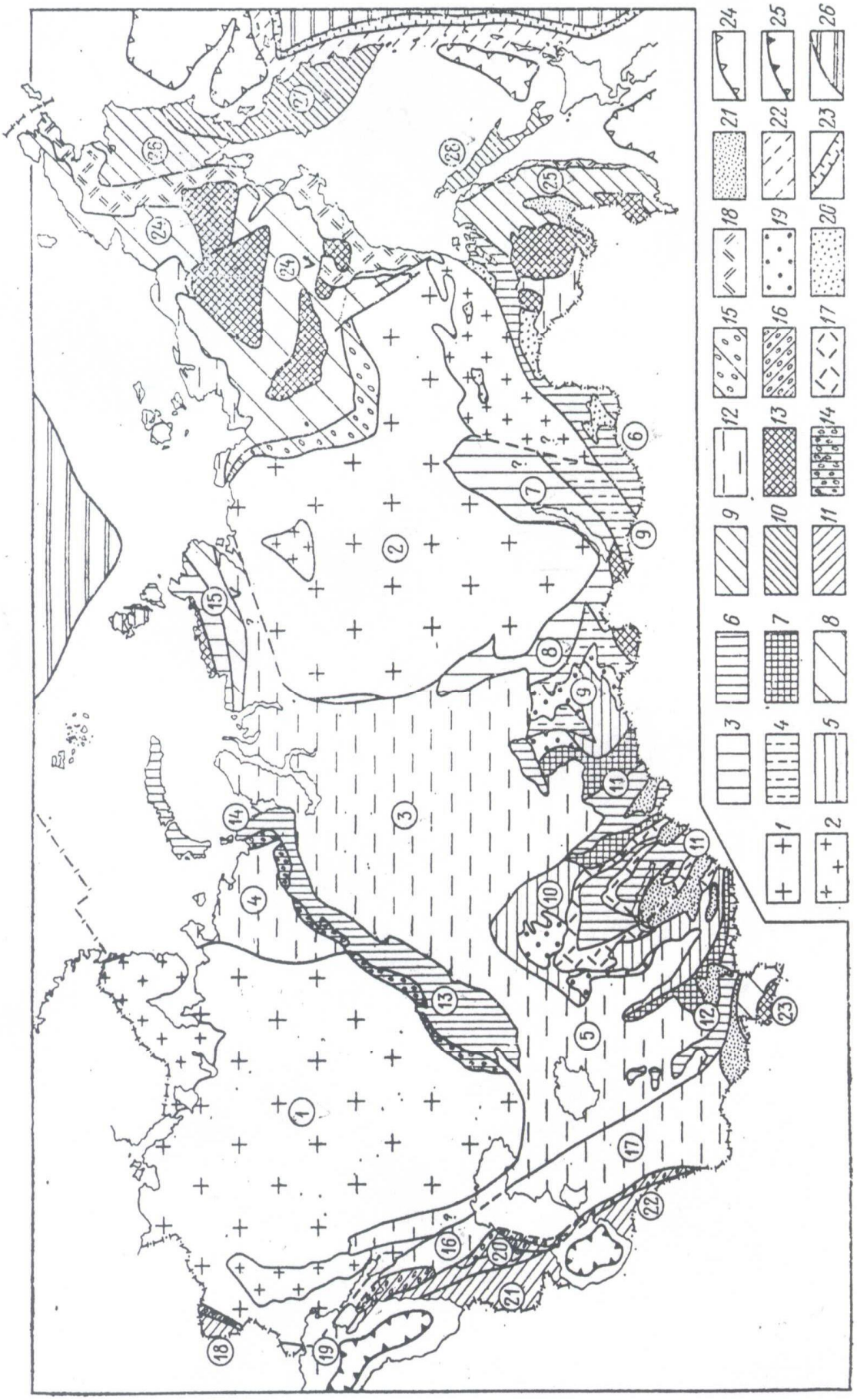
Соответствие гидрогеологического и тектонического районирования приведено в табл. 2.

Таблица 2

Соответствие гидрогеологического и тектонического районирования

Гидрогеологическое районирование	Тектоническое районирование
Гидрогеологические области платформ	**Платформы**
Восточно-Европейская	*Восточно-Европейская*
Западно-Сибирская	*Западно-Сибирская*
Восточно-Сибирская	*Сибирская*
Гидрогеологические области складчатых систем	**Складчатые области и системы**
Карпатско-Крымско-Кавказская	*Большой Кавказ, Горный Крым*
Тимано-Уральская	*Уральская*
Саяно-Алтайско-Енисейская	*Саяно-Енисейская и Кузнецко-Витимская*
Восточно-Сибирская	*Байкальская горная область*
Зейско-Буреинская	*Монголо-Охотская*
Сихотэ-Алинская	*Сихотэ-Алинская*
Верхоянско-Чукотская	*Верхоянско-Чукотская*
Корякско-Камчатско-Курильская	*Тайгоносско-Корякская, Олюторско-Камчатская, Курильская (Курило-Камчатская)*
Сахалинская	*Хоккайдо-Сахалинская*
Таймырская	Таймырская

Артезианский бассейн – это бассейн подземных вод, приуроченный к отрицательной геологической структуре (синеклиза, мульда, прогиб, межгорная впадина и т. п.), содержащий напорные пластовые воды. Состоит из осадочного водоносного чехла (главным образом, дочетвертичного возраста) и фундамента с трещинно-жильными водами. В осадочном чехле кроме напорных вод, служащих источником водоснабжения, развиты также безнапорные грунтовые воды. В артезианском бассейне выделяют области питания, напора и разгрузки подземных вод. Площади артезианских бассейнов составляют от нескольких десятков тысяч до нескольких миллионов кв. километров. Наиболее крупными артезианскими бассейнами России являются Западно-Сибирский (крупнейший в мире), Московский, Прикаспийский и др.



Гидрогеологический массив — это один из типов гидрогеологических структур континентов, характеризующийся развитием трещинных и трещинно-жильных вод в трещинных породах, представленных метаморфическими образованиями и различными по составу и возрасту интрузивными образованиями. (Например, гидрогеологический массив Балтийского щита). Существует несколько типов гидрогеологических массивов в зависимости от состава слагающих их пород: а) сложенные интрузивными породами; б) сложенные метаморфическими породами; в) сложенные вулканогенными, карбонатными или терригенными породами, образующими положительные формы рельефа при антиклинальной складчатости; г) сложенные вулканогенными, карбонатными или терригенными породами, образующими положительные формы рельефа при синклинальной складчатости.

Наряду с артезианскими бассейнами и гидрогеологическими массивами выделяются такие элементы гидрогеологического районирования, как **гидрогеологический бассейн**.

Гидрогеологический бассейн (бассейн подземных вод) – это элемент подземной гидросферы, выделенный по положению геолого-структурных границ различного типа и порядка, гидродинамических границ (водоразделов) потоков подземных вод на основе единства их формирования и распространения запасов (ресурсов).

Различают следующие типы гидрогеологических бассейнов: **бассейн грунтовых вод, бассейн трещинных вод, бассейн подземного стока**.

Рис. 3. Схема тектонического районирования России
и сопредельных государств в границах бывшего Советского Союза,
из (В. М. Цейслер. Основы региональной геологии СССР, 1984):

1-2 – древние платформы: *1* – плиты, *2* – щиты; *3-11* – геосинклинальные складчатые области и системы: *3* – байкальские, *4* – раннекаледонские, *5* – позднекаледонские, *6* – герцинские, *7* – каледоно-герцинские, *8* – мезозойские (киммерийские), *9* – позднемезозойские, *10-11* – кайнозойские (*10* – тихоокеанские, *11* – альпийские); *12* – плиты на молодых платформах; *13* – крупнейшие срединные массивы; *14-16* – краевые прогибы: *14* – позднепалеозойские, *15* – юрско-меловые, *16* – неоген-четвертичные; *17-18* – окраинные вулканно-плутонические пояса: *17* – средне- и позднепалеозойские, *18* – мел-палеогеновые; *19-21* – крупнейшие межгорные впадины: *19* – средне- и позднепалеозойские, *20* – юрско-меловые, *21* – неоген-четвертичные; *22* – современные геосинклинальные области (островные дуги); *23* – глубоководные желоба; *24* – котловины окраинных морей; *25* – котловины внутренних морей; *26* – впадины океанов. Главнейшие структурные элементы (цифры в кружках): *1 – Восточно-Европейская платформа*; *2 – Сибирская платформа*; *3-15 – Урало-Монгольский пояс*: 3-5 – плиты молодой платформы (3 – *Западно-Сибирская*, 4 – Тимано-Печорская, 5 – Северо-Туранская); 6-15 – складчатые области и системы (*6 – Монголо-Охотская*, *7 – Байкальская*, *8 – Саяно-Енисейская*, 9 – *Кузнецко-Витимская*, 10 – Казахстанско-Северо-Тянь-Шанская, 11 – Казахстанско-Алтайская, 12 – Тянь-Шанская, *13 – Уральская*, 14 – Пайхой-Новоземельская, 15 – Таймырско-Североземельская); *16-23 – Средиземноморский пояс*: 16-17 – плиты молодой платформы (16 – Скифская, 17 – Южно-Туранская); 18-23 – складчатые области и системы (18 – Восточно-Карпатская, *19 – Горный Крым*, *20 – Большой Кавказ*, 21 – Малый Кавказ, 22 – Копетдаг и Большой Балхан, 23 – Памир; *24-28 – Тихоокеанский пояс* (складчатые системы и области): *24 – Верхоянско-Чукотская*, *25 – Сихотэ-Алинская*, *26 – Тайгоносско-Корякская*, *27 – Олюторско-Камчатская, 28 – Хоккайдо-Сахалинская*.

Примечание: курсивом выделены названия структур, рассматриваемых в настоящем курсе.

Бассейн грунтовых вод – это система потоков грунтовых вод, выделенная по положению гидродинамических границ или границ распространения отложений определенного стратиграфо-литологического комплекса (например, бассейн грунтовых вод Кулундинской аллювиальной равнины).

Бассейн трещинных вод – это гидрогеологический массив трещинных, жильных и трещинно-жильных вод, выделенный по положению геолого-структурных границ, или часть массива, ограниченная по положению водоразделов потоков подземных вод (например, система бассейнов трещинных вод Балтийского кристаллического щита).

Бассейн подземного стока – это система потоков подземных вод (геогидродинамическая система, природная гидродинамическая система) с общим направлением движения подземных вод, определяемым положением основного базиса стока (дренированием), ограниченная в плане водоразделами стока одного порядка.

Таким образом, после ознакомления с основными понятиями и принципами геологического и гидрогеологического районирования территории, можно перейти к рассмотрению конкретных тектонических структур – платформ и складчатых областей.

5. ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ (РУССКАЯ) ПЛАТФОРМА (ВЕП)

5.1. Общая характеристика

Восточно-Европейская (Русская) платформа географически занимает территории Среднерусской и Среднеевропейской равнин, охватывая обширную территорию от Урала на востоке и почти до побережья Атлантического океана на западе. На этой территории расположены бассейны рек Волга, Дон, Днепр, Днестр, Неман, Печора, Висла, Одер, Рейн, Эльба, Дунай, Даугава и др.

На территории России ВЕП занимает Среднерусскую возвышенность, характеризующуюся преимущественно равнинным рельефом, с абсолютными отметками до 500 м. Только на Кольском полуострове и в Скандинавских горах проявлен горный рельеф с абсолютными отметками, превышающими 1 200 м.

Границами ВЕП являются: на востоке – Уральская складчатая область, на юге – структуры Средиземноморского складчатого пояса, на севере и северо-западе – структуры Скандинавских каледонид.

5.2. Основные структурные элементы

Как и любая платформа, ВЕП имеет двухъярусное строение.

Нижний ярус – это *архейско-раннепротерозойский фундамент*, верхний ярус – *рифейско-кайнозойский* чехол.

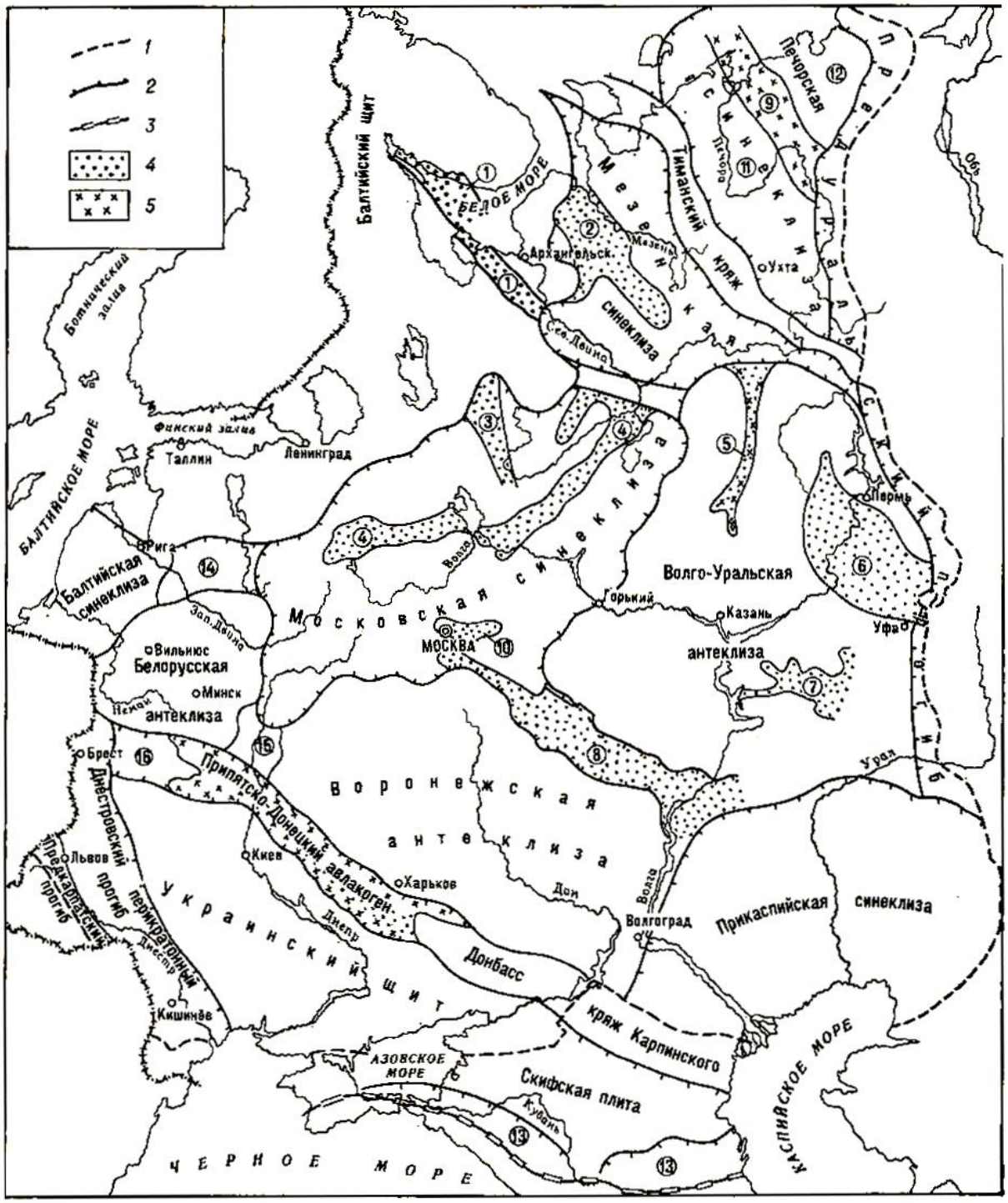


Рис. 4. Основные структуры Восточно-Европейской (Русской) платформы, по В. Д. Наливкину и В. П. Кирикову:

1 – граница платформы; *2* – границы основных структур; *3* – южная граница Скифской плиты; *4* – докембрийские авлакогены; *5* – палеозойские авлакогены.

Цифры в кружках обозначают названия структур, не подписанные на схеме:

1-9 – авлакогены (*1* – Беломорский, *2* – Лешуконский, *3* – Вожже-Лачский, *4* – Среднерусский, *5* – Кажимский, *6* – Калтасинский, *7* – Серноводско-Абдулинский, *8* – Пачелмский, *9* – Печоро-Колвинский); *10* – Московский грабен; *11* – Ижма-Печорская впадина; *12* – Хорейверская впадина; *13* – Предкавказский краевой прогиб; *14-16* – седловины (*14* – Латвийская, *15* – Жлобинская, *16* – Полесская)

Фундамент на ВЕП залегает на глубинах от 0 до (по геофизическим данным) 20 км.

Фундамент на поверхность выходит в двух регионах: 1) в Карелии и на Кольском полуострове, где он представлен **Балтийским щитом**, занимающим также территории Финляндии, Швеции и части Норвегии; 2) в центральной Украине, где он представлен **Украинским щитом**.

Область залегания фундамента на глубинах до 500 м в районе г. Воронежа называется **Воронежским кристаллическим массивом**.

Область распространения платформенного чехла рифейско-кайнозойс-кого возраста называется **Русской плитой**.

Основные структуры Восточно-Европейской платформы показаны на рис. 4.

Областям относительно глубокого (более 2 км) залегания фундамента отвечают пологие отрицательные структуры – **синеклизы**.

Главнейшими из них являются: 1) **Московская**, занимающая центральную часть плиты; 2) **Тимано-Печорская (Печорская)**, расположенная на северо-востоке плиты, между структурами Урала и Тиманским кряжем; 3) **Прикаспийская**, расположенная на юго-востоке плиты, занимающая междуречье Волги и Эмбы, на склонах Волго-Уральской и Воронежской антеклиз.

[*Некоторыми исследователями Тимано-Печорская синеклиза рассматривается в качестве плиты молодой платформы в составе Урало-Монгольского пояса* (*см. рис. 3*)].

Областям относительно приподнятого положения фундамента отвечают пологие положительные структуры – **антеклизы**.

Главнейшими из них являются: 1) **Воронежская**, расположенная над одноименным кристаллическим массивом; 2) **Волго-Уральская**, расположенная в восточной части плиты, ограниченная с востока структурами Урала, с севера Тиманским кряжем, с юга – Прикаспийской синеклизой, с юго-запада Воронежской антеклизой, с запада – Московской синеклизой.

В пределах синеклиз и антеклиз выделяются структуры более высоких порядков, такие как валы, своды, впадины и прогибы.

Тимано-Печорской, Прикаспийской синеклизам и Волго-Уральской антеклизе отвечают одноименные нефтегазоносные провинции.

Между Украинским щитом и Воронежским кристаллическим массивом (и одноименной антеклизой) расположен **Днепровско-Донецкий (Припятско-Донецкий) авлакоген –** это узкая структура грабенообразного погружения фундамента и увеличенной (до 10-12 км) мощности пород чехла, имеющая запад-северо-западное простирание.

5.3. Строение фундамента

Фундамент платформы образован *архейскими* и *раннепротерозойскими* комплексами глубокометаморфизованных пород. Их первичный состав не всегда расшифровывается однозначно. Возраст пород определяется по данным абсолютной геохронологии.

Балтийский щит. Занимает северо-западную часть платформы, и граничит со складчатыми структурами Скандинавских каледонид по разломам глубокого заложения, имеющим надвиговую природу. К югу и юго-востоку фундамент ступенчато погружается под рифейско-кайнозойский чехол Русской плиты.

Комплексы *раннего архея* (*кольская серия* AR_1) в разных блоках Балтийского щита представлены разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами, железистыми (магнетитовыми) кварцитами, амфиболитами, мраморами, мигматитами. Среди гнейсов выделяются следующие разновидности: амфиболовые, биотитовые, высокоглиноземистые (с кианитом, андалузитом, силлиманитом). Вероятным протолитом амфиболитов и амфиболовых гнейсов являются породы типа базитов (базальтоиды и габброиды), высокоглиноземистых гнейсов – осадочные породы типа глинистых осадков, магнетитовых кварцитов – железисто-кремнистые отложения (типа яшмоидов), мраморов – карбонатные отложения (известняки, доломиты). Мощность образований AR_1 не менее 10-12 км.

Образования *раннего архея* (AR_1) формируют структуры типа гнейсовых куполов, в центральных частях которых располагаются крупные массивы олигоклазовых и микроклиновых гранитов, с которыми связаны пегматитовые поля.

Комплексы *позднего архея* (AR_2) слагают узкие синклинорные зоны в образованиях AR_1. Они представлены высокоглиноземистыми гнейсами и сланцами, конгломератами, амфиболитами, карбонатными породами, магнетитсодержащими кварцитами. Мощность образований AR_2 не менее 5-6 км.

Образования *раннего протерозоя* (PR_1) мощностью не менее 10 км выполняют узкие грабен-синклинальные структуры, врезанные в архейский субстрат. Они представлены конгломератами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, метаморфизованными субщелочными базальтоидами, кварцитопесчаниками, гравелитами, местами доломитами, а также шунгитами (высокоуглеродистые метаморфизованные породы типа сланцев).

Образования PR_1 прорваны одновозрастными интрузиями габброноритов печенгского комплекса с медно-никелевым оруденением, щелочными ультраосновными породами с карбонатитами, содержащими апатит-магнетитовые руды с флогопитом, а также более молодыми (рифейскими) гранитами-рапакиви (Выборгский массив) и нефелиновыми сиенитами *средне-позднедевонского возраста*. Последние представлены расслоенными концентрически зональными массивами: Хибинским с месторождениями апатит-нефелиновых руд и Ловозерским с месторождениями тантало-ниобатов.

На Балтийском щите пробурена самая глубокая в мире **Кольская сверхглубокая скважина (СГ-3)** глубиной 12 262-м (проектная глубина скважины – 15 000 м). Скважина пробурена в северо-западной части Кольского полуострова, в 10 км южнее г. Заполярный (Мурманская область), вблизи российско-норвежской границы. Бурение скважины начато в 1970 г. и закончено в 1991 г.

Скважина бурилась по программе глубокого и сверхглубокого бурения, осуществляемого в СССР по решениям Правительства.

Целью бурения СГ-3 являлось изучение глубинного строения докембрийских структур Балтийского щита, типичных для фундаментов древних платформ, и оценка их рудоносности.

Задачами проходки скважины являлось:

1. Изучение глубинного строения протерозойского никеленосного печенгского комплекса и архейского кристаллического основания Балтийского щита, выяснение особенностей проявления на больших глубинах геологических процессов, включая процессы рудообразования.

2. Выяснение геологической природы сейсмических границ в континентальной земной коре и получение новых данных о тепловом режиме недр, глубинных водных растворах и газах.

3. Получение максимально полной информации о вещественном составе горных пород и их физическом состоянии, вскрытие и изучение пограничной зоны между «гранитным» и «базальтовым» слоями земной коры.

4. Усовершенствование имеющихся и создание новых технологий и технических средств для бурения и комплексных геофизических исследований сверхглубоких скважин.

Скважина бурилась с полным отбором керна, выход которого составил 3 591,9 м (29,3 %).

Основные результаты бурения следующие:

1. В интервале 0 – 6 842 м вскрыты метаморфические образования PR_1, их состав примерно тот же, который приводится выше. На глубинах 1 540-1 810 м вскрыты тела базитов с сульфидными медно-никелевыми рудами, что опровергло представление о выклинивании рудоносного печенгского комплекса и расширило перспективы Печенгского рудного поля (медно-никелевые руды).

2. В интервале 6 842 – 12 262 м вскрыты метаморфические образования AR, состав и строение которых примерно те же, о которых речь шла выше. На глубинах свыше 7 км в архейских гнейсах вскрыто несколько горизонтов магнетит-амфиболовых пород – аналогов железистых кварцитов Оленегорского и Костомукшского месторождений. На глубине около 8,7 км вскрыты габброиды с титаномагнетитовой минерализацией. В интервале 9,5 – 10,6 км в архейских образованиях установлен 800-метровый интервал с высокими (до 7,4 г/т) содержаниями золота, а также серебра, молибдена, висмута, мышьяка и некоторых других элементов. Эта минерализация предположительно связывается с процессами гидрогенно-геохимического разуплотнения архейских пород.

3. Предполагаемая на глубинах около 7,5 км геофизическая граница (поверхность) Конрада (граница «гранитного» и «базальтового» слоев) не подтвердилась. Сейсмическая граница на этих глубинах отвечает зоне разуплотнения пород в архейских образованиях и вблизи границы архей-нижний протерозой.

4. На всем протяжении разреза скважины установлены притоки воды и газов, содержащих гелий, водород, азот, метан, тяжелые углеводороды. Исследования изотопного состава углерода показали, что в архейских толщах газы имеют мантийную природу, протерозойских – биогенную. Последнее может свидетельствовать о возможном зарождении биологических процессов, приведших впоследствии к возникновению жизни на Земле, уже в раннем протерозое.

5. К числу принципиально новых относятся данные по изменениям температурного градиента. До глубины 3 000 м температурный градиент составляет 0,9-1°/100 м. Глубже этот градиент возрос до 2-2,5^o/100 м. В итоге на глубине 12 км температура составила 220° вместо ожидаемой 120-130°.

До недавнего времени Кольская скважина функционировала в режиме геолаборатории, являясь полигоном для испытания техники и технологии глубокого и сверхглубокого бурения и геофизического исследования скважин. В настоящее время ликвидирована.

Украинский щит. Представляет собой крупный выступ фундамента, имеющий форму неправильного овала. С севера он ограничен разломами, по которым

контактирует с Днепровско-Донецким авлагогеном, а в южном направлении погружается под отложения платформенного чехла.

В строении щита принимают участие метаморфические породы AR_1, AR_2 и PR_1.

Комплексы *раннего архея* (AR_1) представлены плагиогнейсами, биотит-плагиоклазовыми, амфибол-плагиоклазовыми, высокоглиноземистыми (силлиманитовыми и корундовыми) гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, мигматитами, кварцитами.

В строении комплексов *позднего архея* (AR_2) участвуют разнообразные гнейсы, амфиболиты, хлоритовые сланцы, железистые кварциты и роговики. Эти образования образуют узкие синклинорные зоны, врезанные в раннеархейский субстрат. Мощность образований AR не менее 5-7 км.

К образованиям *раннего протерозоя* (PR_1) относится *криворожская серия*, вмещающая железорудные месторождения формации железистых кварцитов Криворожского бассейна.

Эта серия обладает трехчленным строением. В ее нижней части залегают аркозовые метапесчаники, кварциты, филлиты. Средняя часть серии сложена в основном переслаивающимися джеспилитами, куммингтонитовыми, серицитовыми, хлоритовыми сланцами. В этой части серии расположены основные промышленные железорудные залежи Криворожского бассейна; количество рудных пластов в разных частях бассейна колеблется от 2 до 7. Верхняя часть серии сложена кварцитопесчаниками с осадочно-метаморфи-зованными железными рудами, кварцево-углеродистыми, слюдистыми, биотит-кварцевыми и двуслюдяными сланцами, карбонатными породами, метапесчаниками. Общая мощность образований криворожской серии не менее 5-5,5 км.

Среди комплексов AR и PR расположены крупные интрузивные массивы архейского и раннепротерозойского возраста: сложные многофазные плутоны (Уманский, Криворожский и др.), состав которых меняется от габбро- анортозитов, лабрадоритов до гранитов, гранитов-рапакиви (Коростеньский и др.), а также массивы нефелиновых сиенитов (Мариупольский) с тантало-ниобиевой минерализацией.

Воронежский кристаллический массив. Расположен на глубинах до 500 м. Изучен в связи с геологоразведочными и эксплуатационными работами на железные руды Курской магнитной аномалии (КМА).

Архейские (AR) образования представлены здесь разнообразными гнейсами, амфиболитами, железистыми роговиками, кристаллическими сланцами.

Образования *раннего протерозоя* (PR_1) выделены как *курская и оскольская серии***.** В составе *курской серии* представлены: в нижней части чередующиеся метапесчаники, кварциты, гравелиты, в верхней части – чередующиеся филлиты, двуслюдяные, биотитовые сланцы, горизонты железистых кварцитов, к которым приурочены месторождения КМА. Мощность образований курской серии не менее 1 км. Залегающая выше *оскольская серия* мощностью 3,5-4 км образована углеродистыми сланцами, метапесчаниками, метабазальтами.

Среди толщ AR и PR расположены массивы одновозрастных гранитов, габброноритов с медно-никелевым оруденением, граносиенитов.

5.4. Строение чехла

В строении чехла Русской плиты выделены 5 структурно-стратиграфи-ческих комплексов (снизу вверх): рифейский, венд-кембрийский, раннепалеозойский (ордовикско-раннедевонский), средне-позднепалеозойский (среднедевонско-пермский), мезозойско-кайнозойский (триас-кайнозойский).

Рифейский комплекс

Рифейские толщи распространены в центральных и окраинных частях платформы. Наиболее полные разрезы рифея расположены на Западном Урале, о которых речь будет идти при рассмотрении этого региона. Рифей центральной части платформы представлен всеми тремя отделами.

Ранний рифей (RF_1). В его нижней части залегают красноцветные кварцевые и кварц-полевошпатовые песчаники с горизонтами базальтов траппового типа. Вверх по разрезу они сменяются темными аргиллитами с прослоями мергелей, доломитов и алевролитов. Еще выше залегает мощная толща доломитов с прослоями аргиллитов. Мощность около 3,5 км.

Средний рифей (RF_2). Представлен преимущественно сероцветными песчаниками с прослоями доломитов и базальтов траппового типа общей мощностью около 2,5 км. В стратифицированном разрезе залегают пластовые тела долеритов, габбро-долеритов.

Поздний рифей (RF_3). В его основании залегают кварцевые и кварц-полевошпатовые песчаники, выше – красные аргиллиты и алевролиты с прослоями доломитов, еще выше – чередование аргиллитов, алевролитов, песчаников и доломитов; завершается разрез доломитами. Общая мощность около 2 км.

Венд-кембрийский комплекс

Венд (V). Представлен преимущественно терригенными и вулканогенными образованиями.

В нижней части располагаются преимущественно красноцветные песчаники, алевролиты, ленточные глины, тиллиты. [*Тиллиты – это метаморфизованные моренные отложения*]. Наличие тиллитов – наиболее характерный признак нижних частей разреза вендских отложений. Это, в свою очередь, свидетельствует о проявлении в вендское время интенсивного оледенения (Лапландское оледенение), которое по распространению и интенсивности сопоставимо с оледенением четвертичного времени.

Средняя часть венда представлена песчаниками, алевролитами с горизонтами базальтов, трахибазальтов и их туфов.

Верхняя часть разреза венда представлена пачками чередующихся песчаников, алевролитов, аргиллитов, в том числе красноцветными, содержащими желваковые фосфориты. Общая мощность вендских образований около 1,5 км.

Кембрий (Є). Отложения кембрия общей мощностью около 600-700 м распространены преимущественно в Прибалтике на южном склоне Балтийского щита. Они представлены терригенными отложениями, включающими глины, кварцевые песчаники с глауконитом и мелкими желваками фосфоритов.

Раннепалеозойский (ордовикско-раннедевонский комплекс)

Ордовик (O). Отложения ордовика общей мощностью не более 500 м распространены в основном в западных частях платформы.

Отложения O_1 – глауконитовые песчаники с обильными фосфатизированными раковинами брахиопод; местами они образуют раковинный конгломерат, в котором содержание P_2O_5 достигает 30 %, и они приобретают промышленное значение как фосфатное сырье. Верхняя часть разреза O_1 представлена известняками, доломитами, мергелями.

Отложения O_{2-3} образованы карбонатными отложениями (известняки, доломиты, мергели), среди которых залегают прослои и горизонты горючих сланцев (кукерситы) мощностью до 5 м, которые в Ленинградской области и Эстонии имеют промышленное значение и отрабатываются (Эстонский или Ленинградский сланцевый бассейн).

Силур (S). Отложения *раннего* и *позднего силура* обычной мощности не более 250 м (с локальными увеличениями до 900 м) представлены преимущественно карбонатными отложениями, формирующими крупные рифовые массивы. Среди карбонатных отложений превалируют органогенные известняки, присутствуют также доломиты и мергели. Местами в самых верхах разреза силурийских отложений присутствуют бентонитовые глины.

Ранний девон (D_1). Раннедевонские отложения общей мощностью до 1,6 км представлены чередующимися пачками песчаников, алевролитов, глинистых доломитизированных известняков, аргиллитов.

Средне-позднепалеозойский (среднедевонско-пермский) комплекс

Средний и поздний девон (D_2-D_3). Отложения D_2 и D_3 широко распространены на платформе. На поверхность они выходят в Прибалтике, где образуют Главное девонское поле, и в Воронежской антеклизе – Центральное девонское поле. На остальной части Русской плиты они вскрыты многочисленными скважинами, пробуренными в связи с проведением геологоразведочных работ на нефть и газ.

На Центральном девонском поле отложения D_2 в объеме *эйфельского* и *живетского* ярусов представлены пестроцветными песчаниками в нижней части разреза (так называемые «древние красные песчаники»), которые перекрываются пачками переслаивающихся мергелей, глин, доломитов, гипсов, песчаников.

Отложения D_3 (*франский и фаменский ярусы*) представлены известняками и доломитами с прослоями пестрых глин. Общая мощность отложений среднего и верхнего девона не превышает 150-200 м.

На Главном девонском поле отложения D_2 представлены преимущественно песчаниками с прослоями известняков и доломитов, а отложения D_3 имеют преимущественно карбонатный (известняково-доломитовый) состав. Общая мощность этих отложение не более 450 м.

В Днепровско-Донецком авлакогене *средне-позднедевонские* образования достигают мощности 3,3 км. Они представлены здесь сложным чередованием с фациальными замещениями песчаниками, алевролитами, аргиллитами, известняками, доломитами, ангидритами, гипсами, пластами каменной соли. В этом разрезе залегают пласты, покровы и потоки базальтов траппового типа, трахибазальтов и их туфов.

К *среднему-позднему девону* относится формирование массивов нефелиновых сиенитов (Хибинского и Ловозерского) на Балтийском щите.

К уровню D_3-C_1 относится внедрение кимберлитовых трубок южного берега Белого моря, относящихся к Архангельской алмазоносной провинции.

Карбон (С). Каменноугольные отложения широко распространены на платформе.

Можно выделить два типа разреза каменноугольных отложений: 1) терригенно-карбонатный (подмосковный) и 2) терригенный угленосный (донецкий).

Первый тип разреза относится к Московской синеклизе, второй – к Днепровско-Донецкому авлакогену.

Каменноугольные отложения Московской синеклизы устроены следующим образом.

Турнейский ярус C_1t представлен известняками, чередующимися с прослоями и пачками пестрых глин и известковых конгломератов.

Визейский ярус C_1v. В его нижней части залегают кварцевые пески, переслаивающиеся с огнеупорными глинами, обогащенными глиноземом, пластами бурых углей. Мощность угленосной толщи обычно составляет 20-30 м, местами увеличиваясь до 70 м. Угли имеют промышленное значение и разрабатываются шахтами в Тульской, Калужской и Московской областях. На северо-западе Московской синеклизы (Ленинградская область) на этом уровне расположено Тихвинское месторождение бокситов. Верхняя часть визейского яруса сложена светлыми песками с прослоями глин, содержащими редкие конкреции фосфоритов, маломощными (до 1 м) прослоями бурых углей и известняков. Завершается разрез визейского яруса известняками.

Серпуховской ярус C_1s представлен преимущественно известняками.

Общая мощность отложений *раннего карбона* около 300 м.

Средний карбон C_2. В его основании залегают красноцветные косослоистые пески, сменяющиеся вверх по разрезу известняками, доломитами, мергелями. Мощность 100-150 м.

Поздний карбон C_3 также образован известняками, доломитами, мергелями. Мощность около 150 м.

Принципиально иное строение имеют каменноугольные отложения Днепровско-Донецкого авлакогена. Они представлены исключительно терригенными угленосными отложениями общей мощностью 10-11 км. В разрезе выделяется 15 региональных свит, из которых 5 свит относятся к *раннему карбону* (C_1), 7 – к *среднему* (C_2) и 3 – к *позднему* (C_3). Эти отложения представлены сложно ритмично переслаивающимися песчаниками, аргиллитами, алевролитами, пластами и линзами каменных углей. Породы имеют, как правило, темно-серую или черную окраску. В этом разрезе присутствуют также маломощные (первые см, до 1 м) прослои известняков. Всего в разрезе Донбасса выделено около 300 угольных слоев и пропластков, из которых половина имеет промышленное значение. Обычные рабочие мощности угольных пластов составляют 1-1,2 м. Угли Донбасса высококачественные; сверху вниз они изменяются от газовых до антрацитов. Наиболее угленасыщенными являются свиты *верхней части среднего карбона и нижней части позднего карбона*.

Пермь (Р). Пермские отложения распространены преимущественно на восточной окраине платформы, в Предуралье, где они наиболее полно изучены.

Для пермских отложений также характерны два типа разреза, ареалы которых разделены Тиманским кряжем.

К северу от Тиманского кряжа *пермские отложения* существенно терригенные континентальные, угленосные. Мощность их колеблется от 1 до 7 км. К этим отложениям приурочен Печорский (Воркутинский) угольный бассейн. Угленосные толщи представлены сложным чередованием песчаников, аргиллитов, алевролитов, небольшим количеством известняков, пластов углей. В угленосной толще насчитывается до 150-250 угольных пластов и пропластков. Марочный состав углей колеблется от бурых до антрацитов. Обычные рабочие мощности пластов 1,5-3,5 м, иногда достигают 30 м. Наиболее угленасыщенными являются отложения *ранней перми и нижней части средней перми*.

К югу от Тиманского кряжа разрез пермских отложений более разнообразен и представляется следующим образом. В основании *раннепермских* (*ассельский, сакмарский, артинский ярусы*) отложений залегает толща пестроцветных конгломератов, песчаников, алевролитов, аргиллитов, известняков. Обломочный материал состоит из пород, слагающих горный Урал. Мощность этой толщи не менее 500-600 м.

Параллельно и несколько выше по разрезу (включая *верхи кунгурского яруса*) расположена мощная толща известняков, слагающих крупные карбонатные рифовые массивы (Дуванский, Юрюзанский, Ишимбаевский, Сылвенский и др.). Мощность известняков в рифовых массивах достигает 1 км.

Верхам *ранней перми* (в объеме *кунгурского яруса и соликамского горизонта уфимского яруса – нижнеуфимский подъярус*) отвечают пестроцветные эвапоритоносные отложения, представленные сложным чередованием песчаников, доломитов, известняков, мергелей, гипсов, ангидритов, калийных, магниевых и каменных солей. Все эти породы находятся в тесном переслаивании и фациальных взаимопереходах. Мощность этих отложений достигает 5 км. На этом возрастном уровне расположены Верхнекамский и Печорский соленосные бассейны.

Остальная часть *пермских* отложений, включая *шешминский горизонт* (*верхнеуфимский подъярус* P_1), *казанский ярус* P_2 и *татарский ярус* P_3, образована меденосными пестроцветными карбонатно-глинисто-песчаными толщами, представленными чередующимися песчаниками, мергелями, известняками, глинами, алевролитами, аргиллитами, конгломератами. В этой толще расположено большое количество мелких месторождений и проявлений медистых песчаников, на основе которых еще в XVII веке зарождалась медная промышленность Урала. Мощность меденосных отложений достигает 1 км.

Для всех отложений пермского возраста характерны мелководные прибрежно-морские, лагунные, дельтовые, прибрежно-континентальные условия накопления.

Мезозойско-кайнозойский (триас-кайнозойский) комплекс

Триас (Т). Триасовые отложения широко распространены на платформе и представлены всеми тремя отделами.

Ранне- и среднетриасовые отложения обладают определенной двойственностью своего положения. С одной стороны, они завершают предыдущий комплекс, а с другой – начинают мезозойско-кайнозойский комплекс. Некоторые исследователи ранне- и среднетриасовые отложения рассматривают в составе позднепалеозойского структурно-стратиграфического комплекса.

Отложения *раннего триаса* (T_1) представлены преимущественно континентальными отложениями, сложенными пестроцветными грубыми косослоистыми песчаниками с прослоями конгломератов, алевролитами, глинами, мергелями; в

глинах и алевролитах иногда отмечаются конкреции сидеритов. Мощность отложений T_1 в разных местах платформы колеблется от 200 до 850-900 м.

Отложения *среднего триаса* (T_2) также представлены континентальными пестроцветными песчано-глинистыми отложениями мощностью до 800 м.

Для *позднего триаса* (T_3) также характерны пестро- и сероцветные песчано-глинистые отложения, иногда содержащие прослои бурых углей мощностью до 1 000 м.

Преимущественно континентальный характер триасовых отложений отражает общую особенность развития Земли в это время, которая характеризовалась геократическим режимом.

Юра (J). Юрские отложения представлены всеми тремя отделами. Наиболее распространены отложения верхнего отдела, менее – среднего и совсем ограниченно – нижнего. Для юрских отложений характерны как морские, так и континентальные условия накопления.

Раннеюрские (J_1) отложения в своей нижней части сложены континентальными песчано-глинистыми толщами, а в верхней – морскими глинами, известняками, песчаниками, содержащими прослои оолитовых лептохлорит-гидрогетитовых железных руд. Мощность около 250 м.

Среднеюрские (J_2) отложения в центральных частях платформы являются преимущественно морскими, и они образованы песчаниками с прослоями известняков, глинами, содержащими многочисленную фауну аммонитов, которые наиболее распространены в районах Поволжья. Здесь мощность среднеюрских отложений не превышает 220-250 м. В западной части Прикаспийской синеклизы отложения этого времени являются преимущественно континентальными – это песчано-глинистые толщи с пластами бурого угля, иногда имеющего промышленное значение. Мощность этих отложений увеличена здесь до 500 м.

Позднеюрские (J_3) отложения обычной мощности до 300 м сложены преимущественно морскими глинами, содержащими прослои глауконитовых песков, желваки фосфоритов, конкреции марказита, а также горизонты горючих сланцев; последние в ряде районов имеют промышленное значение и разрабатываются.

Мел (K). Меловые отложения являются преимущественно морскими образованиями.

Раннемеловые (K_1) отложения представлены преимущественно песчано-глинистыми породами с глауконитом и желваками и пластами фосфоритов. Мощность отложений в различных частях платформы колеблется от 100-120 до 500 м.

Позднемеловые (K_2) отложения являются преимущественно карбонатными – это мергели, известняки, писчий мел. Среди карбонатных пород присутствуют горизонты глауконитовых песков, опок, трепела, кремнистых глин и фосфоритов. Мощность не более 500 м.

Палеоген (Р). Отложения палеогена распространены только в южной части платформы, в северном Причерноморье, где представлены как морскими, так и континентальными отложениями.

Образования *раннего палеогена* (*палеоцен* $Р_1$) образованы 80-метровой толщей песков с прослоями глин, опок, кремнистых глауконитовых песков.

Среднепалеогеновые (*эоцен* $Р_2$) отложения общей мощности до 100 м сложены в нижней и верхней частях морскими фациями, состоящими из глауконитовых песков, песчаников, глин, а в средней части – континентальными углефицированными кварцевыми песками с прослоями бурых углей. Глауконитовые и кварц-

глауконитовые пески содержат морские россыпи янтаря побережья Балтийского моря, перемываемые в четвертичное время.

Позднепалеогеновые (*олигоцен* P_3) отложения мощностью до 200 м представлены песчано-глинистыми толщами, содержащими промышленные залежи марганцевых руд (Южно-Украинский марганцевый бассейн).

Неоген (N). Неогеновые отложения также распространены преимущественно в южной части платформы.

Отложения *раннего неогена* (*миоцен* N_1) – устанавливается определенная последовательность в смене снизу вверх по разрезу континентальных отложений лагунными, а затем и морскими. В нижней части миоцена залегают континентальные угленосные терригенные отложения, в средней части находятся лагунные пестроцветные глины с пластами гипсов, а в верхней – известняки, образующие крупные рифовые массивы, а также тонко-мелкозер-нистые кварцевые пески. Общая мощность отложений миоцена приближается к 500 м.

Поздненеогеновые (*плиоцен* N_2) образования представлены преимущественно морскими песчано-глинистыми отложениями мощностью 200-400 м, содержащими пласты оолитовых осадочных железных руд (Керченский железорудный бассейн).

Четвертичные отложения (Q) распространены повсеместно и представлены разнообразными генетическими типами: ледниковыми, флювиогляциальными, аллювиальными, элювиальными, делювиальными и пр. Ледниковые и флювиогляциальные отложения преобладают в северных частях платформы – это валуны, пески, моренные суглинки. В южных частях платформы преобладают лёссовые толщи. Аллювиальные отложения приурочены к долинам рек, где слагают разновозрастные террасы, элювий развит на водораздельных пространствах, делювий развит на их склонах. На побережье Балтийского и Черного морей известны морские террасы, сложенные преимущественно песками. С ними связаны вторичные россыпи янтаря (побережье Балтийского моря, Калининградская область), а также морские ильменит-цирконовые россыпи Причерноморья (Южная Украина).

5.5. Полезные ископаемые

На Восточно-Европейской платформе распространены разнообразные и многочисленные месторождения полезных ископаемых. Среди них углеводородное сырье (нефть, природный газ, конденсат), твердое топливо (бурый, каменный уголь, горючие сланцы), черные, цветные, редкие металлы, неметаллические полезные ископаемые. Они расположены как в фундаменте, так и в чехле платформы.

Полезные ископаемые в фундаменте

Черные металлы. Наиболее значимыми являются месторождения железных руд формации железистых кварцитов, локализованные в *архейских* и *раннепротерозойских комплексах* Балтийского, Украинского щитов и Воронежского кристаллического массива.

Балтийский щит

На Кольском полуострове в метаморфических образованиях AR_1 (*кольская серия*) расположено *Оленегорское месторождение железистых кварцитов* с запасами руды 450 млн т и средним содержанием железа 31 %.

В Республике Карелия в метаморфических образованиях AR_2 расположено *Костомукшское месторождение железистых кварцитов* с запасами руды 1,4 млрд т и средним содержанием железа 32 %.

На Кольском полуострове в *раннепротерозойских* щелочных ультраосновных породах с карбонатитами локализовано *Ковдорское месторождение апатит-магнетитовых руд с флогопитом*. Текущие запасы месторождения составляют около 770 млн т руды, а вместе с ресурсами общий его потенциал приближается к 1,5 млрд т. Руда содержит 28 % железа, 7-7,5 % P_2O_5, а также 0,15% ZrO_2 (в виде бадделита), запасы которого оцениваются почти в 2,7 млн т.

Украинский щит

В *раннепротерозойских* метаморфических комплексах (*криворожская серия*) расположен *Криворожский железорудный бассейн* (Украина) с железными рудами формации *железистых кварцитов*. Разведанные запасы руд этого бассейна оцениваются в 18 млрд т с содержанием железа 34-56 %.

Воронежский кристаллический массив

В *раннепротерозойских* метаморфических комплексах (*курская серия*) на территории Курской, Белгородской и Орловской областей расположен крупнейший в России железорудный бассейн – *Курская магнитная аномалия* (*КМА*), представляющая собой гигантский овал протяженностью с СЗ на ЮВ 600 км при ширине 150-200 км и площадью около 120 тыс. кв. км. Общие разведанные запасы *железистых кварцитов* составляют 66,7 млрд т (почти 2/3 запасов железных руд России) с содержанием железа от 32-37 до 50-60 %.

[*Общим для всех месторождений формации железистых кварцитов являются: 1) большие мощности рудных тел, определяемые в 10-100 м; 2) большая протяженность рудных тел – сотни метров, первые километры; 3) примерно однородный их минеральный состав – это магнетит, гематит, мартит*].

Цветные металлы. Наиболее значимыми являются *Печенгская и Мончегорская группы сульфидных медно-никелевых месторождений*, приуроченных к габброноритовым телам *раннего протерозоя* (*печенгский комплекс*). Они расположены на Балтийском щите (Кольский полуостров). Главными рудными минерами руд являются пентландит, халькопирит, пирротин, пирит. На месторождениях выделяются сплошные и вкрапленные руды. Содержания меди колеблются в пределах 0,5-1,5 %, никеля – 0,5-5 %, руды содержат металлы платиновой группы.

Редкие металлы. Месторождения (*Ловозерская группа*) *редких металлов* (*тантало-ниобатов*) приурочены к одноименному зональному концентрически расслоенному массиву нефелиновых сиенитов на Кольском полуострове (Балтийский щит). Среднее содержание Ta_2O_5 составляет 0,15 %, Nb_2O_5 – 0,2 %. Главными рудными минералами являются лопарит, который содержит до 10 % Nb_2O_5, 0,6-0,7 % Ta_2O_5 и до 30 % редких земель цериевой группы, а также эвдиалит, содержащий до 13-14 % ZrO_2, до 3 % редких земель цериевой группы, до 1,6 % Nb_2O_5.

Неметаллы. *Хибинская группа месторождений (Юкспор, Кукисвумчорр, Коашва* и др.) *апатит-нефелиновых руд* приурочена к одноименному массиву нефелиновых сиенитов на Кольском полуострове (Балтийский щит). Рудные залежи имеют пласто- и линзообразную форму протяженностью 2-3 до 6 км и мощность до 80 м. Содержание апатита в руде от 10 до 80 %, нефелина – от 20 до 65 %. Разведанные запасы апатит-нефелиновых руд составляют около 4 млрд т с содержанием

P_2O_5 от 7,5 до 17,5 %. Эти руды являются основным сырьевым источником производства фосфатных удобрений. Месторождения имеют комплексный характер. Минеральный состав руд – апатит, нефелин, сфен, титаномагнетит. В апатите содержатся также Sr, TR, F, в нефелине – Al, K, Na, Ga, Rb, Cs, в сфене – Ti, Sr, Nb, в титаномагнетите – Fe, Ti, V. Все эти компоненты в той или иной мере извлекаются при технологическом переделе апатит-нефелиновых руд.

Из других неметаллических полезных ископаемых следует отметить следующие: граниты-рапакиви Выборгского (Балтийский щит) и Коростеньского (Украинский щит) массивов, лабрадориты (Коростеньский массив), используемые в качестве облицовочного материала; декоративные кварциты (Шокшинское месторождение на Балтийском щите); месторождения благородных топазов, морионов и цитринов в пегматитовых полях, связанных с раннепротерозойскими гранитами на Волыни (Украинский щит) и др.

Полезные ископаемые в чехле

Углеводородное сырье. На Восточно-Европейской платформе расположены три крупные *нефтегазоносные провинции* (*НГП*): Тимано-Печорская, приуроченная к одноименной синеклизе, Волго-Уральская (одноименная антеклиза), Прикаспийская (одноименная синеклиза).

Тимано-Печорская НГП площадью 350 тыс. кв. км насчитывает около 80 месторождений нефти, природного газа и конденсата. Они приурочены к восьми нефтегазоносным комплексам (НГК): терригенный красноцветный V-O, карбонатный S-D_1, терригенный D_2-D_3f, карбонатный D_3, терригенный C_1, карбонатный C_1v_2-P_1, терригенно-карбонатно-галогенный P_1, терригенный T. Глубины залегания нефтегазоносных отложений колеблются от 500-600 м до 2,5-3 км. Наиболее известными месторождениями являются *Ярегское нефтетитановое* и *Вуктыльское газоконденсатное*.

Волго-Уральская НГП площадью 700 тыс. кв. км насчитывает около 1 000 месторождений. Они приурочены к следующим пяти НГК: терригенно-карбонатному D_2, карбонатному D_3-C_1, терригенному C_1, карбонатному C_2-P_1, карбонатно-глинисто-сульфатно-соленосному C_3-P_1. Продуктивные горизонты залегают на глубинах от 500 до 5 000 м. В пределах провинции выявлено 920 разномасштабных месторождений, наиболее известными из которых являются *Ромашкинское*, *Бавлинское*, *Оренбургское* и др.

Прикаспийская НГП площадью 500 тыс. кв. км насчитывает около 100 месторождений. В ней выделены две группы НГК: подсоленосная и надсоленосная. Подсоленосная группа представлена четырьмя НГК: терригенным D-C_1, карбонатным D_3-C_1, карбонатным C_1-C_2, терригенным C_2-P; в надсоленосной группе находятся два НГК: терригенный P_3-T и карбонатно-терриген-ный J-K. Глубины залегания продуктивных пластов колеблются от 300 до 3 300 м. Наиболее известным месторождением является *Астраханское*.

Твердое топливо. На территории Восточно-Европейской платформы расположены три крупных *угленосных бассейна* (Подмосковный, Донецкий и Печорский) и два *сланцевых бассейна* (Прибалтийский и Тимано-Печорский).

Подмосковный буроугольный бассейн. Общая площадь развития угленосных отложений до глубины 200 м составляет 120 тыс. кв. км. Угленосными являются песчано-глинистые отложения *визейского яруса* (C_1v). Общие геологические ресур-

сы – 11 млрд т, балансовые запасы по сумме категорий А+В+C_1 – 4,1 млрд т, C_2 – 1 млрд т, забалансовые – 1,8 млрд т.

Донецкий каменноугольный бассейн (Донбасс) приурочен к Днепровско-Донецкому авлакогену. Занимает площадь 60 тыс. кв. км. Угленосными являются терригенные отложения *карбона*. Бассейн изучен до глубины 1 800 м. До этой глубины общие запасы кондиционных углей оценены в 109 млрд т. Запасы промышленных категорий составляют 57,5 млрд т, из которых на долю антрацита приходится 24 %, газовых углей – 48 %, коксующихся углей – 17 %, тощих углей – 11 %.

Печорский (Воркутинский) каменноугольный бассейн. Площадь около 300 тыс. кв. км. Расположен в полярной и приполярной частях Предуральского прогиба. Угленосными являются терригенные отложения *пермского возраста*. Марочный состав углей колеблется от бурых до антрацитов. Общие геологические запасы и ресурсы оцениваются в 265 млрд т, из них разведанные запасы составляют 23,9 млрд т.

Прибалтийский сланцевый бассейн. Площадь развития промышленной сланценосности около 5,5 тыс. кв. км. Расположен на южном склоне Балтийского щита, преимущественно на территории Ленинградской области и Эстонии. Продуктивными являются карбонатные отложения *среднего-позднего ордовика*, среди которых залегают горизонты горючих сланцев (кукерситы) мощностью до 9 м, имеющие промышленное значение. Общие разведанные запасы кукерситов оцениваются в 9,3 млрд т.

Тимано-Печорский сланцевый бассейн. Расположен в пределах одноименной синеклизы (Республика Коми). Приурочен к морским песчано-глинистым отложениям *поздней юры*, содержащим три горизонта горючих сланцев мощностью 0,5-3,7 м. Запасы категории C_2 в количестве 550 млн т учтены только по *Айювинскому* месторождению, прогнозные ресурсы всего бассейна оценены в 29 млрд т.

Черные металлы. Черные металлы представлены месторождениями осадочных железных, титан-циркониевых и марганцевых руд, формирующих крупные рудные скопления, в морских терригенных отложениях палеогена и неогена.

Керченский (Керченско-Таманский) железорудный бассейн. Занимает площадь 250-300 кв.км на Керченском полуострове и частично на Таманском полуострове (районы Причерноморья). Рудоносными являются морские *плиоценовые* (N_2) песчано-глинистые толщи, содержащие пласты бурых железняков мощностью до 25-40 м. Преобладающая часть руд имеет оолитовое сложение. Главными рудными минералами являются гидрогётит и лептохлорит. Разведанные запасы железных руд составляют 1,84 млрд т со средним содержанием железа 37,5 %.

Бешпагирское месторождение титан-циркониевых руд представляет собой погребенную россыпь. Она сложена тонко-мелкозернистыми кварцевыми песками *средне-позднесарматского* возраста (*поздний миоцен* N_1), содержащими ильменит, рутил и циркон. Общие запасы TiO_2 приближаются к 7,2 млн т при его среднем содержании около 25 кг/м^3, а ZrO_2 – соответственно 1,7 млн т и около 7,5 кг/м^3.

Южно-Украинский (Никопольский) марганцеворудный бассейн. Расположен на южном склоне Украинского щита и занимает площадь около 5 тыс. кв. км. Наиболее известными *месторождениями* являются *Никопольское*, *Большой Токмак* (Украина). Продуктивными являются *олигоценовые* ($Р_3$) морские песчано-алевритоглинистые отложения, в которых залегают 2-3-метровые пласты осадочных марганцевых руд. Выделяются следующие типы руд: оксидные (среднее содержание марганца 27,9 %), оксидно-карбонатные (среднее содержание марганца 25,0 %) и

карбонатные (среднее содержание марганца 22,0 %). Главными рудными минералами оксидных руд являются пиролюзит, псиломелан, манганит, карбонатных руд – кальциевый родохрозит, манганокальцит. Запасы марганцевых руд этого бассейна составляют 2,5 млрд т.

Цветные металлы. Месторождения цветных металлов в чехле платформы представлены *бокситами* в следующих объектах – *Тихвинское месторождение* (Ленинградская область), *Северо-Онежский бокситоносный район* (Архангельская область) и *Тиманская бокситорудная провинция* (Республика Коми).

Тихвинские и северо-онежские бокситы приурочены к терригенным отложениям C_1.

В Тиманской бокситорудной провинции протяженностью 400 км и шириной до 100 км выделены *Среднетиманский и Южно-Тиманский бокситорудные районы*.

Бокситы Среднетиманского района имеют возраст D_3, они приурочены к разноцветным алевритистым и песчанистым гидрослюдистым и каолинит-гидрослюдистым глинам, представляющим собой кору выветривания на доломитизированных известняках RF_3. Главные рудные минералы – бёмит, диаспор, второстепенные – шамозит, гётит, гематит. Химический состав бокситов следующий: Al_2O_3 – 36,5-55,2 %, SiO_2 – 2,7-12,3 %, Fe_2O_3 – 20,2-35 %, кремневый модуль (Al_2O_3: SiO_2), определяющий количество свободного глинозема, колеблется в пределах 3,5-4 до 20.

Рудоносная пачка *Южно-Тиманского района* имеет *раннекаменноугольный* возраст и представлена каолиновыми глинами с пластами аллитов и бокситов различных разновидностей. Бокситы имеют каолинит-гиббсит-бёмитовый, каолинит-бёмитовый состав. Химический состав бокситов: Al_2O_3 – 40-70 %, SiO_2 – 12-28 %, Fe_2O_3 – 3,6-12,6 %, кремневый модуль колеблется в пределах 1,5-5,5.

Неметаллы. Из неметаллических полезных ископаемых, имеющих важное промышленное значение, следует отметить фосфориты, соли, драгоценные и поделочные камни.

Прибалтийский фосфоритоносный бассейн расположен в северо-западной части Московской синеклизы, на южном склоне Балтийского щита, на территории Ленинградской области и Эстонии. Площадь 15 тыс. кв. км. Фосфатоносными являются отложения низов *раннего ордовика*, представленные ракушняковым конгломератом переменной мощности – от 1-2 до 8-10 м. Местами перекрывается горизонтом горючих сланцев. Балансовые запасы фосфоритов составляют 1,3 млрд т со средним содержанием P_2O_5 12 %.

Вятско-Камский фосфоритоносный бассейн расположен в центральной части Русской плиты (Кировская область). Он занимает площадь 1,9 тыс. кв. км. Фосфатоносными являются отложения *раннего мела*, представленные кварц-глауконитовым песком, в котором сгружены фосфоритовые конкреции размером от 10 до 20-30 см. Запасы фосфоритов составляют 2,1 млрд т с содержанием P_2O_5 11-15 %.

Верхнекамский соленосный бассейн расположен в Предуральском прогибе, занимает площадь 6,5 тыс. кв. км. Продуктивными являются отложения верхней части P_1, представленные пестроцветной эвапоритоносной карбонатно-песчано-глинистой формацией. В бассейне выделяются каменные, калийные и магниевые соли. Главными минералами солей являются галит (NaCl), сильвин (KCl) и карналлит ($MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$). Промышленные запасы солей составляют 3,8 млрд т, перспективные – 15,7 млрд т.

Прикаспийский соленосный бассейн занимает площадь около 600 тыс. кв. км, совпадая, по существу, с Прикаспийской нефтегазоносной провинцией. Здесь известно около 1 200 соляных куполов (диапиров), в которых мощность соленосных отложений достигает 8-11 км, сокращаясь до 1,5-2 км или до полного выклинивания в межкупольных пространствах. Соленосными являются преимущественно отложения *кунгурского яруса* P_1. В составе солей, наряду с галитом и карналлитом, присутствуют также полигалит $K_2MgCa_2[SO_4]_4 \cdot 2H_2O$ и бишофит $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. На территории этого бассейна соленосными являются также воды (рапа) озер Эльтон, Баскунчак. Общие запасы солей приближаются к 3 млрд т.

Архангельская алмазоносная провинция расположена на севере платформы, на южном берегу Белого моря (Архангельская область). Алазоносными являются кимберлитовые трубки, имеющие возраст D_3-C_1. Наиболее известны месторождения *им. Карпинского*, *Ломоносовское* и др. Запасы последнего приближаются к 52 млн карат.

Калининградский янтареносный район расположен на южном берегу Балтийского моря. Промышленная янтареносность связана со вторичными россыпями, образованными при перемыве глауконит-кварцевых песков и алевролитов *верхов эоцена* (*средний палеоген*) мощностью 0,5-20 м, которые рассматриваются как дельтовые отложения.

Подземные воды. Месторождения подземных вод находятся в пределах ряда крупных артезианских бассейнов – *Прикаспийского, Прибалтийского, Печорского, Московского, Волго-Камского* и др.

Кроме того, в чехле платформы известно большое количество общераспространенных полезных ископаемых (песчано-гравийные смеси, галечники, известняки, мергели, мел, щебень), используемых в качестве строительных материалов в промышленном, гражданском и дорожном строительстве, производстве цементов и др. целях.

6. СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА

6.1. Общая характеристика

Сибирская платформа – другая древняя платформа в России. Она занимает площадь 4,4 млн кв. км, что составляет почти 26 % территории Российской Федерации.

Платформа расположена между реками Енисей – на западе и Лена – на востоке.

В отличие от Восточно-Европейской, Сибирская платформа обладает преимущественно среднегорным рельефом с абсолютными отметками 1 000-1 500 м. В центральной части платформы находится Средне-Сибирское плоскогорье, в юго-восточной – Алданское нагорье, хребты Становой и Джугджур. По территории Сибирской платформы, кроме названных, протекают реки Нижняя и Подкаменная Тунгуска, Ангара, Селенга, Витим, Олекма, Алдан, Котуй и др., относящиеся в бассейну Северного Ледовитого океана.

Границами платформы являются: на западе и юге – структуры Урало-Монгольского пояса, на востоке – структуры Тихоокеанского пояса, на севере – Енисейско-Хатангский прогиб, отделяющий Сибирскую платформу от складчатых структур Таймыра.

6.2. Основные структурные элементы

Сибирская платформа обладает двухъярусным строением.

Нижний ярус – это *архейско-раннепротерозойский* фундамент, верхний ярус – чехол. В отличие от Восточно-Европейской платформы, где формирование чехла началось в раннем рифее, на Сибирской платформе чехольный комплекс начал формироваться со *второй половины раннего протерозоя*.

Области развития платформенного чехла отвечает **Средне-Сибирская** (**Лено-Енисейская**) **плита**.

Фундамент на Сибирской платформе залегает на глубинах от 0 до (по геофизическим данным) 10-12 км.

Выходам фундамента на поверхность отвечают щиты.

На платформе расположены два щита: в северной ее части – **Анабарский щит** и его сателлит **Оленекское поднятие**, в юго-восточной части – **Алданский** (**Алдано-Становой**) **щит**.

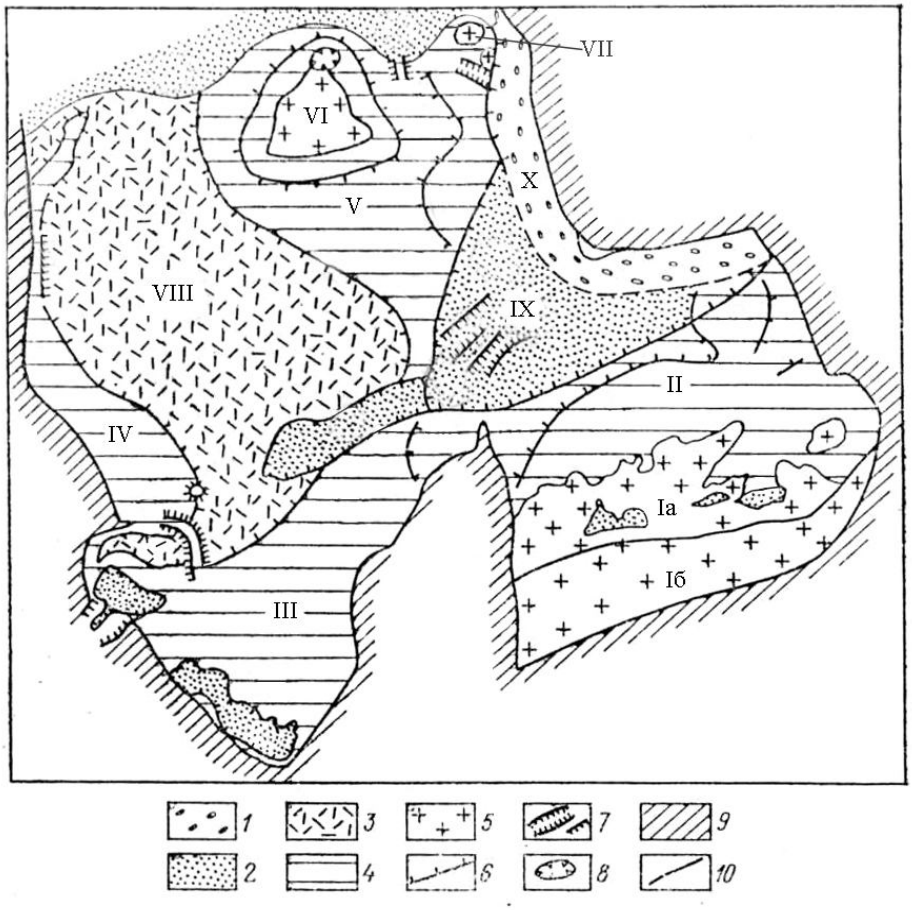


Рис. 5. Схема основных структур Сибирской платформы,
из (В. М. Цейслер. Основы региональной геологии СССР, 1984):

1 – позднеюрско-раннемеловой краевой прогиб; *2* – юрско-меловые синеклизы и наложенные впадины; *3* – пермо-триасовые трапповые комплексы; *4* – раннепалеозойские антеклизы; *5* – выступы кристаллического фундамента; *6* – границы основных структур; *7* – локальные грабены и горсты; *8* – астроблемы; *9* – складчатое обрамление платформы; *10* – разломы. Римскими цифрами обозначены: I – Алданский щит (Iа – Алданский блок, Iб – Становой блок), II – Алданская антеклиза, III – Ангаро-Ленская антеклиза, IV – Приенисейская антеклиза, V – Анабарская антеклиза, VI - Анабарский щит, VII – Оленекское поднятие, VIII – Тунгусская синеклиза, IX – Лено-Вилюйская синеклиза, X – Предверхоянский прогиб

В пределах Средне-Сибирской (Лено-Енисейской) плиты расположены следующие структуры.

На обрамлении Анабарского щита и Оленекского поднятия расположена **Анабарская антеклиза**, на обрамлении Алданского щита – **Алданская антеклиза**; в западной части платформы находится **Приенисейская антеклиза**, в юго-западной – **Ангаро-Ленская антеклиза**. Антеклизы сложены преимущественно рифейскими и раннепалеозойскими комплексами.

Между Анабарской и Приенисейской антеклизами расположена **Тунгусская синеклиза**, сложенная позднепалеозойско-мезозойскими (пермо-триасовыми) образованиями, в том числе уникальными по площади распространения и объему трапповыми комплексами. Между Анабарской и Алданской антеклизами расположена **Лено-Вилюйская синеклиза**, выполненная преимущественно мезозойскими осадочными толщами. В северо-восточной части платформы расположен **Предверхоянский прогиб**, также сложенный мезозойскими осадочными толщами и занимающий переходную позицию к Верхоянско-Чукотской складчатой области Тихоокеанского пояса.

Схема основных структур Сибирской платформы приведена на рис. 5.

6.3. Строение фундамента

Фундамент платформы образован архейскими и раннепротерозойскими комплексами глубокометаморфизованных пород, и он представлен на Алданском (Алдано-Становом), Анабарском щитах и Оленекском поднятии.

Алданский (Алдано-Становой) щит. Расположен в юго-восточной части платформы, где имеет тектонические сопряжения со структурами Урало-Монгольского пояса.

Алданский (Алдано-Становой) щит по особенностям своего геологического строения разделяется на два блока: северный – Алданский и южный – Становой, разделенные крупным разломом. Различия этих двух блоков заключаются в следующем. В Становом блоке широко распространены палеозойские и мезозойские гранитоиды, отражающие его тектономагматическую активизацию, сопряженную с магматизмом, который сопровождал формирование Тихоокеанского пояса.

Архей (AR). Метаморфические образования архея Алданского блока (*алданский комплекс*) условно разделены на три части. В нижней части представлены железистые кварциты, высокоглиноземистые кристаллические сланцы, биотит-гранатовые и гранат-силлиманитовые гранулиты. В пределах этой части разреза залегают тела хрусталеносных пегматитов, а также железорудные месторождения формации железистых кварцитов. В средней части – амфиболовые, биотит-амфиболовые, гиперстеновые гнейсы, мрамора; в верхней – биотитовые, гиперстеновые и гранат-биотитовые гнейсы. Алданский комплекс содержит две разновозрастные группы интрузивных пород: 1) *архейские* гранитогнейсы, образующие крупные согласные тела с постепенными переходами к вмещающим породам; 2) *раннепротерозойские* лейкократовые граниты, представленные небольшими телами с рвущими контактами.

В Становом блоке архейские образования (*становая серия*) представлены биотитовыми, двуслюдяными, эпидот-биотитовыми, амфиболовыми гнейсами, амфиболитами. Эти образования прорваны большим количеством гранитов *архейского*, *раннепротерозойского*, а также *палеозойского* и *мезозойского* возрастов.

Общая мощность архейских метаморфических образований не менее 10 км.

Ранний протерозой (PR_1). В составе раннепротерозойских образований участвуют гранат-гиперстеновые, гиперстен-амфибол-диопсидовые, биотитовые, гранат-биотитовые и т. п. гнейсы, кристаллические сланцы, мрамора, кальцифиры. Мощность этих образований оценивается не менее чем 12 км. Здесь представлены крупные массивы анортозитов, габбро-анортозитов этого же возраста.

Анабарский щит и Оленекское поднятие. В этих структурах, расположенных в северной части платформы, *архейские* (AR) метаморфиты устроены следующим образом. В их нижней части залегают двупироксеновые, амфибол-пироксеновые плагиогнейсы, амфиболиты, кварциты; выше располагаются лейкократовые гиперстеновые гнейсы и биотитовые гнейсы; еще выше – гранатовые и гранат-биотитовые гнейсы, кальцифиры, диопсидовые породы; завершается разрез биотит-амфиболовыми гнейсами, амфиболитами, кварцитами. В полях развития этих образований залегают *архейские* и *раннепротерозойские* интрузивные массивы чарнокитов (гиперстеновые граниты), гранодиоритов, аляскитов, мигматитов. Общая мощность архейских образований не менее 5-7 км.

6.4. Строение чехла

Как уже отмечалось выше, начало формирования платформенного чехла на Сибирской платформе относится ко *второй половине раннего протерозоя*.

К этому времени относится образование *удоканской серии*, представляющей собой протоплатформенный чехол в западной части Алданского щита. Удоканская серия мощностью около 12 км имеет трехчленное строение. В ее нижней части залегают биотит-графитовые сланцы, углеродистые филлиты, кварциты, в средней части – мраморизованные доломиты и доломитизированные известняки, в верхней части – красноцветные косослоистые песчаники, в которых залегает уникальное по масштабам Удоканское месторождение медистых песчаников.

На Средне-Сибирской плите в строении платформенного чехла выделены семь структурно-стратиграфических комплексов (снизу вверх): рифейский, венд-кембрийский, ордовик-силурийский, девон-раннекаменноуголь-ный, среднекаменноугольно-триасовый, юрско-меловой и кайнозойский.

Важной особенностью строения чехла Сибирской платформы, отличающей ее от Восточно-Европейской, является широкое участие в нем разновозрастных магматических комплексов (рис. 6).

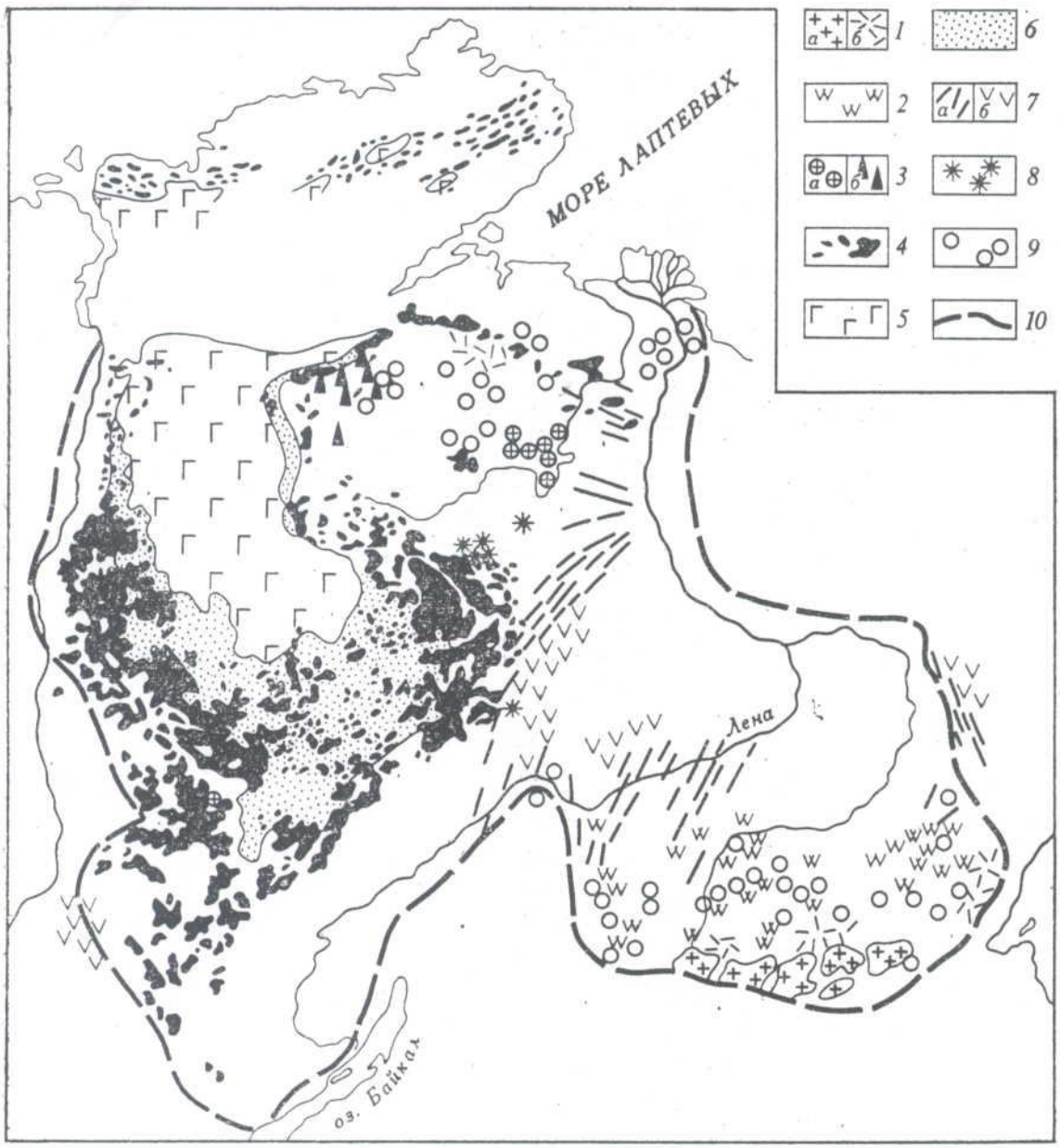


Рис. 6. Схема размещения разновозрастных магматических комплексов на Сибирской платформе (по В. Л.Масайтису):

1-2 – юрско-меловые: *1* – гранитоиды и сиениты (*а*), вулканиты кислого и среднего состава (*б*), *2* – щелочные габброиды и сиениты; *3-6* – позднепалеозойско-триасовые: *3* – щелочно-ультраосновная формация (*а* – кимберлитовые трубки, *б* – массивы щелочно-ультраосновного состава); *4-6* – трапповая формация: *4* – интрузии, *5* – лавы, *6* – туфы; *7-8* – среднепалеозойские: *7* – трапповая формация (*а* – интрузии, *б* – вулканиты), 8 – щелочно-ультраосновная формация, кимберлиты; *9* – позднепротерозойско-раннекембрийские траппы, интрузии ультраосновных и щелочных пород; *10* – границы платформы

Рифейский комплекс

Распространен на обрамлениях Алданского, Анабарского щитов и Оленекского поднятия.

Ранний рифей (RF_1). В основании отложений этого возраста залегают серые и красноцветные кварцевые и кварц-полевошпатовые песчаники, содержащие иногда глауконит, и гравелиты. Выше залегают доломиты. Общая мощность около 1,5 км.

Средний рифей (RF_2). Отложения этого возраста представлены троекратно повторяющимися ритмами, в низах которых залегают кварц-глауконитовые песчаники, алевролиты и аргиллиты, а в верхних частях – известняки и доломиты. Общая мощность около 3 км.

Поздний рифей (RF_3). Эти отложения представлены преимущественно доломитами мощностью около 700 м.

Осадконакопление рифея сопровождалось внедрением даек, силлов и штоков габбро-долеритов траппового типа, а также небольших интрузий щелочно-ультраосновного состава.

Венд-кембрийский комплекс

Венд (V). Распространен преимущественно в антеклизах. В разрезе вендских отложений, как правило, преобладают доломиты и глинистые известняки, подстилаемые песчаниками, иногда красноцветными. Мощность этих отложений в разных частях платформы колеблется в пределах 1-2 км.

Кембрий (Є). В целом для кембрия характерны карбонатно-сульфатно-галогенные отложения.

Породы *раннего и среднего кембрия* ($Є_{1-2}$) представлены чередующимися известняками, доломитами, ангидритами, глинами, каменной и калийной солями. Мощность до 2 км.

Для отложений *позднего кембрия* ($Є_3$) характерны преимущественно массивные доломиты, местами фациально замещающиеся красноцветными косослоистыми песчаниками. Мощность около 500 м.

Ордовик-силурийский комплекс

Ордовик (O) представлен всеми тремя отделами.

В составе отложений *раннего ордовика* (O_1) представлены песчаники и алевролиты в нижних частях разреза, переходящие выше в доломиты и известняки. Местами разрез полностью представлен карбонатными толщами. Мощность до 1 км.

К *среднему ордовику* (O_2) относятся терригенно-карбонатные отложения, сложенные песчаниками, алевролитами, известковистыми песчаниками, мергелями, содержащими фосфоритовые конкреции и фосфоритовые гальки. Местами в разрезе присутствуют доломиты и гипсы. Мощность до 300 м.

Отложения *позднего ордовика* (O_3) представлены красноцветными песчаниками, аргиллитами с прослоями гипсов, фациально замещающиеся известяками и мергелями. Мощность до 300 м.

Отложения *силура* (S) характеризуются преобладающим карбонатным составом.

Отложения *раннего силура* (S_1) представлены 100-150-метровой толщей известняков, подстилаемых темно-серыми глинистыми сланцами. Местами известняки фациально замещаются гипсодоломитовыми толщами.

Отложения *позднего силура* (S_2) мощностью до 300 м сложены в нижней части разреза доломитами, мергелями и известняками с прослоями гипсов, а в верхней – гипсо-глинисто-доломитовой толщей.

Девонско-раннекаменноугольный комплекс

Этот комплекс распространен ограниченно. Особенность этого комплекса заключается в том, что на этом возрастном уровне начал проявляться интенсивный трапповый магматизм на Сибирской платформе, который своё максимальное развитие получил в среднекаменноугольно-среднетриасовое время.

Девон (D). Распространен, как правило, на обрамлениях синеклиз.

Ранний девон (D_1). Отложения этого времени представлены пестроцветными карбонатными алевролитами и аргиллитами с прослоями известняков мощностью до 100 м.

Средний девон (D_2). К этом уровню относятся карбонатно-соленосные отложения, в состав которых входят чередующиеся в разрезе и по простиранию глинистые и битуминозные известняки, доломиты, гипсы, ангидриты, горизонты каменной соли. Мощность 400-450 м.

К *позднему девону* (D_3) относятся аргиллиты, гипсы, ангидриты – в нижней части разреза, доломиты и известняки – в средней части и доломиты, гипсы, ангидриты с пластами каменной соли – в верхней. Мощность до 750 м.

Образования *раннего карбона* (C_1) обладают сложным и пестрым литолого-фациальным составом. Для турнейского яруса (C_1t) характерны известняки, замещающиеся по латерали толщей чередующихся песчаников и базальтовых лав. В составе *визейского* (C_1v) и *серпуховского* (C_1s) ярусов преобладают терригенно-карбонатные отложения (песчаники, алевролиты, известняки). Мощность 100-900 м.

В девонско-раннекаменноугольное время на территории Сибирской платформы широко проявился магматизм основного и щелочно-ультра-основного состава. В разрезе D_1 и D_2 присутствуют мощные потоки и покровы базальтовых лав траппового типа. С ними ассоциируют многочисленные дайки, силлы, штоки долеритов и габбро-долеритов. Мощность даек достигает 20 м, а их протяженность 160 км.

Щелочно-ультраосновные интрузии (щелочные пироксениты, перидотиты) сопровождаются дайко- и трубообразными телами кимберлитов, содержащих минералы-спутники алмазов (пироп, пикроильменит и др.)

Среднекаменноугольно-триасовый (тунгусский) комплекс

Это преимущественно континентальные образования, слагающие Тунгусскую синеклизу, на площади около 1,5 млн кв. км, что составляет почти треть площади всей Сибирской платформы.

В разрезе этого комплекса выделяются три толщи: нижняя – продуктивная (C_2-P), средняя – туфогенная (T_1, местами опускаясь в P_3), верхняя – лавовая (T_{1-2}).

Средний карбон-пермь (C_2-P). Образования этого стратиграфического интервала выделены как продуктивная толща.

Отложения C_2 и C_3 сложены аргиллитами, алевролитами, песчаниками с пластами и линзами углей, имеющих местами промышленное значение. Мощность до 400 м.

Отложения *перми* также являются угленосными. Они представлены чередующимися аргиллитами, алевролитами, конгломератами, гравелитами с пластами углей, достигающими мощности 70 м. В ряде мест в разрезе пермских отложений залегают покровы базальтовых лав и горизонты их туфов. Мощность пермских образований 600-800 м.

Ранний-средний триас (T_{1-2}). Этот стратиграфический интервал представлен преимущественно базальтовыми лавами и туфами, содержащими прослои, горизонты, пласты туфоалевролитов, туфоаргиллитов, туфопесчаников, а местами и известняков и даже ангидритов. Мощность образований этого интервала достигает 2 км.

Пермо-триасовый (P-T) *трапповый магматизм* слагает основной объем Тунгусской синеклизы. Этот магматизм реализован в виде мощных (2,5-3 км) накоп-

лений базальтов, их туфов и сопровождающих интрузий, занимающих объем около 1 млн км^3. В этом магматическом комплексе резко преобладают лавы и интрузии, занимающие около 80 % всего разреза, на долю туфового материала приходится только 20 %. Базальты часто имеют миндалекаменные текстуры. В результате синвулканической гидротермальной деятельности миндалины часто заполняются кальцитом, в том числе водяно-прозрачным исландским шпатом, имеющим промышленное значение. Интрузии представлены, главным образом, долеритами и габбро-долеритами, слагающими штоки, силлы, дайки, блюдце- и воронкообразные тела. Дайки часто образуют сближенные рои, протягивающиеся на 400-500 км при мощности отдельных даек до 100 м. Большинство интрузий являются недифференцированными. В случае дифференцированных (камерных) интрузий в них проявлена определенная зональность, выраженная следующим образом: в нижних частях камер находятся пикритовые долериты, в средних частях – оливиновые долериты, в верхних – лейкократовые и кварцевые долериты и габбро-долериты и даже гранодиориты. К пикритовым долеритам нижних частей камер приурочены залежи медно-никелевых руд Норильского района. Интрузии долеритов оказывают метаморфизующее контактовое воздействие на вмещающие породы. В частности, при пересечении долеритами пластов углей, в зоне контакта образуются залежи графита (Курейское и др. месторождения).

Триасовый (Т) *щелочной ультраосновной магматизм* проявлен в основном в северной части платформы, западнее и юго-западнее Анабарского щита. Ареал этого магматизма известен в геологической литературе как *Меймеча-Котуйская щелочно-ультраосновная провинция* (название дано по рекам Меймеча и Котуй).

Толща щелочных ультраосновных пород мощностью не менее 1000 м сложена лавами нефелиновых базальтов и их туфами, трахибазальтами, гавайитами, авгититами, меймечитами. Они имеют *ранне-среднетриасовый* возраст и фациально замечают, а местами перекрывают трапповый комплекс. С лавами ассоциируют интрузивные породы в виде даек и силлов нефелиновых долеритов, меймечитов. Известны также сложные многофазные дифференцированные интрузии размером до сотен кв. километров. Ранние фазы этих интрузий представлены пироксенитами, оливинитами, перидотитами, поздние фазы – ийолитами и мельтейгитами, с которыми ассоциируют карбонатиты.

Непременным элементом щелочного ультраосновного магматизма являются кимберлитовые трубки, имеющие площадь до 3,5-5 тыс. кв. км, а также дайки кимберлитов мощностью до нескольких метров и протяженностью в первые километры. На платформе известно около 300 кимберлитовых трубок, примерно половина из которых являются алмазоносными. Среди кимберлитовых трубок встречаются не только *триасовые*, но и *юрские* и *девон-раннекаменноугольные*, которые имеют промышленное значение.

На склонах Оленекского поднятия залегают морские терригенные отложения *триаса*, не связанные с тунгусским комплексом. Они представлены песчаниками, алевролитами, аргиллитами, туффитами, содержащими местами небольшие горизонты мергелей. Такая ассоциация свойственна всему разрезу триасовых отложений – от раннего до позднего триаса включительно. Мощность этих отложений достигает 800-1000 м.

Юрско-меловой комплекс

Распространен, главным образом, на окраинах платформы, в пределах синеклиз и прогибов.

Юра (J). Юрские отложения, имеющие преимущественно континентальную природу, на платформе представлены всеми тремя отделами.

Обобщенный разрез юрских отложений следующий:

ранняя юра (J_1) – конгломераты, полимиктовые песчаники, глины, местами с прослоями известняков, сидеритов и бурых углей, мощность до 470 м;

средняя юра (J_2) –песчаники и глины мощностью до 150-200 м;

поздняя юра (J_3) – в основном алевролиты и песчаники с пластами коксующихся углей, достигающими 25-метровой мощности и имеющими промышленное значение (*Нерюнгринское месторождение* в Южно-Якутском угольном бассейне); мощность до 1,5 км.

Меловые отложения (К), образованные существенно терригенными породами, в принципиальном плане наследуют ареалы юрских отложений.

Отложения *раннего мела* ($К_1$) представлены как в морских, так и в континентальных фациях. Морские отложения (глины, алевролиты) приурочены к северной окраине платформы, где они перекрываются континентальными угленосными. В Лено-Вилюйской синеклизе отложения раннего мела являются исключительно континентальными, угленосными, содержащими до 35 угольных пластов рабочей мощности до 5 м, которые разрабатываются на месторождениях Ленского угольного бассейна. Мощность отложений раннего мела достигает 1,8 км.

Отложения *позднего мела* ($К_2$) распространены только в Лено-Вилюйс-кой синеклизе, где достигают мощности 450-1 000 м, и здесь в их сложении участвуют кварцевые пески, песчаники, глины.

В *юрское* и *меловое* время на Сибирской платформе, главным образом, в ее юго-восточной части происходила интенсивная магматическая деятельность. Она реализована в виде протяженных до 100 км и мощностью до 250 м даек долеритов (продолжающих пермо-триасовый трапповый магматизм), интрузий кимберлитов, сиенитов, нефелиновых сиенитов, гранитов, гранодиорит-порфиров.

Кайнозойский комплекс

Палеогеновые (~~Р~~) *и неогеновые* (N) отложения распространены ограничено. Наиболее полный их разрез представлен в Лено-Вилюйской синеклизе. Здесь образования *раннего палеогена* (*палеоцена*) представлены кварцевыми и кварц-полевошпатовыми песками мощностью до 380 м, отложения *среднего палеогена* (*эоцена*) отсутствуют, для отложений *позднего палеогена* (*олигоцена*) характерны пески, глины, лигниты мощностью до 30 м, *раннего неогена* (*миоцена* N_1) – железистые пески (мощностью до 120 м). Завершается разрез *плиоцен-четвертичными* (N_2-Q) песками, галечниками и глинами. Все эти отложения имеют континентальный генезис – это озерные, делювиальные, аллювиальные, делювиально-пролювиальные накопления.

Четвертичные (Q) отложения (пески, галечники, глины) также являются континентальными образованиями, и они представлены всеми генетичес- кими типами – аллювиальным, элювиальным, пролювиальным, делювиальным, ледниковым, флювиогляциальным. Мощность не менее 100 м.

6.5. Полезные ископаемые

Сибирская платформа богата разнообразными полезными ископаемыми, расположенными как в ее фундаменте, так и в чехле. К их числу относятся топливно-

энергетическое сырье, черные, цветные, редкие, благородные металлы, неметаллические полезные ископаемые.

Полезные ископаемые в фундаменте

Черные металлы. В метаморфических образованиях AR_2 Алданского щита локализованы месторождения формации *железистых кварцитов Чаро-Токкинского железорудного района* (на границе Республики Саха-Якутия с Иркутской и Читинской областями). Этот район занимает площадь около 1,5 тыс. кв. км. Наиболее крупным разведанным объектом этого района является *Тарыннахское* месторождение с запасами железных руд около 1,3 млрд т. Общие запасы железных руд района оценены в 16 млрд т со средним содержанием железа в руде 27 %. На месторождениях выделяются магнетитовые, куммингтонит-магнетитовые и пироксен-амфибол-магнетитовые минеральные типы руд.

В *раннепротерозойском* расслоенном массиве габбро-анортозитов локализовано *Чинейское месторождение* вкрапленных *титаномагнетитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд*. Главными рудными минералами являются титаномагнетит и ильменит. Средние содержания составляют: Fe – 25,6 %, TiO_2 – 4,9 %, V_2O_5 – 0,34 %, в рудах присутствуют платина и палладий в количествах около 100 мг/т.

Благородные металлы. В западной части Алданского щита локализованы *золото-сульфидные* (возможно, *золото-порфировые*) месторождения (*Рябиновское, Новое*), связанные с *раннемеловыми* интрузиями щелочных сиенитов. Золото находится в сульфидах (пирите, борните, халькопирите), а также в самородном виде. Содержания золота составляют около 5 г/т. Месторождения относятся к разряду мелких и средних.

Полезные ископаемые в чехле

Углеводородное сырье. На платформе расположены две нефтегазоносные провинции (НГП) – Лено-Тунгусская и Лено-Вилюйская.

Лено-Тунгусская НГП занимает площадь 2,8 млн кв. км, охватывая большую часть структур платформенного чехла. В ней выявлено 20 разномасштабных месторождений. Продуктивными являются карбонатные и терригенные отложения *позднего рифея* и *венда-раннего кембрия*, расположенные на глубинах 1,5-3,5 км. Наиболее известным является *Марковское* месторождение.

Лено-Вилюйская НГП приурочена к Лено-Вилюйской синеклизе и Предверхоянскому прогибу, занимает площадь 280 тыс. кв. км. В ней выявлено 8 разномасштабных преимущественно газовых месторождений, наиболее известными из которых являются *Усть-Вилюйское* и *Средне-Вилюйское*. Продуктивными являются отложения *поздней перми*, *раннего триаса*, *ранней и поздней юры*, установленные на глубинах 1-4 км.

Месторождения этих НГП являются основным сырьевым источником строящегося нефтегазопровода Восточная Сибирь – Тихий океан.

Твердое топливо. На платформе представлены следующие важнейшие угленосные бассейны: Ленский, Южно-Якутский, Иркутский.

Ленский угленосный бассейн занимает площадь около 600 тыс. кв. км, будучи приуроченным к Лено-Вилюйской синеклизе и Предверхоянскому прогибу. Угленосными являются терригенные отложения *юры*, *мела* и *неогена*. Угли бурые и каменные. Разведанные запасы углей составляют 3,2 млрд т. Общие геологические ре-

сурсы углей этого бассейна составляют почти 1,7 трлн т, из которых на долю бурых углей приходится 945 млрд т. В этом бассейне сосредоточено 10 % оцененных мировых ресурсов углей и 25 % ресурсов углей бывшего СССР.

Южно-Якутский угленосный бассейн занимает площадь 25 тыс. кв. км. Угленосными являются терригенные отложения *поздней юры* и *позднего мела*. Разведанные запасы углей составляют около 5,4 млрд т. Угли преимущественно каменные. Наиболее известным является месторождение *Нерюнгри*, на базе которого создан одноименный город.

Иркутский угленосный бассейн занимает площадь 37 тыс. кв. км. Угленосными являются терригенные *юрские* отложения. Разведанные запасы углей составляют 7,5 млрд т, в том числе каменные – 5,2 млрд т, бурые – 2,3 млрд т. Наиболее известным является *Черемховское* месторождение.

Черные металлы. *Ангаро-Илимский железорудный бассейн* приурочен к юго-восточному краю Сибирской платформы. Месторождения этого бассейна, наиболее известным из которых является *Коршуновское*, представлены скарново-магнетитовыми рудами. Они образованы на контактах трубообразных тел габбро-долеритов (трапповый комплекс) *пермо-триасового* возраста, прорывающих терригенно-карбонатные отложения кембрия и ордовика. Главным рудным минералом является магнетит. Общие запасы бассейна оценены в 2 млрд. т руды с содержанием железа 26-35 %.

Ангаро-Катская группа железорудных месторождений приурочена к траппо-вому тунгусскому комплексу *пермо-триасового* возраста, и они по своему типу, условиям образования и составу руд в значительной мере походят на объекты Ангаро-Илимского бассейна. Общие запасы железных руд оценены почти в 550 млн т со средним содержанием железа 33 %.

Цветные и редкие металлы. *Удоканское месторождение медистых песчаников* расположено в *раннепротерозойском* протоплатформенном комплексе Алданского щита, в верхней части удоканской серии. Разведанные запасы меди месторождения составляют 18 млн т при ее среднем содержании 1,56 %, в рудах присутствуют серебро (10 г/т) и золото (0,3 г/т). Главными рудными минералами являются халькозин, борнит, второстепенными – халькопирит, пирит.

Норильский рудный район с медно-никелевыми месторождениями (*Талнах*, *Октябрьское*, *Норильск I*, *Норильск II*). Руды этих месторождений связаны с дифференцированными интрузиями габбро-долеритов *пермо-триасо-вого* возраста, располагаясь в их придонных частях. На месторождениях выделены сплошные массивные (мощностью до 64 м) и вкрапленные руды. Главными рудными минералами являются халькопирит, пентландит, пирротин, кубанит ($CuFe_2S_3$). В массивных рудах содержания составляют: медь – 3-25 %, никель – 2-4 %, металлы платиновой группы (МПГ) – 2-200 г/т, во вкрапленных: медь – 0,3-0,5 %, никель – 0,4-0,6 %, МПГ – 2-5 г/т; в рудах присутствует самостоятельный МПГ-содержащий минерал сперрилит ($PtAs_2$).

Свинцово-цинковое месторождение Сардана относится к типу стратиформных свинцово-цинковых объектов в карбонатных отложениях. Рудные тела приурочены к *венд-раннекембрийским* карбонатным (известняково-доломитовым) отложениям. Главными рудными минералами являются сфалерит и галенит. Сумма содержаний свинца и цинка около 10 % при соотношении Pb:Zn = 1:3-4. На место-

рождении разведано 1,9 млн т цинка, 0,6 млн т свинца и 680 т серебра. Прогнозные ресурсы оценены в 2,2 млн т цинка и 0,8 млн т свинца.

Томторское месторождение редких металлов и *редких земель* расположено в краевой части Анабарского щита и связано со щелочными ультраосновными интрузивными породами с карбонатитами *раннего-среднего триаса*. Главными рудными минералами являются монацит, пирохлор, колумбит, ксенотим и апатит. Они обеспечивают содержания Nb_2O_5 2,18-12,42 % (среднее 4,5 %), Ta_2O_5 – 0,003-0,0083 % (среднее 0,005 %), TR иттриевой группы 6,93-22,64 % (среднее 12,8 %), P_2O_5 5,77-20,12 % (среднее 16,4 %), руды содержат в среднем 0,15 % ThO_2 и 0,01 % UO_3.

Благородные металлы. С *четвертичными* аллювиальными отложениями связаны многочисленные месторождения *россыпного золота* (*Ленские прииски*, известные с середины XIX века). Площадь золотоносной территории около 100 тыс. кв. км.

В юго-восточной части платформы расположено одно из наиболее значительных аллювиальных месторождений *россыпных платиноидов (Кондер) четвертичного возраста*. Содержание металлов составляет 1,1 г/м^3. Месторождение образовано за счет разрушения коренного источника, представленного концентрически-зональным массивом дунитов *раннего протерозоя*.

Неметаллы. Неметаллические полезные ископаемые представлены разнообразными видами минерального сырья: это алмазы, графит, соли, слюда-мусковит, исландский шпат, чароит.

Алмазы. На территории Сибирской платформы расположена крупнейшая в России и одна из крупнейших в мире *Якутская алмазоносная провинция.* Месторождения алмазов (*трубки* «*Мир*», «*Зарнирца*», «*Удачная*», «*Айхал*» и др.) приурочены к кимберлитам, имеющим *девон-раннекаменноугольный*, *пермо-триасовый* и даже *юрский* возраст. Согласно имеющимся оценкам, общее количество алмазов (ресурсы, запасы, включая отработанные) приближается к 6-8 млрд карат.

Графит. *Месторождения графита* (*Курейское, Фатьяхинское, Норильское* и др.) приурочены к зонам контактового воздействия габбро-долеритов траппового тунгусского комплекса на пласты углей *пермского* возраста. Мощность пласта чистого графита на Курейском месторождении составляет 4 м. Среднее содержание графита в руде составляет около 83 %.

Исландский шпат. *Месторождения* (*Янгуаракское, Мархинское* и др.) высококачественного *оптического кальцита* (*исландский шпат*) расположены в основном на Тунгусской синеклизе, где приурочены к *пермо-триасовому* трапповому комплексу. Кальцит заполняет миндалины в базальтах тунгусского комплекса либо приурочен к зонам дробления в них.

Соли. Наиболее значительные скопления *каменной* и *калийной солей* приурочены к *ранне-среднекембрийским* отложениям южных и западных частей платформы (Непский свод). Площадь распространения этих соленосных отложений занимает около 1 млн кв. км, мощность их достигает 1 000 м. Наиболее известным является *Непское* месторождение.

Другой *соленосный уровень* приурочен к отложениям *позднего девона* в северной части платформы (район Норильска и Енисейско-Хатанского прогиба). Наиболее известным является месторождение *Нордвик*.

Слюда-мусковит. Месторождения высококачественной слюды-мусковита (*Мамско-Чуйский слюдоносный район*) приурочены к пегматитовым жилам, связанным с *архейскими* гранитами Алданского щита. Размер кристаллов достигает 1-1,5 м.

Слюда-флогопит. Месторождения флогопита (*Алданская группа*) расположены в восточной части Алданского щита и представлены жильными и гнездовыми зонами с кристаллическим маложелезистым флогопитом. Размер кристаллов достигает 40-60 см.

Чароит. Весьма редкий минерал подкласса цепочечных силикатов, сложный водный фторсодержащий силикат K, Na, Ca, Ba, Mn $\{Ca, Na, K, Sr, Ba)_3[Si_4O_{10}](OH, F)\cdot H_2O\}$. Используется в качестве ювелирно-поделочного и коллекционного камня. Приурочен к массиву нефелиновых сиенитов с фенитами *юрского* возраста. Единственное в мире месторождение – *Сиреневый камень* (*Мурунское*) расположено в бассейне р. Чара.

Подземные воды. На территории Сибирской платформы расположено несколько артезианских бассейнов, крупнейшими из которых являются: *Ангаро-Ленский* (южный выступ платформы), *Якутский* (Лено-Вилюйская синеклиза), *Тунгусский* (одноименная синеклиза).

7. СРЕДИЗЕМНОМОРСКИЙ ПОЯС

Средиземноморский складчатый пояс протягивается в широтном направлении около 8 тыс. км от Атлантического океана на западе до Гималаев на востоке. В его состав входят складчатые сооружения Атласских гор в Северной Африке, Пиренеев, Альп, Карпат, Горного Крыма, Большого и Малого Кавказа, Малой и Средней Азии, Копет-Дага, Памира, Тибета, Гиндукуша, Гималаев. Помимо этих складчатых сооружений, в состав Средиземноморского пояса входят молодые платформы: Скифская плита (Западное и Северное Причерноморье), Южно-Туранская плита (обширная территория между Каспийским морем и Памиром, включающая пустыни Кызыл-Кумы и Кара-Кумы к востоку и югу от Аральского моря), а также шельфовые зоны Черного, Азовского и Каспийского морей.

Этот пояс образован на месте древнего океана Тетис, который в позднем палеозое, мезозое и раннем кайнозое разделял два суперконтинента (платформы): на севере – это суперконтинент Лавразия, охватывавший Евразию и Северную Америку, а на юге – суперконтинент Гондвана, охватывавший Южную Америку, Африку и Индию. Современные Средиземное, Черное и Каспийское моря являются остаточными фрагментами этого океана. Начало образования на месте этого океана горно-складчатого сооружения (Альпийско-Гималайский пояс) относится к концу эоцена (около 40 млн лет назад).

Ограничениями Средиземноморского пояса являются: на севере – Восточно-Европейская платформа и Урало-Монгольский пояс, на юге – Афро-Аравийская и Индостанская платформы. Сочленение Средиземноморского пояса с этими структурами происходит по системам глубинных трансрегиональных разломов.

На территории России Средиземноморский пояс представлен Большим Кавказом и Горным Крымом.

7.1. Большой Кавказ

7.1.1. Общая характеристика

Географически это горная страна с вершинами, достигающими абсолютных отметок 4-5,6 тыс. м (г. Домбай 4 046 м, г. Казбек 5 033 м, г. Эльбрус 5 642 м), протягивающаяся в субширотном направлении на 1 200 км от Таманского полуострова (побережье Черного моря) на западе до Апшеронского полуострова (побережье Каспийского моря) – на востоке.

Большой Кавказ – это область альпийской складчатости.

С севера по Предкавказскому прогибу Большой Кавказ сопрягается с южной окраиной Восточно-Европейской платформы и Скифской плитой, с юга он ограничен погребенным под молодыми отложениями Закавказским срединным массивом, территориально совпадающим с долинами рек Кура (течет на восток и впадает в Каспийское море) и Риони (течет на запад и впадает в Черное море). К югу от этого срединного массива расположены структуры Малого Кавказа.

7.1.2. Геологическое строение

Основной тектонической структурой является **мегантиклинорий Большого Кавказа**. В его ядерной части располагаются допалеозойские и палеозойские образования, формирующие комплекс основания, а крылья сложены мезозойскими и кайнозойскими формациями геосинклинального, орогенного и посторогенного комплексов. Мегантиклинорий системами глубинных разломов разделен на ряд структур более высоких порядков.

Комплекс основания. Этот комплекс сложен образованиями позднего протерозоя, раннего, среднего палеозоя и раннего мезозоя (триаса), слагающих следующие структурные этажи.

Позднепротерозойский (PR_2) *структурный этаж* представлен орто- и парагнейсами, биотит-кварцевыми, амфиболовыми, хлоритовыми и т. п. кристаллическими сланцами, амфиболитами, мигматитами. Мощность около 3-4 км.

Раннепалеозойский ($O\text{-}S\text{-}D_1$) *структурный этаж* образован офиолитами (базальты, габброиды, серпентинизированные ультрамафиты дунит-гарцбургитовой формации), зеленые сланцы, филлиты. Мощность не менее 1,3 км.

Среднепалеозойский ($D_2\text{-}C_1$) *структурный этаж* сложен мощной (9-10 км) толщей базальтов, спилитов, андезитов, риолитов, дацитов, глинистых, кремнистых сланцев, замещающихся по простиранию в ряде структур терригенно-карбонатными отложениями. На этом уровне располагаются многочисленные интрузии мезозойских и кайнозойских гранитов.

Позднепалеозойско-раннемезозойский ($C_{2\text{-}3}\text{-}P\text{-}T$) *структурный этаж*

Образования $C_{2\text{-}3}$ представлены молассовым комплексом (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты) с телами лав и туфов кислого и среднего состава. Мощность до 2 км.

В составе комплекса пород *пермского возраста* (P) принимают участие грубообломочные континентальные толщи (моласса) с лавами и туфами кислого, среднего и щелочного состава. Мощность до 1,7 км.

Для *триаса* (Т) характерна толща терригенных красноцветных отложений мощностью 1-3 км.

Геосинклинальный комплекс включает осадочные и осадочно-вулканогенные образования юрского, мелового и палеогенового возраста, он разделяется на три структурных этажа: 1) ранне-среднеюрский, 2) среднеюрский, 3) позднеюрско-эоценовый.

Ранне-среднеюрский (J_{1-2}) *структурный этаж* сложен глинистыми, углеродисто-глинистыми (аспидными) сланцами, содержащими прослои, покровы и потоки вулканитов основного, среднего и кислого состава. Мощность 7,5-8 км.

Среднеюрский (J_2) *структурный этаж* представлен песчано-глинис-тыми отложениями, чередующимися с лавами и туфами базальтов и андезитов. Мощность до 3 км. К этому времени относится внедрение интрузий гранодиоритов.

Позднеюрско-эоценовый (J_3-~~Р~~$_2$) *структурный этаж* образован отложениями всей поздней юры, мела, раннего и среднего палеогена. Разрез этого структурного этажа сложен преимущественно карбонатными отложениями и терригенно-карбонатным флишем. Мощность до 1,5 км. В позднеюрское время произошло внедрение субвулканических интрузий трахитов, к уровню раннего и позднего мела, а также к эоцену относятся гипабиссальные тела эссекситов.

Орогенный комплекс сложен осадочными и магматическими образованиями позднего палеогена (олигоцена), неогена и четвертичного времени. Формирование орогенного комплекса связано с ростом горного сооружения Большого Кавказа, которое сопряжено с накоплениями большого количества грубообломочного материала, заполняющего межгорные прогибы, и сопровождается магматической деятельностью в интрузивной и вулканической формах.

Орогенный комплекс подразделяется на два структурных этажа: 1) олигоцен-позднемиоценовый и 2) позднемиоцен-четвертичный.

Олигоцен-позднемиоценовый (~~Р~~$_3$-N_1^3) *структурный этаж* представлен мощной (до 5-6 км) толщей преимущественно глинистых осадков.

Позднемиоцен-четвертичный (N_1^3-Q) *структурный этаж* сложен грубообломочной молассовой толщей мощностью до 1,5 км, образование которой сопровождалось интенсивным магматизмом. К миоцен-плиоценовому времени относится наземный вулканизм кислого и среднего состава, а также внедрение лакколитов щелочных гранитов (район Кавказских минеральных вод).

Большой Кавказ – это область плиоцен-четвертичной орогенической активности, о чем свидетельствуют его высокая сейсмичность и вулканизм. Это регион с 6-7-балльными, иногда более интенсивными землетрясениями; наиболее высокие вершины Кавказа (Эльбрус и Казбек) – это относительно молодые вулканы. Поскольку орогенез происходит в настоящее время, платформенные комплексы в пределах Большого Кавказа не формируются, хотя некоторые платформенные черты присутствуют в образованиях орогенного комплекса.

Если проанализировать общую последовательность и историю формирования структуры Большого Кавказа, то можно увидеть следующее.

1. Образования позднего протерозоя являются комплексом основания для палеозойской геосинклинали.

2. Офиолиты раннего палеозоя вместе со среднепалеозойскими осадочно-вулканогенными, в том числе базальт-риолитовыми, комплексами образуют палеозойскую геосинклиналь.

3. Позднепалеозойские молассовые толщи, вулканиты кислого, среднего и щелочного состава являются орогенными образованиями этой палеозойской геосинклинали.

4. Красноцветные терригенные отложения триаса являются завершающими платформенными образованиями.

5. Все образования п.п. 1-4 являются комплексом основания для мезозойской геосинклинали, которая, в свою очередь, переживает орогенное развитие, начавшееся в позднем палеогене и которое продолжается в настоящее время.

7.1.3. Полезные ископаемые

Углеводородное сырье. Главной нефтегазоносной территорией является *Северо-Кавказско-Мангышлакская нефтегазоносная провинция*. Она располагается на северном склоне Большого Кавказа (Северный Кавказ), а также на акватории Каспийского моря и полуострова Мангышлак (восточный берег Каспийского моря). На Северном Кавказе она, по существу, совпадает с Предкавказским прогибом. Промышленная нефтегазоносность установлена в разрезе от *триаса* до *неогена* включительно. Глубины залегания продуктивных пластов колеблются от 200-300 до 4 000 – 4 200 м. В пределах всей провинции выявлено около 300 разномасштабных месторождений.

Черные металлы. Наиболее значимым объектом является *Чиатурское месторождение марганцевых руд*, расположенное на южном склоне Большого Кавказа (Грузия). Оно приурочено к глинисто-опоковой толще *олигоцена*, имеющей субгоризонтальное залегание. Мощность рудного пласта 0,5-7 м. На месторождении выделяются следующие типы руд: карбонатные (содержание Mn 10-30 %), оксидные (содержание Mn до 35 %, а в пероксидных разностях 45-52 %), окисленные (содержание Mn 30-35 %), смешанные. Общие разведанные запасы марганцевых руд месторождения 0,3 млрд т. Чиатурское месторождение вместе с Никопольским месторождением Украины и месторождениями Казахстана являлось одним из наиболее значительных марганцеворудных объектов бывшего СССР.

Цветные металлы. Месторождения цветных металлов представлены объектами следующих геолого-промышленных типов: колчеданным уральским, колчеданным филизчайским, свинцово-цинковым жильным.

Объекты *колчеданного уральского геолого-промышленного типа* представлены месторождениями *Уруп, Худес, Бескес* и др. Они приурочены к базальт-риолитовой формации D_2, обладают медно-цинковым составом руд, имеют запасы 600-900 тыс. т меди и 300-400 тыс. т цинка; содержания меди в руде составляет 1-2 %, цинка – до 1 %. Главными рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит.

Объекты *колчеданного филизчайского геолого-промышленного типа* представлены месторождениями *Филизчай, Катех, Кацдаг* и др. Они приурочены к толще *ранне-среднеюрских* углеродисто-глинистых сланцев геосинклинального комплекса. Месторождения характеризуются свинцово-цинковым составом руд. Наиболее значительным является месторождение *Филизчай* (Республика Азербайджан), в котором содержание свинца составляет 1,4 %, цинка – 3,5 %. Главными руд-

ными минералами являются галенит и сфалерит. Запасы месторождения оцениваются в 1,4 млн т свинца и 3,4 млн т цинка.

Объекты *жильного геолого-промышленного типа* представлены месторождениями *Садон, Згид, Архон* и др. Они образованы кварц-сульфидными жилами, залегающими в зонах разломов среди *среднепалеозойских* гранитов, и перекрываются юрскими сланцами. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, пирит, пирротин, халькопирит. Сумма содержаний свинца и цинка достигает 11-12 %.

Редкие металлы. К этой группе относятся месторождения молибдена и вольфрама.

Месторождение *Тырныауз* – это *скарновое вольфрам-молибденовое месторождение*, расположенное на северном склоне Большого Кавказа. Месторождение приурочено к контакту *мел-палеогеновых* гранитов с вмещающими мраморами и песчаниками *раннего карбона*. Главными рудными минералами являются шеелит и молибденит. Среднее содержание WO_3 – 0,3-04 %, Mo – 0,042 %.

Месторождение *Кти-Теберда* относится к типу *стратиформных вольфрамовых месторождений.* Основные рудные залежи приурочены к пластам амфиболитов *позднего протерозоя*, прорванным средне- или позднепалеозойскими гранитами. За пределами пластов амфиболитов развиты жилы и прожилки с убогой минерализацией. Главным рудным минералом является шеелит. Среднее содержание WO_3 – 0,35 %, запасы месторождения оцениваются в 72 тыс. т WO_3.

Неметаллы. Наиболее важными в промышленном отношении являются *месторождения цементного сырья*, приуроченные к *юрско-палеогеновому* флишу, которые расположены на южном склоне западной части Б. Кавказа, в районе г. Новороссийска. Соотношение карбонатных и терригенных компонентов этого флиша – это естественная природная рецептура для производства высококачественных цементов различных марок.

Подземные воды. На северном склоне Б. Кавказа расположены многочисленные месторождения минеральных вод, в том числе горячих, типа «Нарзан», «Ессентуки» и др., используемых в бальнеологических целях. Это район *Кавказских Минеральных Вод* (КМВ). Месторождения связаны с гидротермальной деятельностью молодого магматизма.

Наряду с охарактеризованными на Большом Кавказе имеются небольшие месторождения хромитов, асбеста, ртути (Перевальное), а также большое количество месторождений общераспространенных полезных ископаемых.

7.2. Горный Крым

7.2.1. Общая характеристика

Географически это Крымские горы, занимающие юго-восточную часть Крымского полуострова. Протяженность этого горного сооружения с абсолютными отметками в пределах 1 300-1 500 м, имеющего северо-восточное простирание, составляет 150-170 км при ширине не более 25-30 км. С Крымских гор стекают небольшие реки; некоторые из них (Кача, Альма) впадают в Черное море (на западе полуострова), другие, текущие на север (Салгир и др.), теряются на равнинах Степного Крыма.

С севера складчатая структура Горного Крыма по зоне глубинного разлома сопрягается со Скифской плитой; на юге эта структура опущена под воды Черного моря.

7.2.2. Геологическое строение

Основной тектонической структурой является **мегантиклинорий Горного Крыма.** В современном виде сохранились лишь ядро и северное крыло мегантиклинория. В его ядерной части располагаются *триас-юрские* (T-J) образования, а северное крыло образовано *мел-эоценовыми* (K_2-~~P~~$_2$) толщами. Мегантиклинорий системами глубинных разломов разделен на ряд структур более высоких порядков.

Комплекс основания. Образования этого комплекса на поверхности не известны. По геофизическим данным, предполагается его наличие на глубинах 4-5 км, а по составу он отвечает протерозойским или даже более древним метаморфическим образованиям, подобным тем, которые слагают фундамент Восточно-Европейской платформы.

Геосинклинальный комплекс сложен осадочными, вулканогенно-осадочными и интрузивными образованиями триаса, юры и мела, и он разделен на несколько структурно-стратиграфических этажей.

Позднетриас-раннеюрский (T_3-J_1) *структурный этаж* представлен мощной (до 4 км) толщей терригенного флиша, именуемой *таврической серией*. Она образована многократно повторяющимися ритмами, состоящими из песчаников, алевролитов и аргиллитов.

Ранне-среднеюрский (J_2^1) *структурный этаж*, развитый локально, образован терригенными, в том числе грубообломочными, толщами, также ритмично слоистыми и угленосными песчано-сланцевыми отложениями. Мощность этих образований достигает 1,5-2,0 км).

Поздне-среднеюрский (J_2^2) *структурный этаж* представлен вулканическими базальтовой, базальт-андезит-риолитовой формациями, образованными лавами, туфами, туфобрекчиями, сопряженными с вулкано-обломочными породами. Мощность этих образований достигает 1,5 км. Покровные вулканические образования сопровождаются субвулканическими интрузиями того же состава, а также более глубинными интрузивными породами состава габбро-долерита, диорита, гранодиорита, гранит-порфира. Вулканические породы формируют сложные вулканические постройки (г. Кара-Даг и др.), а интрузивные тела – крупные массивы (горы Аю-Даг, Кастель и др.).

Поздне-среднеюрско-ранне-позднеюрский (J_2^2-J_3^1) *структурный этаж* мощностью до 2 км представлен разнообразными карбонатными и терригенными отложениями. В его строении участвуют различные известняки, в том числе формирующие крупные рифовые массивы (р-н Судака и др.), мергели, глины, песчаники, конгломераты.

Позднеюрско-раннемеловой (J_3-K_1) *структурный этаж* образован мощной (свыше 3 км) толщей терригенно-карбонатного флиша.

Орогенный комплекс относится по возрасту к мелу, раннему (палеоцен) и среднему (эоцен) палеогену, неогену и четвертичному времени. Характерными

его особенностями является амагматичность и квазиплатформенные черты. Образования этого комплекса, представленные различными морскими, континентально-морскими, континентальными терригенными отложениями, заполняют неровности созданного ранее палеорельефа. Орогенный комплекс образован следующими структурно-стратиграфическими этажами.

Мел-эоценовый (K-~~P~~$_2$) *структурный этаж* образован преимущественно песчано-глинистыми отложениями, незакономерно чередующимися с известняками и мергелями; в песчано-глинистых толщах присутствуют маломощные пласты сидеритов. Общая мощность образований этого структурного этажа составляет 1,5-2,0 км.

Олигоцен-раннемиоценовый (~~P~~$_3$-N_1^1) *структурный этаж* образован майкопской серией, представленной битуминозными глинами с конкрециями сидерита. Мощность до 2 км.

Среднемиоцен-четвертичный (N_1^2-Q) *структурный этаж* представлен песками, глинами с прослоями мергелей и известняков-ракушняков. Мощность не менее 0,5 км.

Горный Крым, как и Большой Кавказ, в настоящее время продолжает находиться на орогенном этапе своего развития, в связи с чем платформенные комплексы здесь не формируются. Горный Крым является регионом высокой сейсмической активности. Малоамплитудные землетрясения здесь нередки; известны и катастрофические землетрясения с магнитудой до 9 баллов (например, Ялтинское землетрясение 1927 г.).

7.2.3. Полезные ископаемые

Ведущими полезными ископаемыми Горного Крыма являются разнообразные виды неметаллов, в том числе строительных материалов. Так, магматические породы *средней юры* являются сырьем для производства облицовочных материалов. *Позднеюрские* известняки являются флюсовым сырьем для металлургии. Мраморизованные разности этих известняков используются в качестве облицовочного материала. *Мел-палеоген-неогеновые* известняки используются в качестве сырья для производства цемента. К породам таврической серии, в местах пересечения ее разрывными нарушениями, приурочены выходы разнообразных минеральных и термальных вод, используемых в бальнеологических целях. Имеются проявления бентонитовых глин *мелового возраста*.

8. УРАЛО-МОНГОЛЬСКИЙ ПОЯС

Урало-Монгольский пояс – это один из крупнейших подвижных поясов земной коры. Он расположен в пределах Азиатского континента, и имеет протяженность около 13-14 тыс. км. Это второй по протяженности, после Тихоокеанского, подвижный пояс Земли.

Урало-Монгольский пояс разделяет Восточно-Европейскую, Сибирскую и Китайско-Корейскую платформы.

Географически к Урало-Монгольскому поясу относятся Уральские горы, Западно-Сибирская низменность, Енисейский кряж, Восточные и Западные Саяны,

Забайкальская горная страна, районы Приамурья, Северный и Южный Тянь-Шань, Казахстан, Северный Китай, Монголия.

На западе Урало-Монгольский пояс граничит с Восточно-Европейской платформой, на юго-западе – со Средиземноморским поясом, юго-восточная часть пояса обрамляет с юга Сибирскую платформу, а на востоке он граничит со структурами Тихоокеанского пояса.

В пределах Урало-Монгольского пояса расположены разновозрастные складчатые системы и области, а также Западно-Сибирская плита (молодая платформа). Из этих складчатых систем и областей на территории России представлены следующие: Уральская каледоно-герцинская, Саяно-Енисейская и Байкальская области байкальской складчатости, каледонская Кузнецко-Витимская и Монголо-Охотская области герцинской складчатости, а также Таймырско-Североземельский выступ.

С начала мезозоя весь Урало-Монгольский пояс превратился в молодую эпипалеозойскую платформу.

8.1. Уральская каледоно-герцинская складчатая система

8.1.1. Общая характеристика

Уральская складчатая система на западе граничит с Восточно-Европейс-кой платформой, на востоке – с Западно-Сибирскрй плитой, а на юге (между Каспийским и Аральским морями) ее структуры погружаются под мезозойско-кайнозойские отложения Северо-Туранской плиты.

В пределах системы различают хребты западного склона, серию хребтов центральной (осевой) части и восточный склон, постепенно переходящий в Западно-Сибирскую низменность. По территории Уральской системы протекают реки Урал, Вишера, Белая, Сакмара, Сосьва, Лозьва, Тобол, Печора и др. Наиболее высокая гора Народная имеет абсолютную отметку 1 895 м.

В меридиональном направлении Урал (с севера на юг) подразделяется: на Полярный (это часть Урала, имеющая северо-восточное простирание, примерно до 66° с. ш.), Приполярный (между 66° и 64° с. ш.), Северный (между 64° и 58° с. ш.), Средний (между 58° и 55,5° с. ш.) и Южный (южнее 55,5° с. ш.); южным продолжением Южного Урала являются Мугоджары, расположенные уже в пределах Актюбинской области Казахстана.

Урал – это мировой эталон геосинклинальных систем линейного типа. Многие геологические, геотектонические и металлогенические концепции разрабатывались именно на уральском материале.

Урал – один из важнейших минерально-сырьевых регионов России с высокоразвитой горнодобывающей и металлургической промышленностью, базирующейся на многочисленных месторождениях черных, цветных, редких, благородных металлов, неметаллических полезных ископаемых.

Урал занимает первое место в России по запасам колчеданных руд, хризотил-асбеста, ювелирного изумруда, антофиллит-асбеста; второе место в России по запасам железных руд, бокситов; одно из ведущих мест по запасам бериллия, рудного и россыпного золота и металлов платиновой группы, солей, россыпных алмазов; в Казахстанской части Урала расположено крупнейшее в Евразии месторождение высококачественных хромитов; к Уралу примыкают крупнейшие нефтегазоносные

провинции (Волго-Уральская или «Второе Баку» – с запада, Западно-Сибирская – с востока, с северо-запада – Тимано-Печорская, с юго-запада – Прикаспийская).

По особенностям строения и характеру слагающих его формаций Урала в поперечном сечении подразделяется на три области:

- западную, которой соответствует осевая зона и западный склон Урала, относимые к восточной окраине Восточно-Европейской платформы;
- центральную, которой соответствуют большая часть восточного склона Урала, представляющая собой эвгеосинклинальную область;
- восточную, большей частью погребенную под мезозойско-кайнозойскими отложениями Западно-Сибирской плиты, относящуюся к Валерьяновскому интрузивно-вулканическому поясу.

Границами этих структур являются глубинные разломы. Граница между окраиной платформы и эвгеосинклинальной областью проходит по Главному Уральскому глубинному разлому (ГУГР), граница между эвгеосинклинальной областью и Валерьяновским поясом проходит по Ливановскому разлому.

Схема тектонического районирования Урала приведена на рис. 7.

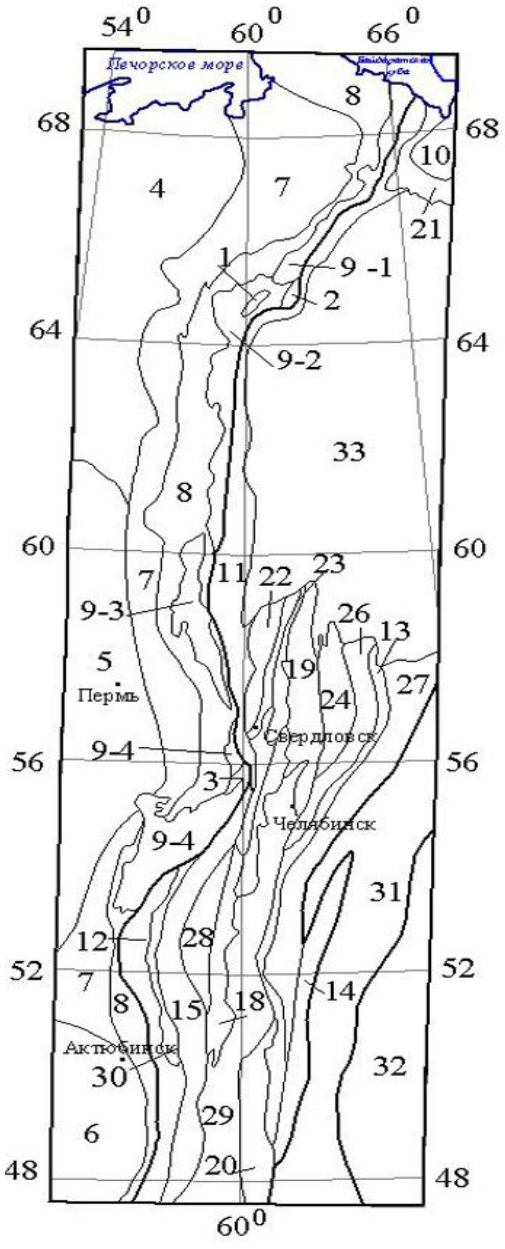


Рис. 7. Схема тектонического районирования Урала

Структуры восточной окраины Восточно-Европейской платформы. Выступы фундамента (микрощиты): *1* – Кожимский; *2* – Хобеизский; *3* – Тараташский и Уфалейский. Структуры чехла: *4* – Тимано-Печорская синеклиза; *5* – Волго-Уральская антеклиза; *6* – Прикаспийская синеклиза; *7* – Предуральский краевой прогиб; *8* – Западно-Уральская зона передовых складок; *9* – Центрально-Уральское поднятие (*9-1* – Полярно-Уральский мегантиклинорий, *9-2* – Ляпинский мегантиклинорий, *9-3* – Кваркушско-Каменогорский мегантиклинорий, *9-4* – Башкирский мегантиклинорий). *Структуры Уральской геосинклинальной области*. Интрузивно-вулканические пояса (мегазоны) и зоны. Каледонские: *10* – Щучьинская, *11* – Тагильский, *12* – Сакмарский (Кракинско-Медногорский), *13* – Катенинский, *14* – Октябрьско-Денисовский. Каледоно-герцинские: *15* – Западно-Магнитогорский, *16* – Медведевско-Свердловская, *17* – Арамильско-Сухтелинская. Герцинские: *18* – Восточно-Магнитогорский, *19* – Каменский (Алапаевско-Теченский), *20* – Иргизский. Срединные массивы и выступы основания: *21* – Харбейский, *22* – Салдинско-Верхисетский, *23* – Мурзинско-Адуйский, *24* – Красногвардейский, *25* – Сысертско-Ильменогорский, *26* – Увельский, *27* – Троицко-Каратауский, *28* – Центрально-Магнитогорский (погребенный), *29* – Челябинско-Суундукский и Адамовско-Мугоджарский, *30* – Уралтауский. *31 – Валерьяновский вулканно-интрузивный пояс*. *32 – Казахстанская складчатая страна. 33 – Западно-Сибирская плита*.

Утолщенными линиями обозначены границы тек-

тонических областей; тонкими линиями обозначены границы структур внутри тектонических областей

Перейдем к более подробному рассмотрению геологического строения Урала. В основу этого рассмотрения будут положены результаты многолетних исследований больших коллективов уральских геологов.

8.1.2. Восточная окраина Восточно-Европейской платформы

В строении восточной окраины Восточно-Европейской платформы выделяются следующие структуры (с востока на запад): 1) Центрально-Уральское поднятие, сложенное архейскими, раннепротерозойскими, рифейскими и вендскими образованиями; 2) Западно-Уральская зона передовых складок, сложенная преимущественно терригенными и карбонатными отложениями раннего и среднего палеозоя; 3) Предуральский краевой прогиб и собственно платформа, сложенные преимущественно пермскими отложениями.

Геологическое строение этой области характеризуется следующим образом.

Фундаментом окраины ВЕП являются архейские и раннепротерозойские метаморфические комплексы.

К *позднему архею* (AR_2) относятся биотитовые, гранат-биотитовые, гранат-силлиманит-биотитовые гнейсы, амфиболиты, железистые кварциты, послойные мигматиты. Они слагают **Тараташский выступ** на Южном Урале.

Образования *раннего протерозоя* (PR_1) слагают ряд выступов (**Уфалейский** на Южном Урале, **Кожимский и Хобеизский** на Приполярном Урале), перекрытых рифейскими преимущественно осадочными комплексами. Эти метаморфические образования представлены амфиболитами, гранат-амфибо-ловыми гнейсами, гранат-слюдяными, слюдяно-кварцевыми, графит-муско-витовыми, двуслюдяными амфибол-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами.

Среди позднеархейских и раннепротерозойских метаморфитов залегают послойные тела метаморфизованных ультраосновных пород, габбро, эклогитов и гранитов, имеющих тот же возраст.

Все эти выступы могут рассматриваться как своего рода микрощиты или массивы.

Выше залегает 10-12-километровый комплекс рифейских пород, наиболее полный разрез которых представлен в **Башкирском мегантиклинории**.

Здесь в разрезе рифея выделены три последовательные серии пород (бурзянская, юрматинская, каратауская), имеющие принципиально сходное строение и соответствующие раннему, среднему и позднему рифею.

Бурзянская серия (*ранний рифей* RF_1) сложена в нижней части разреза отложениями фалаховой формации (кварцитопесчаники, кварцевые и полимиктовые песчаники и конгломераты), с которыми ассоциируют вулканиты трахибазальтовой (щелочно-оливин-базальтовой) формации (*навышский комплекс*); в средней части разреза залегают отложения алевролито-аргилли-товой формации (углеродистые алевролиты, аргиллиты, тонкозернистые песчаники); в верхней части разреза представлены отложения терригенно-карбостромовой формации (доломиты, доломитизированные известняки, сидеродоломиты, сидериты, магнезиты). К этой части разреза бурзянской серии (*бакальская, саткинская, суранская свиты*) приурочены месторождения сидеритов (*Бакальская группа*), магнезита (*Саткинское*), флюорита (*Суранское*) а также ряд проявлений стратиформных свинцово-цинковых руд, иногда с баритом.

Юрматинская серия (*средний рифей* RF_2) имеет общее близкое строение. Отличия от бурзянской серии выражены в большем количестве магматических образований. На уровне отложений фалаховой формации залегают вулканиты траповой (базальт-риолитовой) формации (*машакский комплекс*). В интрузивном эквиваленте этому комплексу соответствует формация расслоенных габбро-гранитных интрузий. Она представлена крутопоставленными силлами габбро, габбро-долеритов (*кусинско-копанский комплекс*) и гранитами (*рябиновский комплекс*). К габброидами кусинско-копанского комплекса приурочены месторождения ильменит-титаномагнетитовых руд (*Кусинское, Копанское*). На этом же уровне расположены граниты-рапакиви (Бердяушский массив), а также породы формации расслоенных пироксенит-перидотитовых интрузий (*сарановский комплекс*), к которым приурочено *Сарановское* месторождение хромитов. К отложениям терригенно-карбостро-мовой формации приурочено *Кужинское* месторождение стратиформных свинцово-цинковых руд с баритом.

Каратауская серия (*поздний рифей* RF_3) отличается от двух предыдущих серий заметно меньшим объемом вулканических пород, которые представлены небольшими телами трахибазальтов, их туфов и кимберлитоподобных пород.

На всем уровне разреза рифея располагаются дайки и силлы долеритов и габбро-долеритов траппового типа.

Отложения *венда* (V) представлены преимущественно терригенными образованиями, в том числе тиллитами, в разрезе которых залегают небольшие тела вулканитов трахибазальтового и щелочно-ультраосновного состава.

После перерыва, связанного с большей частью кембрийского времени, началось формирование палеозойского платформенного чехла.

В его основании залегают отложения *позднего кембрия-раннего ордовика* ($Є_3$-O_1), представленные фалаховой формацией (*тельпосская свита* и ее аналоги).

Выше расположены песчано-сланцевые отложения *раннего-среднего ордовика* (O_{1-2}), среди которых залегают согласные тела базальтов траппового типа, а также трахибазальты.

К *среднему-позднему ордовику* (O_{2-3}) относится терригенно-карбонатная формация (песчаники, известковистые песчаники и сланцы, известняки и доломиты). На этом возрастном уровне расположены *Парнокское марганцевое* и *Саурейское свинцово-цинковое (с баритом) месторождения*.

Силур (S) и большая часть *раннего девона* (D_1) представлены отложениями карбонатной формации (известняки, доломитизированные известняки, доломиты).

Эмский ярус раннего девона (D_1e) представлен отложениями фалаховой формации (*такатинская свита*), являющимися промежуточным коллектором алмазов.

Стратиграфический интервал, охватывающий *средний девон-поздний карбон* (**D_2-C_3**), по существу полностью представлен карбонатными отложениями. Только к середине *раннего карбона* (C_1) приурочены терригенные угленосные отложения *Кизеловского* и *Чусовского угленосных бассейнов*.

О *пермских отложениях* (P) речь шла при характеристике Восточно-Европейской платформы.

Всем карбонатным отложениям палеозоя, начиная со среднего ордовика и до перми включительно, свойственны карбонатные рифовые массивы. Это свидетельствует о том, что в это время отложения происходили в неглубоком морском бассейне в условиях субтропического климата.

Полезные ископаемые восточной окраины
Восточно-Европейской платформы

В метаморфических комплексах AR_2 Тараташского выступа расположено два небольших железорудных месторождения *формации железистых кварцитов – Магнитный Ключ* и *Радостное*. Общие их запасы приближаются к 25 млн т руды, содержащей 33-34 % Fe.

В гранитизированных метаморфических комплексах PR_1 Кожимского выступа находятся небольшие *месторождения золота типа жильных и минерализованных зон (Сосновое, Тэлаиз, Воргавож)*, а также значительные *скопления высококачественного кварца и горного хрусталя (Пуйва, Додо и др.).*

В отложениях терригенно-карбостромовой формации RF_1 (бакальская, саткинская, суранская свиты) залегают стратиформные месторождения сидерита Бакальской группы, Саткинское магнезита, Суранское флюорита.

Бакальская группа месторождений – одно из крупнейших в мире промышленных скоплений сидерита, запасы которого составляют 1 млрд т со средним содержанием Fe 31,2 %; кроме того, на месторождении имеются разведанные запасы бурых железняков, образованных по сидериту, с запасами 200 млн т со средним содержанием Fe 44 %.

Саткинское месторождение магнезита содержит 180 млн т руды со средним содержанием MgO 45 %.

На *Суранском месторождении* разведанные запасы *плавикового шпата* составляют 3 млн т со средним содержанием CaF_2 43,3 %.

В отложениях терригенно-карбостромовой формации RF_2 залегает *Кужинское стратиформное барит-свинцово-цинковое месторождение*. Главными рудными минералами являются галенит, сфалерит (преимущественно клейофан) и барит. На месторождении выделены барит-свинцово-цинковые руды, в которых разведано около 80 тыс. т свинца (с содержанием 1,4 %), около 120 тыс. т цинка (с содержанием 2,1 %) и 380 тыс. т барита (с содержанием $BaSO_4$ 6,8 %), а также 6 млн т баритовой руды с содержанием $BaSO_4$ 51,7 %.

В габброидах формации расслоенных габбро-гранитных интрузий RF_2 локализованы *Копанское* и *Кусинское месторождения ильменитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд*. На месторождениях выделены сплошные и вкрапленные руды, главными минералами которых являются ильменит и титаномагнетит. В сплошных рудах содержание Fe 45 %, TiO_2 – 11%, V_2O_5 – 0,57 %, во вкрапленных рудах содержание Fe 25 %, TiO_2 – 6 %, V_2O_5 – 0,22 %. Запасы руды Копанского месторождения составляют 103 млн т.

Все названные выше месторождения расположены в структурах Башкирского мегантиклинория на Южном Урале.

В более северных районах, на Среднем Урале, к перидотитам формации расслоенных пироксенит-перидотитовых интрузий RF_2 приурочено *Сарановское месторождение стратиформных хромитов.* Главным рудным минералом является алюмохромит, в связи с чем руды являются глиноземистыми. Содержание Cr_2O_3 составляет 35-38 %, Al_2O_3 – до 20 %. Общие запасы руды месторождения составляют около 20 млн т.

В терригенно-карбонатных отложениях O_{2-3} расположены *стратиформные месторождения Саурейское барит-свинцово-цинковое* на Полярном Урале и *Парнокское марганцевое* – на Приполярном Урале.

На *Саурейском месторождении* главными рудными минералами являются галенит, барит и сфалерит. Его запасы составляют 360 тыс. т свинца (среднее содержание в руде 6%), около 600 тыс. т барита (содержание $BaSO_4$ 9-10 %) и около 30 тыс. т цинка (содержание 0,3 %), руды содержат 30 г/т серебра).

На *Парнокском месторождении* выделены первичные карбонатные руды и окисленные руды. Главными минералами карбонатных руд являются родохрозит, реже манганокальцит. Среднее содержание марганца в карбонатных рудах составляет 24 %. Главными минералами окисленных руд являются пиролюзит MnO_2, псиломелан $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$, вернадит $MnO_2 \cdot H_2O$, криптомелан $K_2O \cdot MnO \cdot 15\ MnO_2 \cdot nH_2O$. Среднее содержание марганца в окисленных рудах 30,5 %. Общие запасы марганцевых руд составляют 5,5 млн т, в том числе карбонатных – 4,2 млн т, окисленных – 1,3 млн т.

В пестроцветных отложениях *поздней перми* на Южном Урале располагается *Каргалинское месторождение медистых песчаников*. Главными рудными минералами этого месторождения являются халькозин, борнит, халькопирит, в зонах окисления развиты также ковеллин, куприт, тенорит, малахит, азурит. Среднее содержание меди составляет 3,2 %, ее общие запасы составляют 153,5 тыс. т.

О месторождениях солей и углей речь шла выше, при рассмотрении полезных ископаемых ВЕП.

Кроме того, одним из важнейших полезных ископаемых структур западного склона Урала являются *россыпные месторождения* высокосортных, преимущественно ювелирных, *алмазов*, находящиеся на Среднем Урале в *Красновишерском алмазоносном районе* на территории Пермского края.

8.1.3. Уральская эвгеосинклинальная область

Эта область образована серией сопряженных палеозойских геосинклинальных интрузивно-вулканических поясов (мегазон) и разделяющих их срединных массивов. Эти структуры обладают принципиально сходным характером строения, развития и металлогении, но характеризуются разновременным заложением и стабилизацией. Разделяющие эти пояса срединные массивы представляют собой блоки догеосинклинального основания, сложенные допалеозойскими метаморфическими комплексами и испытавшие тектоно-магматическую активизацию в период палеозойского геосинклинального магматизма.

Среди главнейших геосинклинальных интрузивно-вулканических поясов Урала будут рассмотрены следующие: Тагильский, Западно-Магнито-горский, Восточно-Магнитогорский и Каменский (Алапаевско-Теченский).

8.1.3.1.Тагильский интрузивно-вулканический пояс

Геологическое строение

Тагильский интрузивно-вулканический пояс протягивается в меридиональном направлении на Полярном, Приполярном, Северном и Среднем Урале. Его протяженность примерно 1 100 – 1 200 км от побережья Северного Ледовитого океана до широты 56° (около 100 км южнее г. Екатеринбурга).

Лучше всего этот пояс изучен на Северном и Среднем Урале, где его структуры представлены в полном объеме. В более северных районах структуры восточ-

ной части Тагильского пояса погребены под мезозойско-кайнозойским чехлом Западно-Сибирской плиты.

В основании разреза Тагильского пояса располагается *раннепалеозойская* (O_{1-2}) офиолитовая ассоциация, включающая вулканиты однородной базальтовой (кремнисто-базальтовой) формации (*выйская, маринская свиты*), альпинотипные ультрамафиты дунит-гарцбургитовой формации (*салатимский*, *серовский комплексы*), слагающие массивы Рай-Из, Войкарский, Серовский, Салатимский и др., и габбровую формацию. Эти образования относятся к начальной (океанической) стадии.

Выше располагаются вулканиты базальт-риолитовой формации O_3-S_1, выделяемой в разных частях как *шемурская*, *кабанская*, *красноуральская*, *кировградская свиты*. С вулканитами ассоциируют небольшие гипабиссальные тела порфировидных плагиогранитов габбро-плагиогранитной формации. Эти образования относятся к раннегеосинклинальной (раннеостроводужной) стадии.

Еще выше залегают образования туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации S_1-S_2, относящиеся к *павдинской* и *именновской свитам*. С вулканитами ассоциируют разнообразные вулкано-осадочные породы и массивы рифогенных известняков. Интрузивным эквивалентом вулканитов является габбро-диорит-гранодиоритовая (габбро-диоритовая) формация. Эти образования относятся к позднегеосинклинальной (позднеостроводужной) стадии.

[*Петрографический, литолого-фациальный состав всех перечисленных образований и их петрогеохимические особенности идентичны охарактеризованным при рассмотрении признаков тектонических комплексов* – см. раздел 3].

Начиная со второй половины позднего силура, Тагильский пояс переходит к платформенному (континентальному) развитию. Начало этого режима зафиксировано накоплениями терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахито-вой формации (*туринская свита*) S_2-D_1. Вулканиты этой формации представлены разнообломочными туфами трахибазальтов, трахиандезибазальтов, трахиандезитов, трахитов, лавами того же состава. С ними ассоциируют вулканомиктовые и туфопесчаники, а также рифогенные известняки. Все эти образования находятся в тесных фациальных взаимоотношениях, образуя взаимопереходы, фациальные замещения по латерали и вертикали. Субвулканическая фация представлена дайками трахитов, микрогаббро, микросиенитов, сиенодиоритов. Интрузивным эквивалентом вулканических образований является габбро-сиенитовая формация (*тагило-кушвинский комплекс*), породы которой образуют небольшие гипабиссальные массивы. Они сложены габбросиенитами, сиенитами, сиенодиоритами. Вулканические и интрузивные породы характеризуются калиевым типом щелочности.

К уровню D_1-D_2-D_3^1 относится карбонатная бокситоносная формация, литофонд которой представлен слоистыми и массивными рифогенными известняками.

Залегающий выше *фамен-раннетурнейский* (D_3fm-C_1t_1) комплекс пород представлен трапповой и терригенной угленосной формациями. Трапповая формация представлена преимущественно лавами, реже туфами, высокотитанистых базальтов и оливиновых базальтов, с которыми ассоциируют дайки и силлы оливиновых долеритов и габбро-долеритов (формация интрузивных траппов). Угленосная формация, имеющая *раннетурнейский* возраст (C_1t_1), представлена черными алевролитами, аргиллитами и пластами углей.

Синхронно с накоплением карбонатной формации D_1-D_2-D_3^1 на Среднем Урале формировалась сложная ассоциация вулканогенных, вулканогенно- осадочных, оса-

дочных и интрузивных пород. Этот комплекс включает терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахиандезитовую формацию (*краснотурьинская свита*) и габбро-монцодиорит-лейкогранитовую формацию (*песчанско-ауэрбаховский комплекс*). Вулканиты краснотурьинской свиты представлены роговообманковыми трахибазальтами, трахиандезибазальтами, трахиандезитами, их разнообломочными туфами, в субвулканической фации присутствуют породы, аналогичные по составу лавам, а также микромонцодиориты, микрограниты, субщелочные габброиды. Вулканогенно-осадочные породы представлены туфопесчаниками, вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, осадочные – известняками. Вулканиты вместе с совозрастными интрузивными породами образуют вулкано-интрузивную ассоциацию. Вся эта сложная ассоциация вулканогенных, вулканогенно-осадочных, осадочных и интрузивных пород знаменует собой тектоно-магматическую активизацию стабилизированного Тагильского пояса, происходившую на фоне его платформенного развития. Эта тектоно-магматическая активизация по времени сопряжена с развитием девонского геосинклинального магматизма, происходившего в смежных поясах, в частности в Западно-, Восточно-Магнитогорском и Каменском. О строении этих поясов речь будет идти ниже.

Важным элементом геологического строения Тагильского пояса является наличие в его западной части протяженной (около 1 000 км) цепи базит-ультрабазитовых массивов, относящихся к *дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации* и известных как Платиноносный пояс. По морфологии среди этих массивов выделяются две группы – концентрически-зональные и будинообразные. Несмотря на то, что эти образования изучаются на протяжении не менее ста лет, вопрос об их возрасте и геодинамическом положении до настоящего времени не имеет однозначного решения. Тем не менее большинство исследователей полагает, что они не относятся к офиолитам. Многие массивы, обладающие концентрически-зональным строением, близки платформенным. Имеющиеся данные об их возрасте, базирующиеся преимущественно на абсолютной геохронологии, колеблются от раннего протерозоя до раннего карбона. В серийных легендах Госгеолкарты масштабов 1:200 000 и 1:1 000 000 этим образованиям условно придан *вендский* и *позднеордовикско-раннесилурийский* возраст с разделением их на комплексы: *конжаковский дунит-клинопироксенит-габбровый V, качканарский дунит-клинопироксенит-габбровый* O_3 и *тагило-кытлымский габбро-норитовый* S_1.

В центральной части Тагильского пояса (севернее г. В.Тура) в 1985- 2003 гг. бурилась **Уральская сверхглубокая скважина** (**СГ-4**). Скважина была забурена 5.06.1985 г., и окончено бурение 31.12.2004 г. Проектная глубина скважины 15 км. В связи с прекращением финансирования скважина была закрыта на глубине 6 015 м.

Цель бурения скважины – изучить глубинное строение и особенности формирования Тагильской островодужной системы Уральского складчатого пояса.

Главные задачи: 1) изучение геологического разреза Тагильского прогиба; 2) установление состава и природы фундамента прогиба; 3) получение достоверной информации о составе и свойствах глубокозалегающих рудоносных комплексов; 4) исследование особенностей геотермального и флюидного режимов, природы геофизических (сейсмических) границ.

Основные результаты бурения СГ-4

Конструкция скважины: в интервале 0-34 м скважина бурилась диаметром 720 мм; в интервале 34-258 м – диаметром 530 мм; в интервале 258- 3492 м – диамет-

ром 426 мм; в интервале 3492-5413 м – диаметром 324 мм; далее до забоя – диаметром 295 мм.

Вскрытый разрез. В интервале 0-3487 м вскрыты вулканиты *именновской свиты* S_{1-2}, представленные порфировыми базальтами, андезибазальтами и их туфами. В интервале 3487-5070 м вскрыты вулканогенно-осадочные образования (флишоидная толща), относящиеся к *павдинской свите* S_1. В составе этих образований преобладают ритмично-слоистые вулканогенно-осадочные породы дацитового состава, переслаивающиеся к кремнистыми алевропелитами с редкими прослоями туффитов и туфов, а также лавы и туфы андезибазальтов и андезитов. Эти образования пересекаются дайками диоритов и пикробазальтов. Таким образом, оба эти интервала вскрывают разрез туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации. С глубины 5070 м и до забоя скважины (глубина 6015 м) пересечены вулканиты базальт-риолитовй формации O_3-S_1, относящиеся к *кабанской свите*. Вскрытая часть разреза кабанской свиты разделена на две пачки – базальтовую (5070-5264 м) и дацитовую (5264-6015 м). Базальтовая пачка сложена преимущественно афировыми базальтами, андезибазальтами с маломощными потоками лав андезидацитов, а в самой верхней части в ней присутствуют слоистые тефроиды с прослойками яшмоидов. Дацитовая пачка образована лавами дацитов и андезидацитов, содержащими редкие потоки андезибазальтов и андезитов. С глубины 5380 м в разрезе кабанской свиты присутствуют дайки роговообманковых диоритов и микродиоритов. Вулканиты базальт-риолитовой формации местами преобразованы в кварц-альбит-серицитовые метасоматиты с вкрапленностью пирита и халькопирита.

Полезные ископаемые

Структуры Тагильского пояса богаты разнообразными месторождениями черных, цветных и благородных металлов.

Черные металлы

Хромовые руды (хромиты). *Месторождения альпинотипных хромитов* (*Центральное, Западное*) приурочены к массиву Рай-Из на Полярном Урале, породы которого относятся к дунит-гарцбургитовой формации. Главным рудным минералом является хромит. Содержание Cr_2O_3 достигают 36-38 %. Общие запасы хромитов на этих объектах составляют около 6,3 млн т.

Железные руды. Месторождения железных руд принадлежат трем геолого-промышленным типам (ГПТ): титаномагнетитовому и скарново-магнети-товому, бурожелезняковому.

Месторождения титаномагнетитового ГПТ, наиболее известными из которых являются *Собственно Качканарское* и *Гусевогорское*, приурочены к массивам Платиноносного пояса. Названные месторождения расположены в пределах Качканарского массива. Объекты характеризуются вкрапленными рудами, главным минералом которых является ванадийсодержащий титаномагнетит. Содержание железа в этих рудах составляет 16,5 %, TiO_2 – 1,3 %, V_2O_5 – 0,14-0,15 %. Запасы железных руд каждого из этих месторождений оцениваются в 5,7 млрд т.

Месторождения скарново-магнетитового ГПТ расположены на трех уровнях.

Месторождения нижнего уровня приурочены к контакту массивов гранодиоритов габбро-диорит-гранодиоритовой формации S_1-S_2 с вмещающими их вулкано-

генными и вулканогенно-осадочными и карбонатными породами этого же возраста. Примером объектов этого уровня является *месторождение 3-е Северное* на Северном Урале. Содержание железа в нем около 30 %, запасы 71 млн т. Главным рудным минералом является магнетит. Месторождение содержит также около 70 тыс. т меди с ее содержанием в руде 0,7 %. Главным медьсодержащим минералом является халькопирит.

Месторождения среднего уровня приурочены к контактам массивов габбро-сиенитовой формации (*тагило-кушвинский комплекс*) S_2-D_1 с вмещающими образованиями *туринской свиты*. На этом уровне расположены *месторождения Тагило-Кушвинского* железорудного района на Среднем Урале (*Высокогорское, Гороблагодатское, Северо-Гороблагодатское, Естюнинское* и др.). Главным рудным минералом является магнетит. Содержания железа в рудах на разных месторождениях колеблются в пределах 26-42 %. Общие запасы железных руд этого района составляют около 700 млн т.

Объекты *верхнего уровня* расположены в области контакта массивов *песчанско-ауэрбаховского комплекса* с вмещающими породами *краснотурьинской свиты* (*ранний-средний девон*). Наиболее известным *месторождением* этого уровня является *Песчанское*, содержащее около 130 млн т руды с содержанием железа 45 %.

Бурожелезняковый ГПТ представлен *Серовским месторождением сеноманского* (K_2) возраста. Бобово-конгломератовые руды сложены гидрогетитом, гетитом, магнетитом, гематитом, гидрогематитом, сидеритом, пиритом. Они залегают в разрезе терригенных отложений *мысовской свиты* этого возраста. В связи с тем, что отложения этой свиты залегают на размытой поверхности и коре выветривания ультраосновных пород, эти руды природно легированы хромом, никелем и кобальтом. Общие запасы железных руд месторождения оценены в 635,6 млн т со средним содержанием железа 36,5 %, хрома – 1,6 %, никеля – 0,18 %, кобальта – 0,02 %.

Цветные металлы

Колчеданные руды. Многочисленные месторождения колчеданных руд (*Шемурское, Ново-Шемурское, Тарньерское, Тагило-Красноуральский и Левихинский рудные районы*) приурочены к вулканитам базальт-риолитовой формации O_3-S_1. Они представлены согласными с залеганием вмещающих вулканитов залежами сплошных и вкрапленных руд, состоящих из пирита, халькопирита и сфалерита с подчиненным количеством галенита, борнита и блеклых руд. Обычные содержания меди в руде составляют 1,5-3 %, цинка – 2,5-4 %, серы – 35-45 %, золота – 1 г/т, серебра – 10 г/т. Месторождения не превышают средних по запасам.

Ванадий-железо-медные руды известны только на *Волковском месторождении*. Месторождение расположено в северной части Тагило-Баранчинского габбрового массива Платиноносного пояса. Вкрапленные руды приурочены к битовнитовым, лабрадоровым габбро, они состоят из ванадийсодержащего титаномагнетита, халькопирита, борнита, пирита и апатита. Среднее содержание меди – 0,9 %, железа – 16,5 %, V_2O_5 – 0,3 %, P_2O_5 – около 4 %, руды содержат до 130 мг/т палладия, а также золото. Месторождение по запасам является крупным.

Медно-скарновые руды представлены в *месторождениях Краснотурьинской группы* (*Турьинские скарновые рудники*) на Северном Урале. Наиболее известными являются *Вадимо-Александровское, Башмаковское, Фроловское месторождения*. Они приурочены к области контакта гранитоидов *песчанско-ауэрбаховского комплекса* и терригенно-карбонатно-вулканогенными образованиями *краснотурьинской свиты* (*ранний-средний девон*). Обычные содержания меди на этих объектах составляют 1-1,2

%; на ряде объектов с медно-скарновыми рудами ассоциируют скарново-магнетитовые руды. Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит и магнетит. Месторождения известны с середины XVIII века, некоторые из них отрабатываются до настоящего времени. Общие запасы меди в месторождениях этой группы оценивались примерно в 300 тыс.т. Месторождения в значительной мере выработаны.

Силикатные никель-кобальтовые руды приурочены к *мезозойским* корам выветривания на ультрабазитовых массивах дунит-гарцбургитовой формации. Наиболее известным является *Серовское месторождение*, содержащее около 1 % никеля и до 0,1 % кобальта. Главными рудными минералами являются галлуазит и нонтронит. По запасам месторождение относится к крупным.

Бокситы. Латеритно-осадочные месторождения бокситов приурочены к карбонатной формации D_{1-2}, расположенной в центральной части Тагильского пояса на Северном Урале. Наиболее значительными являются *месторождения Красная Шапочка, Черемуховское, Тошемское, Северо-Тошемское* и др., группа которых образует бокситоносный бассейн, известный как *СУБР* (*Северо-Уральские бокситовые рудники*). В этом бассейне расположены месторождения наиболее высококачественных бокситов России. Содержания Al_2O_3 в этих объектах составляет 53-55 %, SiO_2 – около 6 %, Al_2O_3: SiO_2 = 9.

Благородные металлы

Месторождение золота – Воронцовское, относящееся к *золото-сульфидно-кварцевому типу*, приурочено к образованиям *терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахиандезитовой формации* D_{1-2} в области их контакта с гранитоидами *песчанско-ауэрбаховского* комплекса. Среднее содержание золота в рудах около 5 г/т.

Кроме того, на территории Тагильского пояса известно свыше 200 разномасштабных золотых, золото-платиновых и платиновых россыпей, приуроченных к *мезозойским* и *плиоцен-четвертичным* аллювиальным отложениям. Содержания золота в россыпях колеблются в пределах 100-200 мг/м^3, платиноидов – до 100 мг/м^3.

Твердое топливо

Уголь каменный. В породах угленосной формации C_1t_1 локализовано небольшое *Маньинское месторождение*.

Кроме того, в пределах Тагильского пояса имеется значительное количество месторождений декоративных, поделочных и облицовочных материалов, общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) – пески, глины, щебень и т. п., подземных вод, используемых для производственно-технического и коммунального водоснабжения.

***

На Южном Урале структурой, близкой по особенностям строения к Тагильскому поясу, является Кракинско-Медногорский (Сакмарский) интрузивно-вулканический пояс. В отличие от Тагильского, он характеризуется более широко развитым ультрабазитовым магматизмом, реализованным в крупных массивах дунит-гарцбургитовой формации (массивы Крака, Кемпирсайский, Хабарнинский; в последнем совмещены образования дунит-гарцбургитовой формации и платиноносной дунит-клинопироксенит-габбровой ассоциации). В пределах Кемпирсайского массива расположена *Донская* группа месторождений *высокохромистых хромитов* (Актюбинская область, Республика Казахстан). Это самое крупное в Евразии промышленное скопление высокохромистых альпинотипных хромитов. В

наиболее распространенных густовкрапленных рудах содержится: Cr_2O_3 – 30-55 %; FeO – 12-14 %; Al_2O_3 – 2-8,5 % SiO_2 – 4-10 %. Отношение Cr_2O_3:FeO>4. Текущие запасы составляют 340 млн т, а с учетом отработанных – приближаются к 0,5 млрд т.

В базальт-риолитовой формации O_3-S_1, т. е. на том же формационном и возрастном уровне, что и в Тагильском поясе, локализованы *колчеданные месторождения Медногорского рудного района* (*Блявинское, Комсомольское, Яман-Касы*), параметры и содержания в которых близки охарактеризованным выше.

8.1.3.2. Западно-Магнитогорский интрузивно-вулканический пояс

Геологическое строение

Западно-Магнитогорский пояс расположен преимущественно на Южном Урале. Он имеет протяженность 1 000-1 100 км. Его западным ограничением является Уралтауская зона, представляющая собой срединный массив, который в раннем палеозое разделял Западно-Магнитогорский и Кракинско-Медногорский (Сакмарский) пояса. Восточным ограничением Западно-Магнитогорского пояса является Центрально-Магнитогорская зона. Последняя является погребенным срединным массивом, который в девоне разделял Западно- и Восточно-Магнитогорский пояса.

В структуре пояса в поперечном его сечении выделяются четыре структурно-формационные зоны (с запада на восток): 1) Присакмарская, 2) Акъяр-Бурибаевская (Баймак-Бурибаевская), 3) Ирендыкская, 4) Сибай-Гайская.

Присакмарская зона сложена раннепалеозойской офиолитовой ассоциацией, включающей кремнисто-базальтовую формацию O_2-D_1 (*сакмарская*, *поляковская свиты*) и *среднеордовикскую* альпинотипную дунит-гарцбурги-товую формацию. Породы последней слагают Ишкининский, Халиловский, Байгускаровский и ряд более мелких массивов, в которых наряду с ультрамафитами присутствуют небольшие тела габброидов, нередко превращенных в родингиты (хлорит-гранат-пироксеновые породы).

Выше залегают образования граувакковой формации D_3fm-C_1t_1 (*зилаирская свита*), литофонд которой образуют серые песчаники, гравелиты, мелкогалечные конгломераты, небольшие прослои и линзы известняков.

Еще выше залегают отложения визе-серпуховской (C_1v-s) карбонатной формации (*кизильская свита*), сложенной в основном известняками.

В северной части зоны породы офиолитовой ассоциации прорваны небольшими телами гранитной формации C_3-P_1.

Акъяр-Бурибаевская (Баймак-Бурибаевская) зона сложена вулканитами базальт-риолитовой формации S_2-D_1 (или D_1), известной как *баймак-бурибаевская свита*. С этими вулканитами ассоциируют небольшие массивы плагиогранитов, относящиеся к габбро-плагиогранитной формации. В своей восточной части вулканиты базальт-риолитовой формации местами перекрыты образованиями туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации D_{1-2} (*ирендыкская свита*), а в западной и южной частях и граувакковой формации D_3fm-C_1t_1.

Ирендыкская зона сложена образованиями туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации D_{1-2} (*ирендыкская свита*), с которыми ассоциируют гипабиссальные тела порфировидных диоритов и габбро-диоритов габбро-диорит-гранодиоритовой формации того же возраста.

Сибай-Гайская зона устроена следующим образом. В ее видимом основании располагаются вулканиты базальтовой (кремнисто-базальтовой) формации, выделяемые в объеме *нижней подсвиты карамалыташской свиты* D_2ef. К *верхней подсвите этой свиты* относится базальт-риолитовая формация. Выше залегают отложения терригенно-вулканомиктовой формации *живетского* (D_2žv) *яруса* (*улутауская свита*), сложенная вулканомиктовыми песчаниками, алевролитами, прослоями и банками рифогенных известняков; в основании улутауской свиты залегает *бугулыгырский яшмовый горизонт* (все знаменитые пестроцветные яшмы Южного Урала приурочены к этому горизонту). К *франскому ярусу позднего девона* (D_3f) относится базальт-андезибазальтовая формация (*колтубанская свита*). *Фаменраннетурнейские отложения* (D_3fm-C_1t_1) представлены граувакковой формацией (*зилаирская свита*), сложенной песчаниками, гравелитами, аргиллитами, прослоями и линзами известняков. Среди этих отложений залегают дайки долеритов, габбро-долеритов траппового типа (*худолазовский комплекс*), имеющие *раннекаменноугольный возраст*. Палеозойский разрез Сибай-Гайской зоны завершают отложения карбонатной формации *визе-серпуховского возраста* (C_1v-s), относящиеся к *кизильской свите*.

Полезные ископаемые

Черные металлы

Железные руды. Наиболее значимым является *Круглогорское месторождение скарново-магнетитовых руд*, расположенное в Ирендыкской зоне, где приурочено к области контакта пород туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации с комагматичными интрузиями гранитоидов. Главным рудным минералом является магнетит. Запасы месторождения около 60 млн т руды со средним содержанием железа в руде 41 %.

Марганцевые руды. Мелкие месторождения марганцевых руд расположены на двух стратиграфических уровнях.

Объекты нижнего стратиграфического уровня расположены в Сибай-Гайской зоне, где приурочены к *бугулыгырскому яшмовому горизонту*, и они относятся к *кремнисто-марганцевой рудной формации*. Типовым объектом является *Южно-Файзулинское месторождение* (Республика Башкортостан). Наиболее обычным минералом первичных руд является браунит Mn_2O_3, иногда ассоциирующий с родонитом и марганцовистым гранатом. Качество руд низкое: содержание марганца находится на уровне 15-20 %. Промышленный интерес представляли в свое время окисленные руды марганцевых шляп, в которых содержание марганца достигало 50 %. Эти руды в основном отработаны в годы Великой Отечественной войны. Они являлись важным сырьевым источником марганца, так как все марганцевые месторождения Никопольского (Южно-Украинского) бассейна были оккупированы немецкими войсками. Эти руды поставлялись на Магнитогорский металлургический комбинат и использовались для выплавки броневых сталей.

На верхнем стратиграфическом уровне располагается *Аккермановское месторождение* (Оренбургская область), которое относится к *карбонатно-марганцевой рудной формации*. Оно расположено в Присакмарской зоне и приурочено к отложениям *визе-серпуховской* карбонатной формации (*кизильская свита*). Здесь выделяются два типа руд: первичные карбонатные (родохрозит-манганкальцитовые), содержащие в среднем 15 % марганца, и окисленные (псиломелан-

пиролюзитовые), содержащие до 35-40 % марганца. Окисленные руды месторождения также являлись объектом добычи в годы Великой Отечественной войны.

Цветные металлы

Колчеданные месторождения. В Западно-Магнитогорском поясе расположены все самые крупные колчеданные месторождения Урала, в том числе одни из крупнейших в мире.

Месторождения залегают на трех стратиграфических уровнях.

Объекты *нижнего уровня* расположены в *раннепалеозойских* офиолитах Присакмарской зоны, где и относятся к кипрскому типу. К ним относятся *месторождения Маукское*, *Ишкининское*, *Ивановское*, *Дергамышское* и др., для которых характерны преимущественно мелкие размеры, халькопирит-пирит-пирротиновый (±сфалерит) состав руд, присутствие в них повышенных содержаний никеля и кобальта, иногда металлов платиновой группы. Месторождения преимущественно мелкие.

Объекты *среднего уровня* расположены в Акъяр-Бурибаевской (Баймак-Бурибаевской) зоне, где локализованы в вулканитах базальт-риолитовой формации S_2-D_1 (или D_1). В этой зоне месторождения относятся к двум типам: уральскому и куроко. Объекты уральского типа (*месторождения Бурибайское, Юбилейное и др.*) обладают медно-цинковым (сфалерит-халькопирит-пиритовым) составом руд; размер их средний и крупный. Месторождения типа куроко являются мелкими по запасам, для них характерен золото-колчеданно-полиметаллический состав руд (галенит-сфалерит-халькопирит-пиритовый, с повышенным содержанием золота и серебра). К ним относится *Баймакская группа месторождений* (*Семеновское, Таш-Тау, Бакр-Тау, Куль-Юрт-Тау* и др.).

Объекты *верхнего уровня* располагаются в Сибай-Гайской зоне, где также локализованы в вулканитах базальт-риолитовой формации *среднего девона*. К ним относятся такие *месторождения*, как *Гайское* (Оренбургская область), *Подольское, Сибайское, Учалинское* и др. (Республика Башкортостан), *Узельгинское, Карабашская группа* (Челябинская область), *Дегтярское* (Свердловская область). Эти месторождения обладают сфалерит-халькопирит-пиритовым составом руд; содержание меди в них составляет 1-3 %, цинка 2-4 %, золота – около 1 г/т, серебра – 10 г/т.

Медно-порфировые месторождения. Объекты этого рудноформационного типа представлены *Салаватским* и *Вознесенским месторождениями*, расположенными в Ирендыкской зоне (Республика Башкортостан). Они приурочены к порфировидным диоритоидам, завершающим накопление вулканитов туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации. Вкрапленные, прожилково-вкрапленные, штокверково-вкрапленные руды имеют преимущественно халькопирит-пиритовый состав; в них содержится до 0,4-0,5 % меди и до 0,007-0,008 % молибдена, а также около 0,2 г/т золота.

Благородные металлы

Золоторудные месторождения. С дайковой серией *позднепалеозойских* гранитов, а также с телами родингитов в Присакмарской зоне связаны месторождения золота типа жильных и минерализованных зон *Миасского золоторудного района*. В этих месторождениях золото-сульфидно-кварцевой и золото-родингитовой формаций содержания золота достигают 5 г/т. Эти месторождения обеспечивают накопления золота в *плиоцен-четвертичных* аллювиальных россыпях. В последних нередко встречались крупные самородки. Знаменитые уральские самородки золота

(«Большой треугольник», «Заячьи уши») весом до 30 кг были добыты из россыпей Миасского золоторудного района.

Неметаллические полезные ископаемые

Западно-Магнитогорский пояс богат многочисленными месторождениями декоративных, облицовочных и поделочных камней, среди которых в первую очередь следует отметить *месторождения пестроцветных яшм* (*гора Калиновская, гора Полковник*) на Южном Урале (Оренбургская область). Пестроцветные яшмы приурочены к *бугулыгырскому горизонту*, залегающему в основании улутауской свиты *среднего девона*

8.1.3.3. Восточно-Магнитогорский интрузивно-вулканический пояс

Геологическое строение

Этот пояс распространен только на Южном Урале и имеет протяженность около 400 км при ширине 50-60 км. Его западным ограничением является Центрально-Магнитогорская зона, восточным – Челябинско-Суундукс-кий срединный массив. Эти границы проходят по зонам разломов глубокого заложения. В своей северной части (между городами Учалы и Миасс) Восточно-Магнитогорский пояс под острым углом причленяется к Западно-Магнитогорскому. На юге, в Мугоджарах, Восточно-Магнитогорский пояс расщепляется на ряд протяженных (до 100 км) и узких вулканогенных трогов шириной 1-3 км, рассекающих Мугоджарский срединный массив.

По своему геологическому строению Восточно-Магнитогорский пояс близок Сибай-Гайской зоне Западно-Магнитогорского пояса. В нем проявлен тот же формационный ряд магматических и осадочных пород *девонско-каменноугольного возраста*. Отличия заключаются в следующем: 1) в Восточно-Магнитогорском поясе развита *раннедевонская* офиолитовая ассоциация; 2) с вулканитами *позднедевонской* туфо-турбидитной базальт-андезибазаль-товой формации ассоциируют небольшие тела гранитоидов габбро-диорит-гранодиоритовой формации, несущие золотое оруденение; 3) на уровне граувакковой формации *фамен-раннетурнейского* возраста располагаются вулканические образования, относящиеся к терригенно-карбонатной трахибазальт-трахитовой формации, с которой ассоциируют комагматичные интрузивные породы габбро-сиенитовой формации; 4) на уровне *позднего турне* (C_1t_2) или *позднего турне-раннего визе* (C_1t_2-v_1) представлены отложения терригенной угленосной формации, с которой ассоциируют вулканиты трапповой формации, с которой, в свою очередь, сопряжены силлы и дайки долеритов и габбро-долеритов формации интрузивных траппов; 5) в нем достаточно широко распространены интрузии *позднепалеозойских* (C_3-P) гранитов.

Полезные ископаемые

Ведущими полезными ископаемыми Восточно-Магнитогорского пояса являются *колчеданные месторождения*. Среди них выделяются три группы объектов.

Одна из этих групп представлена *колчеданно-полиметаллическими* (*медно-свинцово-цинковыми*) *месторождениями*, близкими рудноалтайскому (куроко) типу (*месторождения Александринское* в Челябинской области, *Джусинское, Барсу-*

чий лог в Оренбургской области). Эти месторождения расположены в северной и центральной частях пояса. Главными рудными минералами являются пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, иногда барит. Содержания меди в них составляют 1-3 %, цинка – до 4 %, свинца – до 0,5- 07 %, барита – до 10 %. Они приурочены к *эйфельской* базальт-риолитовой формации.

Другая группа представлена *медно-цинковоколчеданными месторождениями* уральского типа, также приуроченными к *эйфельской* базальт-риолитовой формации. Они расположены в южной части пояса, там, где он расщепляется на серию узких вулканогенных трогов. К ним относятся *месторождения Летнее, Весеннее-Аралчинское, Осеннее, Зимнее* (Оренбургская область), *Приорское, Тастыбутак, Авангард* (Актюбинская область Республики Казахстан). Содержания меди и цинка в этих объекта составляют 1-3 %.

Третью группу представляет *Амурское цинково-колчеданное месторождение* (Челябинская область), близкое филизчайскому типу. Оно локализовано в отложениях *живетской* терригенно-вулканомиктовой формации; главными рудными минералами являются сфалерит (содержание цинка 3,7 %) и галенит (содержание свинца около 0,3 %).

Наряду с колчеданными в Восточно-Магнитогорском поясе представлены *золоторудные месторождения* (*Куросанская группа*) в Челябинской области. Они приурочены к телам гранитоидов габбро-диорит-гранодиори-товой формации *позднего девона*, комагматичными и совозрастными вулканитам базальт-андезибазальтовой формации.

К отложениям угленосной формации C_1t_2 или C_1t_2-v_1 приурочены каменноугольные месторождения *Домбаровского угленосного бассейна* (Оренбургская область).

***

На Южном Урале Западно- и Восточно-Магнитогорский пояса разделены Центрально-Магнитогорской зоной. Согласно геофизическим данным в основании этой зоны расположены те же *рифейские* осадочные и магматические комплексы, которые слагают Башкирский мегантиклинорий. Из этого следует, что Центрально-Магнитогорская зона представляла собой срединный массив, который в раннесреднедевонское время разделял Западно- и Восточно-Магнитогорский пояса. В позднедевонское и каменноугольное время этот срединный массив был перекрыт мощными толщами осадочных и вулканических пород соответствующего возраста, имеющими черты платформенных образований. Образования *франского возраста* (D_3f) представлены порфировыми пироксеновыми, пироксен-плагиоклазовыми оливинсодержащими базальтами, трахибазальтами, их туфами, туфами пикритов. Вулканиты *фаменского возраста* (D_3fm) – трахибазальты, трахиандезибазальты, трахиандезиты, трахидациты и их туфы – связаны с франскими постепенными переходами. С ними ассоциируют комагматичные интрузивные образования в виде субщелочных габбро, кварцевых сиенитов, гранитов. На уровне *турне-визе-серпухова* (C_1t-v-s) распространены вулканогенные, интрузивные и осадочные образования. Вулканические породы, входящие в состав *березовской свиты*, представлены высокотитанистыми оливиновыми базальтами, ассоциирующими с калиевыми риолитами, частично трахибазальтами, которые сопоставимы со щелочно-оливин-базальтовой формацией континентов. Вулканитам комагматичны и совозрастны интрузивные породы габбро-граносиенитовой формации (*магнитогорский комплекс*). Вся эта вулкано-интрузивная ассоциация обеспечивала образование

Магнитогорского месторождения скарново-магнетитовых руд. Осадочные толщи представлены карбонатной формацией, образованной преимущественно известняками (*кизильская свита*), возраст которой поднимается до *башкирского яруса среднего карбона* (C_2b). Завершает палеозойский разрез Центрально-Магнитогорс-кой зоны толща континентальных пестроцветных терригенных эвапоритоносных отложений (песчаники, алевролиты, конгломераты, аргиллиты с гипсами и ангидритами) *московского яруса среднего карбона* (C_2m).

8.1.3.4. Каменский (Алапаевско-Теченский) интрузивно-вулканический пояс

Геологическое строение

Этот пояс имеет протяженность около 650 км при ширине 60-70 км. Он располагается между Мурзинско-Адуйским и Челябинско-Суундукским срединными массивами, с которыми граничит по зонам разломов глубокого заложения, нередко фиксированным альпинотипными ультрамафитами.

По особенностям своего строения Каменский (Алапаевско-Теченский) пояс обнаруживает много сходных черт с Восточно-Магнитогорским поясом. Для Каменского пояса характерными являются *девонско-каменноугольные* магматические и осадочные формации, ему также присущи *раннедевонские* офиолиты и *позднепалеозойские* гранитоиды. Его отличительной особенностью является более высокий уровень тектонической нарушенности структур и наличие надвиговых дислокаций, вплоть до проявления обратной (перевернутой) стратиграфической последовательности пород.

Полезные ископаемые

Черные металлы

Железные руды. Наиболее значимым железорудным объектом является *Теченское* месторождение (Челябинская область) *скарново-магнетитовых руд*. Оно приурочено к области контакта пород терригенно-карбонатно-трахибазальт-трахитовой формации D_3fm-C_1t_1 с интрузивными породами габбро-сиенитовой формации того же возраста. Главным рудным минералом является магнетит. Запасы месторождения составляют около 77 млн т при среднем содержании железа 33 %.

Хромовые руды. Мелкие *месторождения альпинотипных хромитов* (*Курмановское*, *III Поденный рудник*) связаны с альпинотипными ультрамафитами Алапаевского массива (Свердловская область). Главным рудным минералом является хромит, содержания Cr_2O_3 не превышают 15 %, запасы месторождений до 0,5 млн т руды.

Цветные металлы

Колчеданные месторождения. В пределах пояса известно три колчеданных *месторождения* (*Сафьяновское* в Свердловской области, *Султановское* и *Касаргинское* – в Челябинской). Все они локализованы в вулканитах э*йфельской* базальт-риолитовой формации, характеризуются пирит-халькопирит-сфалеритовым составом руд, содержащих 1-3 % меди и 0,7-1 % цинка.

Никелевые месторождения. В *мезозойских* корах выветривания на массивах альпинотипных ультрамафитов локализованы *месторождения силикатных никеле-*

вых руд (*Липовское* в Свердловской области и др.), содержащих около 1 % Ni и 0,1 % Co.

Неметаллические полезные ископаемые

Уголь каменный. Все месторождения каменных углей находятся в *Махневско-Каменском* бассейне (Свердловская область), и они локализованы в терригенных отложениях C_1t_2 или C_1t_2-v_1, относящихся к угленосной формации.

Хризотил-асбест. В Каменском поясе расположено одно из крупнейших в мире *Баженовское месторождение хризотил-асбеста* (Свердловская область). Оно локализовано в пределах одноименного массива альпинотипных ультрамафитов, в тех его частях, которые подвержены контактовому воздействию *позднепалеозойских г*ранитов.

8.1.3.5. Восточные структуры Урала

Геологическое строение

В числе этих структур будут рассмотрены наиболее крупные срединные массивы, а также некоторые частные геосинклинальные зоны, рассекающие эти массивы и обладающие наиболее интересными и важными металлогеническими особенностями.

Срединные массивы. Среди наиболее крупных срединных массивов Урала следует отметить следующие: Салдинский, Мурзинско-Адуйский, Гаевский, Верхисетский, Сысертско-Ильменогорский, Челябинско-Суундукский, Адамовско-Мугоджарский.

Эти массивы характеризуются близким геологическим строением. Все они сложены в основном *раннепротерозойскими* метаморфическими образованиями, представленными различными гнейсами, амфиболитами, кристаллическими сланцами, графитистыми сланцами, мраморами, содержащими послойные тела гранитоидов и метаультрамафитов. В некоторых массивах (Сысертско-Ильменогорский, Салдинский, вероятно Адамовско-Мугоджарский) присутствуют блоки пород *позднего архея*, также представленные глубокометаморфизованными породами того же состава, а также гранат-магнетитовыми кварцитами. В Челябинско-Суундукском срединном массиве раннепротерозойские метаморфические образования перекрыты *рифей-вендским* терригенно-карбонатным и *раннепалеозойским* терригенным чехлом. Сысертско-Ильменогорский срединный массив в *раннем ордовике* испытал тектоно-магматическую активизацию, сопряженную по времени с развитием геосинклинального магматизма в Тагильском поясе. Вещественным выражением этой тектономагматической активизации являются массивы нефелиновых сиенитов (миаскитов) Ильменских и Вишневых гор.

Общим для всех срединных массивов является широкое развитие *позднепалеозойско-раннемезозойских* (C_3-P-T_1) гранитоидов, образующих главный гранитный пояс Урала.

Полезные ископаемые

Полезные ископаемые срединных массивов. Полезные ископаемые срединных массивов связаны в основном с гранитоидным магматизмом.

В Мурзинско-Адуйском массиве – это *месторождения редких металлов* (*тантал, ниобий, бериллий*) *Малышевской группы*, *Южно-Шамейское месторождение штокверково-вкрапленных молибденовых руд*. В этой же структуре расположено единственное в России *Малышевское* месторождение *изумрудов*, а также *Мурзинская камнесамоцветная* (*изумруды, александриты, аметисты*) полоса. Все эти объекты, приуроченные к *позднепалеозойско-раннемезозойским* гранитам, находятся в Свердловской области.

В Сысертско-Ильменогорском срединном массиве на территории Челябинской области, в связи с нефелиновыми сиенитами (миаскитами) и сопряженными с ними карбонатитами, расположено *Вишневогорское месторождение танталониобатов*, а также *Потанинское месторождение вермикулита*.

В Челябинско-Суундукском срединном массиве, также в Челябинской области, представлены *месторождения золота* (*Качкарь, Светлинское*) и высококачественного кварцевого сырья – *горный хрусталь* (*Астафьевское*).

Система частных геосинклиналей. Частные геосинклинали представляют собой узкие (шириной до 10-20 км) и протяженные (первые сотни километров), рифтовидные зоны, рассекающие срединные массивы. Они сложены преимущественно *раннепалеозойским* геосинклинальным рядом формаций, нередко сокращенным. Из всех этих структур будут рассмотрены две, наиболее важные, характеризующиеся высокой рудоносностью.

Медведевско-Свердловская зона расположена между Верхисетским и Салдинским массивами с запада и Мурзинско-Адуйским и Гаевским – с востока. Она сложена *раннепалеозойскими* офиолитами, прорванными *позднепалеозойско-раннемезозойскими* гранитами Шарташского массива. С дайковой серией этих гранитов связано *Березовское месторождение золота* в Свердловской области, отрабатывающееся уже около 300 лет. Это одно из крупнейших золоторудных месторождений на Урале, и оно является первенцем золоторудной промышленности России.

Катенинская зона расположена восточнее Челябинско-Суундукского срединного массива. Она сложена *раннепалеозойскими* офиолитами, перекрытыми вулканитами туфо-турбидитной базальт-андезибазальтовой формации *позднесилурийско-раннедевонского* возраста (S_2-D_1). Те и другие образования прорваны порфировидными гранитоидами *средне-позднекаменноугольной* габбро-монцодиорит-граносиенитовой формации. С этими гранитоидами связано *Михеевское молибден-меднопорфировое месторождение* (Челябинская область), содержащее 0,4 % меди и 0,007 % молибдена. Общие разведанные запасы меди составляют около 1,5 млн т. Главными рудными минералами являются халькопирит, пирит, борнит, молибденит.

8.1.4. Валерьяновский интрузивно-вулканический пояс (Геологическое строение и полезные ископаемые)

Это крупная структура, адекватная геосинклинальному Уралу. Она протягивается на 2,5-3 тыс. км, имея сначала меридиональное простирание, параллельное структурам Урала. В районе Мугоджар этот пояс резко поворачивает на юго-восток и, по геофизическим данным, приходит в торцовое сочленение со структурами Среднего Тянь-Шаня в Средней Азии.

Большая часть Валерьяновского пояса перекрыта мезозойско-кайнозойс-кими отложениями Западно-Сибирской плиты.

По своей геодинамической природе геологические формации, слагающие Валерьяновский пояс, близки активизационному типу, в связи с чем они больше относятся к казахстанско-среднеазиатским, чем к уральским.

Геологическое строение Валерьяновского пояса представляется следующим образом.

Наиболее древним образованием является трахибазальт-трахириолито-вая формация, имеющая *ранне-среднедевонско-франский* ($D_{1\text{-}2}$-D_3f) возраст. Она сложена вулканитами соответствующего состава, накопление которых относится к завершению орогенных каледонид Центрального Казахстана.

Выше залегает *визейская* (C_1v) *валерьяновская серия*, относимая к андезит-базальтовой формации. Петрофонд этой формации образуют пироксеновые, плагиоклазовые, роговообманковые, пироксен-плагиоклазовые базальты, андезибазальты, андезиты, их разнообломочные туфы, а также туфопесчаники, туфоалевролиты, содержащие прослои известняков. Вулканитам комагматична и совозрастна диорит-гранодиоритовая формация (*соколовско-сарбайский комплекс*). Вулканиты вместе с интрузивными породами образуют вулкано-интрузивную ассоциацию, которая обеспечила накопление уникальных объемов контактово-метасоматических *скарново-магнетитовых руд Соколовско-Сарбайского, Глубоченского* и *Качарского рудных районов* (Кустанайская область Республики Казахстан и Курганская область России). Общие запасы железных руд приближаются к 4 млрд т со средним содержанием железа около 40 %.

Залегающая выше *серпуховско-башкирская* (C_1s-C_2b) трахибазальт-трахиандезитовая формация (*качарская серия*) образована вулканитами соответствующего состава, чередующимися с туфогравелитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, органогенными обломочными известняками. Интрузивным аналогом вулканитов является габбро-монцодиорит-граносиенитовая формация (*ухановский комплекс*). Вулканиты и их интрузивные аналоги образуют вулкано-интрузивную ассоциацию. С гранитоидами этой интрузивной формации связаны *месторождения молибден-меднопорфировых руд* (*Бенкала Северная, Бенкала Южная* в Республике Казахстан), содержащие 0,4-0,5 % меди и 0,007-0,008 % молибдена.

Завершают палеозойский разрез Валерьяновского пояса пестроцветные терригенно-ангидритовые отложения *московского яруса среднего карбона* (C_2m), содержащие халькозин-борнитовую минерализацию типа медистых песчаников.

8.2. Западно-Сибирская плита

8.2.1. Общая характеристика

Географически это Западно-Сибирская низменность, расположенная между Уральскими горами на западе и р. Енисей – на востоке. По территории этой низменности протекают реки Обь, Иртыш, Тобол, Томь, Таз, Пур, Надым, Конда и др., относящиеся к бассейну Северного Ледовитого океана. Абсолютные отметки не превышают 200 м над уровнем моря.

8.2.2. Геологическое строение

Западно-Сибирская плита занимает северную часть Урало-Монгольс-кого пояса. На западе она ограничена горно-складчатыми сооружениями Урала, на востоке – структурами Сибирской платформы, на юге – структурами Казахстана и Тянь-Шаня, на юго-западе по Тургайскому коридору (Тургайские ворота) сопрягается с Туранской плитой. В северном направлении плита продолжается на шельф Карского моря.

Западно-Сибирская плита – это молодая платформа. Как и в любой платформе, в ее строении имеются фундамент и чехол.

В *фундаменте* Западно-Сибирской плиты представлены все те образования, которые слагают структуры Урала и Валерьяновского пояса – в западной части плиты, а на юго-востоке – образования, слагающие структуры Казахстана, Алтая, Кузнецко-Витимской области.

Платформенный *чехол*, мощность которого достигает 9-10 км, имеет двухэтажное строение: нижний этаж – триас-раннеюрский ($T\text{-}J_1$), верхний этаж – среднеюрско-кайнозойский ($J_2\text{-}KZ$).

Образования *триас-раннеюрского* ($T\text{-}J_1$) *структурного этажа* образуют протяженные до 300 км и относительно узкие (50-80 км) рифты, ограниченные разломами. Эти рифты устроены следующим образом. В их нижних частях залегают вулканиты базальтового состава траппового типа (*турьинская серия*) *раннего-среднего триаса* ($T_{1\text{-}2}$). Выше залегает угленосная формация (*челябинская серия*) *позднего триаса-ранней юры* ($T_3\text{-}J_1$) мощностью 1,5-2,5 км.

Среднеюрско-кайнозойский ($J_2\text{-}KZ$) *структурный этаж* общей мощностью 6-7 км сложен морскими и континентальными терригенными (песчано-глинистыми) отложениями соответствующего возраста. Эти отложения несогласно залегают как на фундаменте, так и на образованиях нижнего структурного этажа.

В 1987-1999 гг. на территории Западно-Сибирской плиты пробурена **Тюменская сверхглубокая скважина** (**СГ-6**) глубиной 7 502 м (проектная глубина 8 000 м). Скважина расположена в 60 км восточнее Уренгойского газового месторождения.

Задачей скважины являлось изучение разреза осадочного чехла Западно-Сибирской плиты.

Результаты бурения. Скважина вскрыла отложения *палеогена*, *мела*, *юры* и *триаса*. Впервые полностью охарактеризована керном *баженовская свита* ($J_3\text{-}K_1$), являющаяся важнейшим нефтегазоносным уровнем. Перебурена почти километровая толща триасовых базальтов, которые по петрогеохимическим особенностям близки одновозрастным траппам Сибирской платформы. Изучение вариаций изотопного состава газов показало, что нижние горизонты осадочного чехла могли вносить существенный вклад в формирование скоплений углеводородов в меловых отложениях. Принципиальным результатом является выявление проницаемых горизонтов на глубинах около 6,5 км, т. е. примерно на тех же глубинах, что и на Кольской сверхглубокой скважине. Породы-коллекторы имеют сложную структуру пустотного пространства, образованного сочетанием пор, трещин и каверн. В результате испытаний, выполненных на глубинах 6 600- 6 655 м открытого ствола скважины, получены пластовые флюиды, представленные водой и свободными углеводородным газом, содержащим 97 % метана и до 0,077 % свободных углеводородов.

8.2.3. Полезные ископаемые

На территории Западно-Сибирской плиты расположены разнообразные месторождения топливно-энергетического сырья и твердых полезных ископаемых.

Углеводородное сырье. Западно-Сибирская плита – это *одноименная нефтегазоносная провинция*, наиболее крупная в России, расположенная в основном на территории Тюменской области. Ее площадь составляет 2,2 млн кв. км. На этой территории выявлено 346 нефтяных, нефтегазовых и газоконденсатных месторождений. Наиболее крупными являются месторождения*: Самотлорское* нефтяное, *Уренгойское, Ямбургское, Харасавейское* газовые и газоконденсатные. Большая часть внутренних потребностей России и ее экспортных обязательств обеспечиваются за счет месторождений этой провинции.

В размещении месторождений в пределах провинции установлена своеобразная зональность. Она выражена в том, что в ее северной части расположены преимущественно газовые и газоконденсатные месторождения, в центральной части – нефтегазовые, в южной – нефтяные. Продуктивными являются *позднеюрско-раннемеловые* отложения (*баженовская свита* – наиболее важный нефтегазоносный уровень), а также *неогена*. Продуктивные отложения залегают на глубинах 0,7-4 км. Нефтегазоносность выявлена не только на континентальной части провинции, но также на шельфе Карского моря. В южной части провинции промышленная нефтеносность установлена и в палеозойских отложениях.

Твердое топливо. В западной части Западно-Сибирской плиты располагаются три *буроугольных бассейна*: *Сосьвинско-Салехардский* (Ханты-Ман-сийский АО) с запасами около 1,5 млрд т, *Серовский* (Свердловская область) с запасами 220 млн т, *Челябинский* (Челябинская область) с запасами около 632 млн т. Угленосность приурочена к *триас-юрским* (T_3-J_1) терригенным отложениям.

Урановое сырье. В южной части Западно-Сибирской плиты (Курганская область) располагается *Зауральский урановорудный район*, *месторождения* которого (*Далматовское*, *Добровольное*, *Хохловское*) приурочены к *ранне-среднеюрским* терригенным отложениям, выполняющим палеодолины этого возраста. Месторождения относятся к инфильтрационному песчаниковому типу. Главным рудным минералом является настуран; среднее содержание урана составляет 0,039 %. Здесь сосредоточено около 3 % запасов урана России, которые обеспечивают примерно 11 % его добычи. Отработка месторождений производится методом подземного выщелачивания с глубины 500-600 м.

Черные металлы. На западном борту плиты к *позднемеловым* морским отложениям приурочен *Аятско-Алапаевский железорудный бассей*н с бурожелезняковыми рудами, имеющими гидрогетит-лептохлоритовый (с сидеритом) состав. Содержание железа в руде около 30 %, запасы около 7 млрд т. На восточном борту расположен *Западно-Сибирский железорудный бассейн* того же возраста и с рудами такого же состава.

В западной части плиты, в области ее сочленения с горно-складчатым Уралом, располагается *Северо-Уральский марганцеворудный бассейн*, в котором разведано 9 месторождений с общими запасами карбонатных марганцевых руд 44 млн т и средним содержанием марганца 20-22 %. Марганценосность связывается с морскими терригенными отложениями *раннего палеогена* (*палеоцен*).

Цветные металлы. В южной и юго-западной частях плиты с континентальными отложениями *раннего мела* связаны *месторождения бокситов* (*Тургайская и*

Каменск-Уральская группы). Содержания Al_2O_3 – 28-60 %, SiO_2 – до 20 %, модуль (Al_2O_3: SiO_2) – 3-15.

Таким образом, с юга на север устанавливается латерально-вертикальная триада алюминий – железо – марганец, составляющая систему, именуемую алфер-мангалиты (по ведущим металлам: ал – алюминий, фер – феррум, ман – марганец, лит – порода). На некоторых месторождениях установлено следующее: нижние части рудных горизонтов сложены бокситом, верхние железными рудами, на других объектах – нижние части рудных горизонтов сложены железными рудами, верхние – марганцевыми рудами. Эта триада установлена и описана крупным литологом ак. Н. М. Страховым.

Титан, цирконий. В западных и юго-восточных частях Западно-Сибирской плиты располагаются россыпные месторождения циркон-рутил-ильменитовых и циркон-ильменитовых руд. Месторождения приурочены к пескам *позднего палеогена* (*олигоцен*). К их числу относятся месторождения: *Правобережное* (Ханты-Мансийский АО), *Буткинское* (Свердловская область), *Тарское* (Омская область). Содержания полезных компонентов на этих объектах колеблются в пределах: TiO_2 – 17-32 кг/м^3, ZrO_2 – 2,6-8,7 кг/м^3. По размерам месторождения относятся средним.

Подземные воды. Западно-Сибирская плита является крупнейшим артезианским бассейном.

8.3. Саяно-Енисейская область байкальской складчатости

8.3.1. Общая характеристика

Географически это Енисейский кряж и хребет Восточные Саяны, расположенные на правобережье р. Енисей и имеющие абсолютные отметки до 2 900 м. На востоке эта складчатая область граничит со структурами Сибирской платформы, на западе и юго-западе – со структурами Кузнецко-Витимской области каледонской складчатости.

8.3.2. Геологическое строение

В геологическом строении Саяно-Енисейской области принимают участие образования широкого возрастного диапазона, от раннего архея до карбона включительно, относящиеся к комплексам основания – геосинклинальному, орогенному и посторогенному.

Комплекс основания, который имеет трехэтажное строение, представлен в срединных массивах (Сангиленский, Хамар-Дабанский).

Нижний структурный этаж – раннеархейский (AR_1) – представлен разнообразными гнейсами, гранито-гнейсами, амфиболитами, кварцитами, линзами мраморов; его мощность составляет 2-3 км. Среди метаморфических пород этого структурного этажа залегают чарнокиты (гиперстеновые граниты).

Средний структурный этаж – позднеархейский (AR_2) сложен геосинклинальными формациями мощностью до 3-4 км (кремнисто-базальтовой, базальт-риолитовой), породы которых метаморфизованы до амфиболитов и кристаллических сланцев; присутствуют породы типа магнетитовых кварцитов, а также линзы мраморов. Интрузивные образования представлены ультраосновными породами и габбро.

Верхний структурный этаж – раннепротерозойский (PR_1) мощностью до 2 км представлен мраморизованными карбонатными породами, в том числе графитистыми мраморами, а также дистен-ставролитовыми и биотит-амфиболовыми сланцами. Эти образования прорваны крупными гранитными массивами того же возраста.

Геосинклинальный комплекс, породы которого имеют *средне-позднерифейский возраст* (RF_{2-3}), располагается на обрамлениях пород комплекса основания. Он представлен сложным чередованием терригенных углеродисто-сланцевых и вулканогенных (кремнисто-базальтовых, иногда базальт-риолитовых) формаций. Причем в Енисейском кряже преобладают углеродисто-сланцевые формации (тип терригенных или сланцевых геосинклиналей), а в Восточных Саянах – вулканогенные формации. Породы геосинклинального комплекса прорваны массивами орогенных микроклиновых гранитов RF_3. Мощность пород геосинклинального комплекса достигает 9-10 км.

Орогенный комплекс отвечает по возрасту *позднему рифею* и *венду* (RF_3-V). Он представлен типичной красноцветной молассой (грубообломочные породы), ассоциирующей с вулканитами кислого состава, общей мощностью до 8-8,5 км. На этом же уровне представлены массивы микроклиновых гранитов.

Посторогенный комплекс представлен осадочными и магматическими породами, развитыми в возрастном интервале *вend-карбон*. По своей геодинамической позиции он занимает промежуточное положение между орогенным и платформенным. Комплекс представлен тремя структурными этажами.

Нижний структурный этаж – вend-среднекембрийский (V-$Є_{1-2}$) мощностью до 2,5 км сложен преимущественно карбонатными (известняково-доломитовыми) толщами с небольшим количеством вулканических пород основного состава. Местами на этом уровне располагаются существенно вулканические образования типа трахибазальтов, ассоциирующих с грубообломочными толщами.

Средний структурный этаж – позднекембрийско-ордовикско-силурийс-кий ($Є_3$-O-S), имеющий мощность до 3 км, сложен преимущественно терригенными породами (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты), прорванные небольшими интрузиями гранитоидов.

Верхний структурный этаж – девонско-каменноугольный (D-C) представлен континентальными и прибрежно-морскими пестроцветными терригенными отложениями мощностью 3-4 км, среди которых располагаются интрузии граносиенитов, сиенитов и нефелиновых сиенитов.

8.3.3. Полезные ископаемые

Наиболее значимые в промышленном отношении месторождения связаны с образованиями геосинклинального комплекса Енисейского кряжа. Они приурочены к углеродисто-терригенным комплексам RF_{2-3}.

К ним относятся следующие:

Горевское колчеданно-полиметаллическое месторождение (филизчайский тип), в рудах которого содержится около 7 % свинца, около 2 % цинка и 0,1 % меди. Главными рудными минералами являются галенит и сфалерит. Месторождение обладает весьма крупными запасами и входит в число крупнейших колчеданно-полиметаллических месторождений мира.

Крупным, мирового уровня, является *золоторудное месторождение Олимпиада*, обладающее относительно невысокими (не более 3 г/т) содержаниями, но весьма крупными запасами.

Помимо этого, в Саяно-Енисейской складчатой области представлены месторождения железных руд, талька, асбеста (в связи с интрузиями ультраосновных пород), а также месторождения фосфоритов (в венд-кембрийских толщах), лазурита (в породах комплекса основания).

8.4. Кузнецко-Витимская область каледонской складчатости

8.4.1. Общая характеристика

Географически это горные сооружения Кузнецкого Алатау, Западных Саян, Горной Шории, восточной части Горного Алтая, Тувинского нагорья с абсолютными отметками до 3 тыс. м. На севере эта область погружается под осадочный чехол Западно-Сибирской плиты, на западе она граничит с Казахстанско-Алтайскими структурами, на востоке – с Саяно-Енисейской область, на юге – она продолжается на территорию Монголии.

8.4.2. Геологическое строение

В геологическом строении Кузнецко-Витимской области принимают участие образования, развитые в диапазоне ранний архей – пермь и принадлежащие комплексу основания, геосинклинальному, орогенному и платформенному комплексам.

Комплекс основания. Породы комплекса основания представлены в ряде срединных массивов и ядрах антиклинориев. В составе комплекса основания выделяются *раннеархейские* (AR_1) гнейсы, *позднеархейские* (AR_2) вулканогенные и железисто-кремнистые формации и *раннепротерозойские* (PR_1) известково-доломитовые толщи. Общая мощность пород комплекса основания составляет 4-5 км.

Геосинклинальный комплекс общей мощностью до 6-7 км охватывает общий возрастной диапазон от *среднего рифея* до *среднего кембрия* (RF_{2-3}-V-$Є_{1-2}$). В составе этого комплекса представлены вулканогенные формации – кремнисто-базальтовые (нередко базальты метаморфизованы до зеленых сланцев), базальт-риолитовые, андезитоидные до трахитоидных, сопровождаемые вулкано-обломочными и карбонатными породами, а из интрузивных образований – альпинотипные ультрамафиты, габбро, граниты, сиениты. В некоторых блоках геосинклинальный комплекс поднимается до *среднего девона* (российская часть Рудного Алтая).

Орогенный комплекс общей мощностью около 5,5 км по возрасту относится к *позднему кембрию-силуру* ($Є_3$-O-S), и он представлен красноцветной молассой, ассоциирующей с толщами кремнекислых вулканитов, которые, в свою очередь, сопровождаются интрузиями гранитов. В тувинской части Кузнецко-Витимской области развит *ранне-среднедевонский* орогенный интрузивно-вулканический пояс.

Платформенный комплекс развит в диапазоне *ранний девон – пермь*. Для *раннего* и большей части *среднего девона* (D_1-D_2) характерны трахибазальты, базальты, их туфы, сопровождаемые красноцветными терригенными отложениями,

общей мощностью 2-3 км. Вулканические породы сопровождаются интрузиями гранитов. Образования верхней части *среднего девона*, всего *позднего девона* и *раннего карбон* (D_2-D_3-C_1) представлены мелководными морскими и лагунно-континентальными терригенно-карбонатными отложениями мощностью 2-3 км. *Средний*, *поздний карбон* и *пермь* (C_2-C_3-P) – это терригенные сероцветные континентальные угленосные отложения мощностью до 7 км.

8.4.3. Полезные ископаемые

Твердое топливо

Каменный уголь. Все месторождения каменных углей относятся к платформенному комплексу и локализованы на уровне *среднего карбона – перми*. Они образуют *Кузнецкий каменноугольный бассейн* (*Кузбасс*), в котором установлено около 300 угольных пластов суммарной мощности 380-400 м. Общие разведанные запасы углей составляют около 640 млрд т.

Черные металлы

Железорудные месторождения. Скарново-магнетитовые месторождения Горной Шории (*Шерегешевское*, *Таштагольское* и др.) и *Кузнецкого Алатау* (*Ампалыкское*, *Лавреневское* и др.) приурочены к *кембрийским* вулканогенно-обломочным и карбонатным породам, прорванным габбро-сиенитами *среднего кембрия* и *среднедевонскими* гранитами. Месторождения сопровождаются скарновым ореолом. Главным рудным минералом этих месторождений является магнетит. Содержание железа в руде около 40 %. Общие запасы железных руд приближаются к 1 млрд т.

Марганцевые месторождения. К *раннекембрийским* известнякам геосинклинального комплекса приурочено *Усинское месторождение карбонатных марганцевых руд* – самое крупное в России. В нем сосредоточена примерно половина запасов марганцевых руд России (около 128 млн т). Месторождение сложено крутопадающими пласто- и линзовидными залежами преимущественно родохрозитовых и манганкальцитовых руд, перемежающихся с марганцовистыми известняками. Они прослежены на 4-6 км при глубине до 500 м. Содержание марганца в карбонатных рудах составляет около 20 %. Суммарная мощность марганцеворудных пластов достигает 150 м. С поверхности и до глубины 50-75 м карбонатные руды окислены; окисленные руды сложены псиломеланом, вернадитом, реже пиролюзитом. В окисленных рудах, количество которых не превышает 5 % от общих запасов руд месторождения, содержание марганца достигает 20-27 %.

Цветные и редкие металлы

Колчеданно-полиметаллические месторождения. Эти объекты (месторождения *Кызыл-Таш*, *Кызыл-Таштыг*, *Салаирское рудное поле* и др.) относятся к типу куроко, и они приурочены к *ранне-среднекембрийским* вулканитам базальт-риолитовой формации геосинклинального комплекса. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит. Содержания цинка достигают 8,5 %, свинца – 1-1,2 %, меди – не более 1 %. Месторождения относятся к разряду средних.

Молибден-меднопорфировое месторождение Ак-Суг приурочено к гранитоидам *ранне-среднедевонского* интрузивно-вулканического пояса. Главными рудны-

ми минералами являются халькопирит и молибденит. Содержание меди в руде составляет 0,66 %, молибдена – 0,013 %. Месторождение относится к разряду крупных.

Молибден. *Сорское месторождение штокверково-вкрапленных молибденовых руд* связано с *кембро-ордовикскими* гранитами. Главным рудным минералом является молибденит. Содержание молибдена в руде 0,058 %. Запасы месторождения составляют 136 тыс. т.

В пределах Кузнецко-Витимской области известны *месторождения ртути* (*Акташское* на Горном Алтае), приуроченное к тектоническим зонам.

Подземные воды

Месторождения термальных *радоновых минеральных вод* используются в бальнеологических целях (*курорт Белокуриха*).

8.5. Байкальская горная область

8.5.1. Общая характеристика

Географически это Приморский и Яблоневый хребты с абсолютными отметками до 2,5 тыс. м, Байкало-Патомское нагорье с абсолютными отметками до 1,5 тыс. м, район оз. Байкал, бассейны верхнего течения р. Витим, нижнего течения р. Селенга.

Байкальская горная область – это эталон (тектонотип) складчатых систем байкальского возраста, именно здесь была впервые выделена и описана байкальская складчатость. С севера Байкальская горная область сопрягается с Алданским щитом Сибирской платформы, с запада граничит с каледонидами Кузнецко-Витимской области, с востока – с герцинидами Монголо-Охотской области.

8.5.2. Геологическое строение

В геологическом строении Байкальской горной области принимают участие метаморфические, вулканогенные, интрузивные и осадочные образования, представленные в возрастном диапазоне от раннего архея до ордовика включительно.

Комплекс основания представлен архейскими комплексами пород, разделенными на два структурных этажа.

Образования *нижнего структурного этажа*, относящиеся к *раннему архею* (AR_1), представлены разнообразными гнейсами и кристаллическими сланцами, содержащими прослои мраморов. Эти образования идентичны тем, которые развиты на Алданском щите.

К *верхнему структурному этажу*, относящемуся к *позднему архею* (AR_2), принадлежат преимущественно вулканогенные образования геосинклинального облика, среди которых преобладают базальты, ассоциирующие с альпинотипными ультраосновными породами и габбро (офиолитовая ассоциация), вулканиты базальт-риолитовой формации; с вулканитами ассоциируют магнетитовые кварциты, фтаниты, а также флишоидные метатерригенные толщи. Мощность этих образований не менее 3-5 км.

Геосинклинальный комплекс. Образования этого комплекса относятся в основном к *первой половине раннего протерозоя* (PR_1^1), они представлены терригенным и терригенно-карбонатным флишем, углеродисто-сланцевыми толщами, со-

держащими прослои базальтов. В отдельных блоках геосинклинальный комплекс поднимается до *низов кембрия*. Мощность пород этого комплекса составляет 6-8 км.

Орогенный комплекс относится ко *второй половине раннего протерозоя* (PR_1^2), он представлен туфами и лавами риолитов, трахириолитов, трахиандезитов, чередующимися с красноцветными грубообломочными терригенными отложениями (моласса) и прорванными крупными гранитными интрузиями. Мощность пород орогенного комплекса оценивается в 6-8 км.

Посторогенный комплекс охватывает продолжительный стратиграфический интервал от рифея до ордовика включительно, он имеет черты как орогенного, так и платформенного режима. В *рифей-вендских* (RF-V) отложениях выделяются три ритма мощностью около 2,5 км каждый. В основании каждого ритма залегают грубообломочные породы (конгломераты, гравелиты), выше – карбонатные (известняково-доломитовые) породы с прослоями углеродистых сланцев.

Вend-среднекембрийские (V-$Є_{1-2}$) отложения мощностью до 8 км представлены в основании базальными конгломератами, выше которых залегают известняки, доломиты, мергели. На этом же уровне располагаются крупные гранитные массивы. Наиболее значительным из них является Баргузинский плутон, занимающий площадь около 200 тыс. кв. км. Массив сложен диоритами, гранодиоритами, адамеллитами, образованными в раннюю фазу, и гнейсовидными и порфировидными биотитовыми гранитами поздних фаз. Завершающие разрез *позднекембрийско-ордовикские* ($Є_3$-O) отложения сложены грубообломочными терригенными толщами мощностью до 3 км.

Байкальская горная область – это регион высокой тектонической активности, начавшейся в меловое время и продолжающейся в неоген-четвертич-ное, в том числе в настоящее время. Эта тектоническая активность выражена образованием Байкальской рифтовой системы протяженностью около 2 500 км. К одному из звеньев этой системы приурочено оз. Байкал (возраст озера – 23-25 млн лет), являющееся самым глубоким континентальным водоемом мира; его максимальная глубина составляет 1 637 м, протяженность – 636 км, наибольшая ширина – 79,5 км, наименьшая ширина – 25 км; площадь озера – 31,5 тыс. кв. км, объем воды – 23 тыс. куб. км. Скорость тектонического расхождения берегов Байкала составляет 0,7-2 см/год. Периодичность землетрясений: до 7 баллов – 1-2 года, 7-8 баллов – 5-10 лет, 9 баллов – 50-100 лет, 10 баллов и более – 150-200 лет. Глубина эпицентров землетрясений – от 12 до 22 км.

В северо-восточном направлении эта рифтовая система продолжается к Становому блоку Алданского щита, а в юго-западном – продолжается в сторону Монголии, где выражена впадиной, в которой расположено оз. Хубсугул. Неоген-четвертичный рифтогенез сопровождался излияниями базальтов траппового типа.

8.5.3. Полезные ископаемые

Из важнейших полезных ископаемых Байкальской горной области следует отметить три наиболее важных, мирового уровня, месторождений. Среди них колчеданно-полиметаллические месторождения Холоднинское и Озерное и золоторудное месторождение Сухой Лог. Все они приурочены к различным уровням образований геосинклинального комплекса. Оба колчеданно-полиметаллических объекта относятся к филизчайскому типу.

Холоднинское колчеданно-полиметаллическое месторождение приурочено к углеродисто-сланцевым толщам RF_{2-3}. Главными рудными минералами являются сфалерит, галенит, халькопирит. Средние содержания цинка – около 5 %, свинца – 0,8 %, меди – не более 0,2 %.

Озерное колчеданно-полиметаллическое месторождение приурочено к терригенно-карбонатному флишу $Є_1$; его главными рудными минералами также являются сфалерит, галенит, халькопирит, обеспечивающие средние содержания цинка около 6 %, свинца – 1,2 %, меди – около 0,4 %.

Оба месторождения относятся к категории сверхкрупных.

Золоторудное месторождение Сухой Лог также приурочено к углеродисто-сланцевым отложениям RF_{2-3}, которые перекрываются и подстилаются карбонатными породами. Главным рудным минералом является золотоносный пирит. Среднее содержание золота составляет около 2 г/т. Запасы месторождения приближаются к 3 тыс. т.

8.6. Монголо-Охотская область герцинской складчатости

8.6.1. Общая характеристика

Географически это горные сооружения Забайкалья, Верхнего Приамурья, Западного Приохотья, склоны Буреинского хребта с абсолютными отметками до 2 тыс. м, Зейско-Буреинская равнина, бассейны р.р. Зея, Бурея, среднего течения р. Амур.

По системам разломов глубокого заложения Монголо-Охотская область граничит с севера с Алданским щитом Сибирской платформы, с запада – с Байкальской горной областью, с востока – с Сихотэ-Алинской областью Тихоокеанского пояса, на юге она продолжается на территориях Северной Монголии и Северного Китая.

8.6.2. Геологическое строение

В геологическом строении Монголо-Охотской области участвуют образования допалеозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов, образующие несколько структурно-формационных комплексов.

Комплекс основания. Породы комплекса основания наиболее представлены в Хингано-Буренском срединном массиве, занимающем центральную часть области.

В комплексе основания выделяются два структурных этажа: архейско-раннепротерозойский ($AR\text{-}PR_1$) и рифей-раннепалеозойский ($RF\text{-}PZ_1$).

Образования *архейско-раннепротерозойского* ($AR\text{-}PR_1$) *структурного этажа* представлены гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, кварцитами, мраморами общей мощностью до 4,5 км. Они сохранились в качестве крупных ксенолитов и останцов кровли среди палеозойских гранитов. По составу эти образования сопоставимы с одновозрастными метаморфическими толщами Алданского щита Сибирской платформы.

Рифей-раннепалеозойский ($RF\text{-}PZ_1$) *структурный этаж* устроен следующим образом. *Рифею-венду-раннему кембрию* ($RF\text{-}V\text{-}Є_1$) соответствуют морские терри-

генно-карбонатные отложения мощностью 2-4 км. Диапазону *среднего-позднего кембрия* и *ордовика* ($Є_{2-3}$-O) отвечает формирование крупных гранитных массивов.

Геосинклинальный комплекс охватывает общий стратиграфический интервал от *силура до раннего карбона* (S-C_1) включительно. Для этого комплекса характерными являются толщи чередующихся терригенных пород, базальтов, туффитов, пестроцветных яшм общей мощностью около 15-18 км. Синхронно с геосинклинальным комплексом формировался чехол срединных массивов, представленный известковистыми песчаниками и алевролитами мощностью около 2 км.

Орогенный комплекс, имеющий возраст *средний-поздний карбон-пермь* (C_{2-3}-P), представлен молассовыми толщами мощностью до 1,5 км, а также большим количеством гранитов.

Посторогенный комплекс (посторогенная тектоно-магматическая активизация). Характерной особенностью Монголо-Охотской области является проявление в ней посторогенной *мезозойской* (T-J-K) тектоно-магматической активизации, сопряженной во времени с формированием Тихоокеанского пояса, о котором речь будет идти далее.

В процессе тектоно-магматической активизации (ТМА) происходила переработка всех ранее образованных структур. Она сопровождалась формированием прогибов и впадин и интенсивным магматизмом. Впадины и прогибы выполнены морскими, но преимущественно континентальными отложениями, представленными грубообломочными и песчано-сланцевыми толщами, а также угленосными формациями. Мощность этих отложений колеблется в пределах 1-2 до 5-7 км. Активный магматизм был проявлен излияниями покровов и потоков андезитоидных и риолитоидных лав и внедрением разновозрастных гранитоидов (гранодиориты и граниты). Среди гранитоидов известны массивы *средне-*, *позднеюрского*, *ранне-* и *позднемелового* возраста. Причем возраст интрузий омолаживается с запада на восток.

В *палеогене* (₽) Монголо-Охотская область была вовлечена в процесс неотектонической активизации, в ходе которой был сформирован расчлененный рельеф с заполнением небольших межгорных впадин континентальными песчано-галечными отложениями мощностью до 1 км.

Платформенный комплекс представлен *неоген-четвертичными* (N-Q) песками и галечниками мощностью до 300-400 м.

Монголо-Охотская область – это регион молодой и современной высокой тектонической и сейсмической активности, обусловленной близостью к Тихоокеанскому поясу.

8.6.3. Полезные ископаемые

Все важнейшие месторождения полезных ископаемых связаны с *мезозойскими гранитами*.

К их числу относятся следующие.

Олово. *Хинганское месторождение*, относящееся к *касситерит-кварцевому типу*. Главным рудным минералом является касситерит. Содержание олова – около 0,7 %, запасы месторождения около 20 тыс. т.

Молибден. Бугдаинское месторождение штокверково-вкрапленных руд со средним содержанием молибдена 0,074 % и запасами около 600 тыс. т (это одно из крупнейших месторождений молибдена в мире). Главным рудным минералом яв-

ляется молибденит. Наряду с этим объектом в этой области расположены также *Джидинское* и *Жирекенское* месторождения молибденовых и вольфрам-молибденовых руд.

Уран. *Стрельцовское* месторождение является одним из ведущих сырьевых источников этого металла в России. Оно относится к *геолого-промышленному типу жильно-штокверковых месторождений в вулканогенных комплексах*. Месторождение приурочено к кальдере диаметром около 20 км, выполненной *позднеюрскими* лавами и туфами (от базальтов до риолитов), которые переслаиваются с песчаниками и конгломератами. Кальдера заложена на гранитном палеозойском основании. Месторождение представлено системой вертикальных жилообразных и штокверковых залежей, прослеженных до глубины 300 м. Руды по составу настурановые (UO_2) и настуран-молибденитовые (UO_2-MoS_2). Среднее содержание урана составляет 0,16 %, достигая в отдельных штокверках 0,6%. Запасы месторождения превышают 60 тыс. т.

Кроме того, в Монголо-Охотской области известны месторождения золота, *бурых углей* (*Буреинский бассейн* в *юрских* и *меловых* отложениях), горячие минеральные источники, на базе которых работает курорт *Дарасун*.

9. ТИХООКЕАНСКИЙ ПОЯС

9.1. Общая характеристика

Тихоокеанский складчатый пояс является самым протяженным и самым молодым на Земле. Он обрамляет с запада и востока акватории Тихого океана. Его длина по меридиану составляет около 40 тыс. км. Начало формирования этого пояса относится к мезозою.

В состав Тихоокеанского пояса входят следующие структуры.

В западном полушарии – это Северо-Американские Кордильеры и прилегающие к ним Северо- и Центрально-Американский глубоководные желоба, Южно-Американские Анды и прилегающий к ним глубоководный Перуанско-Чилийский желоб.

В восточном полушарии – это структуры Северо-Востока и Востока Азии, прилегающие к ним Берингово, Охотское, Японское и Филиппинское внутренние моря, Алеутская, Командорская, Японская, Курильская, Филиппинская островные вулканические дуги с прилегающими Алеутским, Курило-Камчатским, Филиппинским и др. глубоководными желобами, а также системы островов Океании в центральной части Тихого океана.

На территории России к структурам Тихоокеанского пояса относятся горно-складчатые сооружения ее Северо-Востока и Востока с прилегающими островными дугами, глубоководными желобами и внутренними морями.

Географически это хребты Верхоянский, Сетте-Дабан, Черского с абсолютными отметками до 3,2 км, бассейны рек Яна, Индигирка, Колыма (северо-восток Сибири); Корякское нагорье, Чукотское нагорье, хребет Сихотэ-Алинь с абсолютными отметками до 2,2 тыс. м, бассейн нижнего течения р. Амур (Дальний Восток), п-ов Камчатка, о-в Сахалин, Курильские и Командорские острова, акватории Берингова, Охотского и Японского морей.

Западным ограничением Тихоокеанского пояса на территории России являются Сибирская платформа и структуры Урало-Монгольского пояса.

В составе Тихоокеанского пояса выделяются мезозойские, кайнозойские складчатые области и современная геосинклиналь.

Основными особенностями российской части Тихоокеанского пояса являются следующие.

1. Омоложение возраста складчатых систем в направлении с запада на восток, т. е. от континента в сторону океана (Так, самыми западными являются *мезозойские* складчатые области (Верхоянско-Чукотская, Тайгоносско-Корякская и Сихотэ-Алинская), восточнее расположены *кайнозойские* складчатые области (Олюторско-Камчатская и Хоккайдо-Сахалинская), еще восточнее располагается *современная* геосинклиналь (включающая Курильскую островную дугу и прилегающий к ней с востока Курильско-Камчатский глубоководный желоб).

2. Заложение мезозойских структур пояса на континентальной коре, представленной восточным краем Сибирской платформы и стабилизированными структурами Урало-Монгольского пояса.

3. Как следствие этого, в пределах мезозойских структур пояса преимущественно развит магматизм сиалического типа.

4. Преимущественный сиалический магматизм обеспечивает основные металлогенические особенности, определяемые формированием месторождений цветных (олово, сурьма, ртуть) и благородных металлов (золото, серебро), связанных с кислым магматизмом.

5. Развитие Охотско-Чукотского вулкано-интрузивного пояса.

6. Наличие современной геосинклинали.

7. Наличие современных действующих вулканов.

8. Высокая современная вулканическая, сейсмическая, тектоническая активность.

Такова общая характеристика Тихоокеанского пояса в пределах территории России.

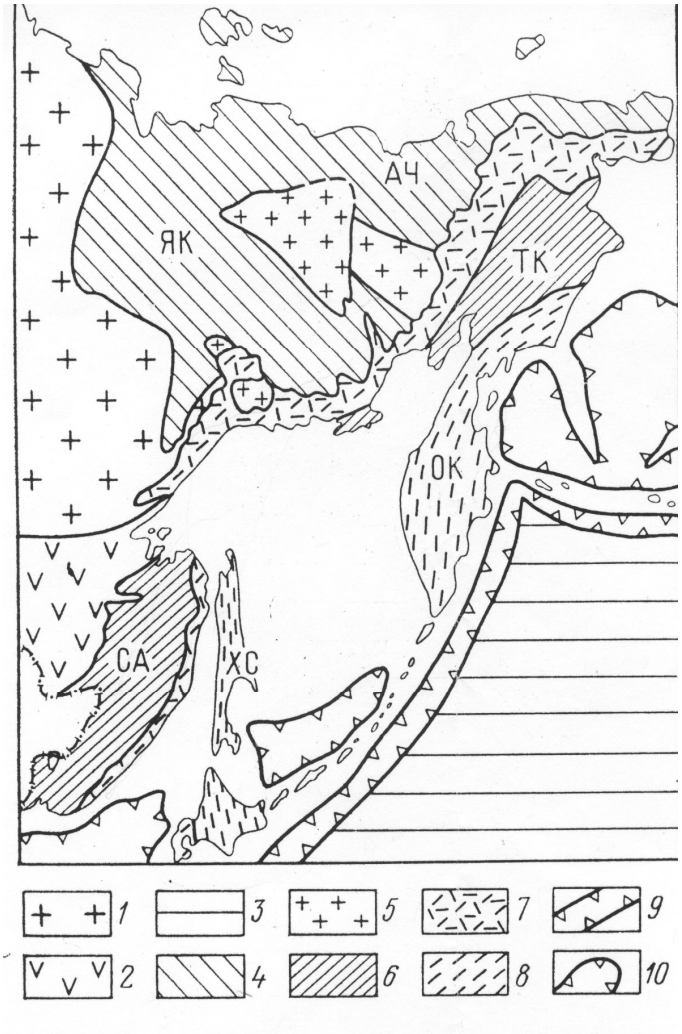


Рис. 8. Схема тектонического районирования Тихоокеанского пояса в пределах территории России, из (В. М. Цейслер. Основы региональной геологии СССР, 1984)

Структуры обрамления: *1* – Сибирская платформа; *2* – Урало-Монгольский пояс; *3* – Тихий океан.
Структуры Тихоокеанского пояса: *4* – Верхоянско-Чукотская область раннемезозойской складчатости (ЯК – Яно-Колымская система, АЧ – Анюйско-Чукотская система); *5* – срединные массивы; *6* – области Позднемезозойской складчатости (ТК – Тайгоносско-Корякская, СА – Сихотэ-Алинская); *7* – Охотско-Чукотский вулканно-интрузивный пояс; *8* – области кайнозойской складчатости (ОК – Олюторско-Камчатская,

ХС – Хоккайдо-Сахалинская);
9 – глубоководные желоба;
10 – глубоководные впадины
окраинных морей

В состав Тихоокеанского пояса на территории России входят: Верхоянско-Чукотская, Тайгоносско-Корякская, Сихотэ-Алинская области мезозойской складчатости, Олюторско-Камчатская и Хоккайдо-Сахалинская области кайнозойской складчатости, Курильская современная геосинклиналь.

Схема тектонического районирования Тихоокеанского пояса на территории России показана на рис. 8.

9.2. Верхоянско-Чукотская область мезозойской складчатости

9.2.1. Общая характеристика

Географически – это хребты Верхоянский, Черского, Сетте-Дабан, горы Чукотки с абсолютными отметками до 3 200 м, бассейны рек Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь, Омолон.

На западе и юго-западе Верхоянско-Чукотская область граничит со структурами Сибирской платформы, на востоке – с более молодыми складчатыми областями Тихоокеанского пояса и акваториями прилегающих морей, на севере – продолжается на шельфе Северного Ледовитого океана.

9.2.2. Геологическое строение

В геологическом строении Верхоянско-Чукотской области принимают участие образования, формировавшиеся в диапазоне от архея до кайнозоя включительно. Они образуют несколько структурных этажей и комплексов.

Комплекс основания. Образования, слагающие комплекс основания, представлены в основном в срединных массивах, наиболее крупными из которых являются Колымский и Омолонский. Иногда оба этих массива рассматриваются в качестве единого Колымско-Омолонского массива, вокруг которого развиты более молодые комплексы. Этот срединный массив разделяет Верхоянско-Чукотскую область на Яно-Колымскую (с запада) и Анюйско-Чукотскую (с востока) системы. Различия между этими системами относятся, главным образом, к строению комплекса основания. В Яно-Колымской системе в составе комплекса основания отсутствует позднепалеозойский структурный этаж, а в Анюйско-Чукотской системе этот структурный этаж присутствует.

В строении комплекса основания выделяются четыре структурных этажа, охватывающие общий стратиграфический интервал от архея до перми включительно.

Архейско-раннепротерозойский ($AR\text{-}PR_1$) *структурный этаж* сложен гранат-биотитовыми, гиперстен-биотитовыми, амфиболовыми гнейсами, амфиболитами, пироксен-амфиболовыми, кварц-слюдяными, хлоритовыми кристаллическими сланцами, кварцитами, прорванными телами гранитов и пегматитов. Состав и возраст этих образований сопоставимы с теми, которые слагают фундамент Сибирской платформы.

Позднепротерозойский (PR_2) *структурный этаж* отвечает *рифею* и *венду*. Он представлен почти 10-километровой толщей терригенных и карбонатных пород.

Ранне-среднепалеозойский (PZ_{1-2}) *структурный этаж* включает осадочные и вулканогенные комплексы *кембрия*, *ордовика*, *силура*, *девона* и *раннего карбона*. В одних районах весь этот интервал представлен однородными толщами известняков, доломитов, мергелей, глинистых сланцев, песчаников общей мощностью 10-12 км. В других районах на уровне *ордовика* и *девона* развиты туфы базальтов, чередующиеся с кремнистыми сланцами; в ряде мест *девонские* и *раннекаменноугольные* образования представлены базальтами, спилитами, андезитами, риолитами.

Позднепалеозойский (PZ_3) *структурный этаж*, соответствующий *раннему-среднему карбону* и *перми*, сложен конгломератами, песчаниками, гравелитами, прорванными интрузивными породами этого же возраста, дифференцированными от габбро до плагиогранитов.

Геосинклинальный комплекс. Это почти 15-километровый комплекс пород, именуемый «верхоянским». Начало его формирования относится к среднему карбону, а завершение к средней юре.

Каменноугольно-ранне-среднепермская ($C\text{-}P_{1-2}$) часть разреза этого комплекса сложена переслаивающимися песчаниками, алевролитами; *позднепермская* (P_3) часть разреза – это гравелиты, конгломераты с небольшим количеством риодацитов и дацитов; в составе *триаса* (Т) преобладают аргиллиты и глинистые сланцы, в *ранне-среднеюрской* (J_{1-2}) части – песчаники. Преимущественно терригенный разрез геосинклинального комплекса и крайне ограниченное развитие в нем вулканических пород позволяют рассматривать его в качестве терригенной геосинклинали.

На срединных массивах синхронно с геосинклинальным комплексом формировался терригенно-карбонатный чехол.

Орогенный комплекс представлен *позднеюрско-раннемеловой* ($J_3\text{-}K_1$) молассой, местами угленосной, мощностью 5-6 км. Накопление молассы сопровождалось синхронным гранитоидным магматизмом. Наиболее ранние фазы этого магматизма образованы диоритами и гранодиоритами, поздние фазы – лейкократовыми гранитами и гранит-порфирами.

Посторогенный комплекс. Основным элементом строения этого комплекса является *мел-палеогеновый* Охотско-Чукотский вулкано-интрузивный пояс (ОЧВИП). Этот пояс представляет собой крупный ареал наземных вулканических и сопряженных с ними интрузивных пород, протягивающийся вдоль побережья морей Тихого океана не менее 3 тыс. км при ширине 100-300 км.

Вулканические и интрузивные формации, слагающие ОЧВИП, образуют три структурных этажа.

Нижний структурный этаж (*ранний-поздний мел* K_{1-2}) сложен андезитовой формацией, представленной лавами и туфами андезитов и андезибазальтов, замещающимися по простиранию туфопесчаниками, вулканомиктовыми песчаниками. Интрузивные породы, ассоциирующие с вулканитами, представлены гипабиссальными и субвулканическими порфировидными диоритами и гранодиоритами.

Средний структурный этаж (*поздний мел* K_2) сложен риолитовыми и дацитовыми формациями, в составе которых важная роль принадлежит спекшимся туфам и игнимбритам. Интрузивные породы этого этажа – гиповулканические гранит-порфиры и лейкократовые граниты.

Верхний структурный этаж (*палеоген* Р) сложен породами базальтовой формации в ассоциации с гипабиссальными габброидами.

Одновозрастные вулканические, субвулканические и гипабиссальные породы тесно пространственно и генетически взаимосвязаны, они образуют постепенные переходы, и при проведении полевых работ не всегда удается установить их границы. Такие магматические комплексы называются вулкано-плутоническими или вулкано-интрузивными ассоциациями.

Вулканические образования ОЧВИП обладают пологим залеганием, они формируют вулкано-тектонические структуры типа куполов, кальдер или иных вулкано-тектонических депрессий кольцевого строения диаметром до 30-60 км.

Платформенный комплекс образован *позднепалеогеновыми* (P_3), *неогеновыми* (N) и *четвертичными* (Q) континентальными песчано-галечными и глинистыми отложениями, иногда с прослоями бурых углей, и покровами базальтов и андезитов. Мощность этого комплекса не превышает 1 км.

Верхоянско-Чукотская область – это территория высокой современной тектонической и сейсмической активности.

9.2.3. Полезные ископаемые

Все важнейшие в промышленном отношении месторождения полезных ископаемых связаны с орогенным и посторогенным магматизмом. К их числу относятся месторождения меди и молибдена, золота и серебра, олова, сурьмы, ртути.

Цветные металлы. *Медь*. К малоглубинным гранитоидам *раннего мела* ОЧВИП приурочено крупное *молибден-меднопорфировое месторождение Песчанка*. Главными рудными минералами являются халькопирит и молибденит. Средние содержания меди составляют 0,70 %, молибдена – 0,018 %.

Олово. Наиболее известным является *Депутатское месторождение*, относящееся к *касситерит-силикатной формации*. Вмещающими являются песчано-сланцевые отложения *средней юры* на контакте с *меловыми* гранитами. Рудные залежи приурочены к минерализованным зонам дробления, штокверковым зонам, кварц-сульфидным с флюоритом, кварц-турмалино-вым, кварц-карбонатным жилам. Главным рудным минералом является касситерит. Содержание олова составляет 0,3-2,5 %. Запасы около 200 тыс.т. В расположенных вблизи коренных месторождений россыпях содержание касситерита составляет 600-1 400 г/м^3.

Сурьма. Наиболее известным является *месторождение Сарылах*, представленное *кварц-антимонитовыми жилами*, выполняющими зоны дробления в осадочных породах *триаса*. Содержание сурьмы колеблется в пределах 4-5 – 62 %, в рудах присутствует золото.

Ртуть. *Месторождение Пламенное* приурочено к зонам разломов, контролируемых субвулканическими дайками андезитов и диорит-порфиров *позднего мела*, прорывающих покровы риолитов. Главным рудным минералом является киноварь, присутствует также антимонит. Содержание ртути составляет 1,35 %.

Благородные металлы. *Золото, серебро*. С вулкано-интрузивными ассоциациями ОЧВИП связаны *золото-серебряные месторождения* (*Дукат*, *Карамкен*, *Кубака*, *Майское* и др.). Месторождения представлены жилами, жильными зонами, штокверками золотых, золото-серебряных и золото-теллуридных руд. Главными рудными минералами являются самородное золото, золотоносные сульфиды, аргентит. Месторождения характеризуются высокими содержаниями золота, достигающими 10-20 г/т, и серебра – до 1 кг/т, а также крупными запасами этих метал-

лов. Эти объекты относятся к геолого-промышленному типу золото-серебряных месторождений вулкано-плутонических поясов и зон активизации.

С коренными месторождениями ассоциируют *плиоцен-четвертичные золотые россыпи*.

9.3. Тайгоносско-Корякская область мезозойской складчатости

9.3.1. Общая характеристика

Географически это Корякское нагорье, бассейн р. Анадырь.

С северо-запада граничит с Верхоянско-Чукотской областью, на северо-востоке – погружается под воды Анадырского залива Охотского моря, на юго-востоке – граничит со структурами Камчатки, на юго-западе погружается под воды Охотского моря.

9.3.2. Геологическое строение

Тайгоносско-Корякская область изучена слабее других структур Тихоокеанского пояса. В ее строении принимают участие архейские, протерозойские, палеозойские и кайнозойские образования, слагающие серию структурно-формационных комплексов.

Комплекс основания. Его общий стратиграфический диапазон отвечает архею – раннему-среднему палеозою.

Архейско-раннепротерозойские (AR-PR_1) образования представлены гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами.

Позднепротерозойские (PR_2) отложения – это кварциты, филлитовидные сланцы, доломиты мощностью до 1 000 м.

Ранне-среднепалеозойские (PZ_{1-2}) образования многообразны. В одних структурах области они представлены кристаллическими сланцами, мраморами, кварцитами, ассоциирующими с вулканитами кислого состава; в других структурах – это типичные геосинклинальные формации с участием офиолитов. Мощность этих образований оценивается в 2-3 км.

Геосинклинальный комплекс имеет общий стратиграфический диапазон от среднего карбона до мела включительно и мощность 3-4 км. В его составе выделены три структурных этажа.

Среднекаменноугольно-пермский (C_{2-3}-P) *структурный этаж* представлен почти 3-километровой толщей песчаников, алевролитов, глинистых сланцев, местами чередующихся с зеленокаменноизмененными базальтами.

Триас-среднеюрский (T-J_{1-2}) *структурный этаж* – это песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, чередующиеся с покровами андезитовых лав и их туфов.

Позднеюрско-меловой (J_3-K) *структурный этаж* образован базальтами, спилитами, кремнистыми сланцами, алевролитами, песчаниками. На этом же уровне располагаются многочисленные небольшие тела ультраосновных пород, габбро, а также редкие массивы гранодиоритов и гранитов.

Орогенный комплекс, охватывающий диапазон поздний мел-ранний неоген и имеющий общую мощность до 4 км, состоит из двух структурных этажей.

Позднемеловой (K_2) *структурный этаж* сложен молассовыми отложениями, иногда угленосными, а также вулканическими породами кислого состава.

Палеоген-ранненеогеновый (Р-N_1) *структурный этаж* представлен туфами андезитов, дацитов, риолитов, замещающихся континентальными и прибрежно-морскими терригенными отложениями.

К интрузивным породам орогенного комплекса относятся небольшие штокообразные тела щелочных габброидов, гранит-порфиров, диорит-порфиров, имеющих преимущественно *позднемеловой-палеогеновый* ($К_2$--Р) возраст.

Платформенный комплекс имеет *плиоцен-четвертичный* (N_2-Q) возраст. К нему относятся галечники, валунники, пески аллювиального, озерного и ледникового происхождения, а также небольшие потоки базальтовых лав.

Как и все структуры Тихоокеанского пояса, Тайгоносско-Корякская область – это регион высокой современной тектонической и сейсмической активности.

9.3.3. Полезные ископаемые

Основные полезные ископаемые рассматриваемой области связаны преимущественно с орогенным комплексом. К ним относятся небольшие месторождения бурых углей в составе орогенной молассы, а также многочисленные, но плохо изученные рудопроявления и мелкие месторождения золота, олова, ртути, сурьмы. С ультраосновными породами геосинклинального комплекса связаны мелкие хромитовые объекты.

9.4. Сихотэ-Алинская область мезозойской складчатости

9.4.1. Общая характеристика

Географически – это хребет Сихотэ-Алинь с абсолютными отметками до 2 100 м, бассейн нижнего (меридионального) течения р. Амур. Западная граница с Монголо-Охотскими герцинидами является одновременно западной границей Тихоокеанского пояса. Восточная граница проводится по глубинному разлому, проходящему по дну татарского пролива и отделяющему Сихотэ-Алинскуй область от кайнозойских структур о-ва Сахалин. Приамурский глубинный разлом северо-северовосточного простирания разделяет Сихотэ-Алинскую область на две части: юго-восточную (внутреннюю) – эвгеосинклинальную и северо-западную (внешнюю) – терригенно-еосинклинальную.

Общая характеристика
9.4.2. Геологическое строение

В геологическом строении Сихотэ-Алинской области принимают участие архейско-раннепротерозойские, позднепротерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования, которые формируют ряд структурно-формационных комплексов.

Комплекс основания. Этот комплекс, общей мощностью до 18 км, имеет общий возрастной интервал от архея-раннего протерозоя до ордовика включительно. В его строении выделены три структурных этажа. Наиболее изучен этот комплекс в пределах Ханкайского срединного массива.

Архейско-раннепротерозойский (AR-PR_1) *структурный этаж* образован разнообразными гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, мраморами.

Позднепротерозойско-раннекембрийский (PR_2-V-$Є_1$) *структурный этаж* представлен хлоритовыми, слюдистыми сланцами, кварцитами, доломитизированными известняками и доломитами.

Кембро-ордовикский (Є-О) *структурный этаж* – это конгломераты, гравелиты, глинистые сланцы, лавы и туфы андезитов.

Геосинклинальный комплекс по возрасту отвечает *раннему карбону – раннему мелу* (C_1-K_1). Характер формаций этого комплекса различен в разных зонах. Во внутренней зоне – это типичные эвгеосинклинальные (кремнисто-базальтовая, яшмовая, дунит-гарцбургитовая, габбровая) формации, свидетельствующие о развитии этой зоны на коре океанического типа. Стратифицированные формации этой зоны мощностью до 18 км именуются «сихотэ-алинским комплексом». Во внешней зоне – это амагматичные терригенно-флишоидные, кремнисто-терригенные, карбонатные формации, накопление которых происходило в условиях слабодеструктированной континентальной коры.

Орогенный комплекс включает молассовые отложения и магматические образования верхнего мела, палеогена и раннего неогена. В строении этого комплекса выделены два структурных этажа.

Позднемеловой (K_2) *структурный этаж* образован двукратно повторяющимися наземными дацит-андезитовой и дацит-риолитовой формациями. Каждый такой цикл вулканизма начинается излияниями андезитов и дацитов и извержениями их туфов и завершается дацитами, риодацитами, риолитами, игнимбритами. Одновременно с вулканитами формировались комагматичные им габброиды и гранитоиды.

Палеоген-ранненеогеновый (~~P~~-N_1) *структурный этаж* также сложен наземными вулканическими образованиями риолит-базальтовой формации, сопровождающими их интрузиями габбро, сиенитов, сиенодиоритов, гранодиоритов, гранитов. Обязательным элементом орогенного комплекса являются грубообломочные молассовые накопления, в том числе угленосные.

Мощность пород орогенного комплекса достигает 2 км

Посторогенный (квазиплатформенный) комплекс *плиоцен-четвер-тичного* (N_2-Q) возраста представлен галечниками, песками аллювиального, озерного, пролювиального генезиса мощностью до 100 м, а также потоками оливиновых и пироксеновых платобазальтов мощностью до 400 м.

9.4.3. Полезные ископаемые

Наиболее важные в промышленном отношении месторождения полезных ископаемых Сихотэ-Алинской области связаны с орогенным комплексом.

Твердое топливо

Уголь. Месторождения каменного угля расположены в *Партизанском каменноугольном бассейне*, приуроченном к *меловой* угленосной формации. Запасы углей в этом бассейне составляют 413 млн т.

Цветные металлы представлены месторождениями свинца, цинка и олова.

Наиболее значимыми являются *скарновые свинцово-цинковые месторождения Дальнегорского рудного района* (самым крупным является *месторождение Николаевское*). Эти месторождения образованы на контакте *меловых* гранитов с известняками *триаса*. Скарны, как правило, существенно геденбергитовые с боратами. Главными рудными минералами являются галенит, сфалерит, халькопирит. За-

пасы свинца на этом месторождении составляют 600 тыс. т при его среднем содержании около 3 %, запасы цинка – около 675 тыс. т и содержанием около 3,7 %.

Месторождения олова (*Перевальное, Зимнее, Фестивальное, Тигриное* и др.), представленные в *Кавалеровском районе*, относятся к *кварц-кассите-ритовой* и *кварц-сульфидно-касситеритовой рудным формациям*. Содержание олова на этих месторождениях не превышает 1 %, а запасы колеблются от первых тыс. т до 185 тыс. т (*Тигриное*). Месторождения приурочены к *позднемеловым* гранитоидам, прорывающим вулканогенно-осадочные образования *юрского* возраста. Рудными являются жильные кварц-турмалиновые зоны и метасоматиты.

Наряду с коренными месторождениями развиты *плиоцен-четвертичные оловоносные россыпи* с содержанием касситерита в них до 1,2-1,5 кг/м^3.

Борные руды. В геологической позиции Николаевского свинцово-цинкового месторождения находится *Дальнегорское месторождение борато*в (преимущественно датолитовых руд) скарнового типа. В нем сосредоточено 99,3 % запасов российских боратов, составляющих 30,3 млн т B_2O_3 при его содержании в руде 9,6 %.

9.5. Олюторско-Камчатская область кайнозойской складчатости

9.5.1. Общая характеристика

Географически это Камчатский п-ов и южная часть Корякского нагорья с абсолютными отметками до 2 600 м. Основной орографической единицей Камчатки является Срединный хребет с абсолютными отметками до 4 850 м. На северо-западе Олюторско-Камчатская область сочленяется с мезозоидами Тайгоносско-Корякской области. Главный Камчатский глубинный разлом, параллельный Срединному хребту, разделяет Олюторско-Камчатскую область на две зоны: внутреннюю (эвгеосинклинальную), обращенную в сторону Тихого океана и внешнюю (терригенно-геосинклинальную), обращенную в сторону Охотского моря.

9.5.2. Геологическое строение

В строении Олюторско-Камчатской области принимают участие геологические образования архейско-протерозойского, палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов, слагающие ряд структурно-формационных комплексов.

Комплекс основания изучен недостаточно. Наиболее крупный ареал этих образований (Центрально-Камчатский горст) расположен во внешней зоне. Здесь в составе комплекса основания условно выделяются два структурных этажа.

Архейско-протерозойский (AR-PR) *структурный этаж* образован гнейсами, мигматитами, амфиболитами, различными кристаллическими сланцами.

Палеозойско-мезозойский (PZ-MZ) *структурный этаж* сложен филлитами, песчаниками, метавулканитами разного состава.

Общая мощность толщ комплекса основания составляет около 15 км. Все метаморфические толщи прорваны *палеогеновыми* и *неогеновыми* гранитами.

Геосинклинальный комплекс имеет возрастной диапазон от *позднего мела* до *среднего миоцена* включительно (K_2-~~P~~-N_1^{1-2}).

Во внутренней (эвгеосинклинальной) зоне в составе этого комплекса присутствуют кремнисто-базальтовые, глинисто-алевролитовые, аспидные толщи, туфы, туффиты основного состава, различные вулканомиктовые породы. Общая мощ-

ность этих образований, характеризующихся резкой фациальной изменчивостью по латерали и вертикали, оценивается не менее, чем в 10 км. В составе этого комплекса присутствуют тела ультраосновных пород дунит-гарцбургитового ряда и габброиды.

Во внешней (терригенно-геосинклинальной) зоне геосинклинальный комплекс образован почти 10-километровой толщей переслаивающихся песчаников, алевролитов, аргиллитов, среди которых редко присутствуют отдельные потоки и покровы базальтов. Интрузивные породы представлены *позднемеловыми* и *палеогеновыми* габброидами, гранодиоритами, гранитами.

Орогенный комплекс имеет *позднемиоцен-плиоцен-четвертичный* (N_1^3-N_2-Q) возраст. К этому комплексу относятся терригенные морские и прибрежно-континентальные молассовые (или молассоподобные) отложения, а также вулканические породы. Среди терригенных отложений следует отметить конгломераты, песчаники, аргиллиты, содержащие примесь пирокластического материала; континентальные толщи иногда являются угленосными. Вулканиты представлены лавами и туфами андезибазальтов, андезитов, дацитов, широко развиты спекшиеся туфы и игнимбриты, шлаки, пемзы. Они являются продуктами трещинных излияний и наземных извержений центрального типа. Общая мощность пород орогенного комплекса составляет около 5 км. В составе орогенного комплекса находятся также экструзивно-гипабиссальные тела гранитоидов.

Следует отметить, что по ряду геологических признаков и петрогеохимических показателей вулканические породы орогенного комплекса имеют много общих черт с позднегеосинклинальными (позднеостроводужными) вулканитами.

Олюторско-Камчатская область – это регион высокой современной тектонической, сейсмической и вулканической активности.

На Камчатке известно 160 вулканов, из которых 28 является действующими в настоящее время. Крупнейшими вулканами Камчатки являются: Ключевская сопка высотой 4 850 м, Камень высотой 4 617 м, Плоский высотой 4 030 м, Толбачик высотой 3 682 м, Кроноцкий высотой 3 528 м, Шевелуч высотой 3 335 м, Авачинская сопка высотой 2 738 м, Мутновский высотой 2 046 м. На этих и других вулканах происходит интенсивная парогидротермальная деятельность с функционированием гейзеров, сифонов, современным сульфидным, опалитовым и серным рудообразованием.

Вулканы Камчатки – это природная лаборатория для изучения вулканизма и связанных с ним гидротермальных процессов и гидротермального рудообразования.

Орогенные процессы на Камчатке продолжаются и в настоящее время, поэтому комплексы платформенного типа здесь отсутствуют.

9.5.3. Полезные ископаемые

Наиболее значимые месторождения и проявления полезных ископаемых связаны с образованиями орогенного комплекса и современной гидротермальной активностью.

К ним, в первую очередь, относятся мелкие *месторождения бурых углей*, *ртути* (*Олюторское*), *золота* (*Агинское*), *самородной серы*, имеются небольшие *современные россыпи металлов платиновой группы*. Важное промышленное значение имеют горячие подземные воды и парогазовые источники, связанные с со-

временной вулканической деятельностью. На основе использования парогазовых источников Паужетской геотермальной системы на Камчатке работает одноименная электростанция.

9.6. Хоккайдо-Сахалинская область кайнозойской складчатости

9.6.1. Общая характеристика

Географически – это остров Сахалин (Россия) и остров Хоккайдо (самый северный остров Японского архипелага). Остров Сахалин отделен от континента Татарским проливом, по которому проходит глубинный разлом, разделяющий кайнозойскую складчатую область от мезозоид Сихотэ-Алиня.

9.6.2. Геологическое строение

В геологическом строении Сахалина принимают участие палеозойские, мезозойские и кайнозойские образования. Допалеозойские комплексы на территории острова достоверно не установлены.

Комплекс основания образован *ранне-среднепалеозойскими* (PZ_{1-2}) графитистыми и слюдистыми сланцами, филлитами, кварцитами, аповулканогенными зелеными сланцами мощностью не менее 3 км.

Геосинклинальный комплекс. Главным Сахалинским глубинным разломом этот комплекс разделен на две зоны: восточную (внутреннюю) – эвгеосинклинальную и западную (внешнюю) – терригенно-геосинклинальную.

Во внутренней эвгеосинклинальной зоне в составе этого комплекса выделено три структурных этажа.

Позднепалеозойский (PZ_3) *структурный этаж* мощностью около 1 км образован спилитами, андезитами, риодацитами, их туфами, кремнистыми породами.

Триас-раннемеловой ($T\text{-}K_1$) *структурный этаж* мощностью около 4 км также представлен спилитами, базальтами, яшмами, кремнистыми сланцами.

Позднемеловой-палеогеновый ($K_2\text{-}~~P~~$) *структурный этаж* мощностью около 10 км представлен лавами основного и среднего состава, ассоциирующими с кремнистыми породами, яшмоидами, туфопесчаниками.

С вулканитами ассоциируют ультраосновные породы, габбро, а также небольшие массивы гранитоидов.

Во внешней терригенно-геосинклинальной зоне геосинклинальный комплекс представлен *мел-неогеновыми* алевролитами, аргиллитами, песчаниками, содержащими примесь пирокластического материала, небольшими покровами базальтов и андезитов. Мощность этого комплекса достигает 15 км.

Орогенный комплекс имеет *неоген-четвертичный* (N-Q) возраст, мощность 3-6 км. Он образован прибрежно-морскими и континентальными песчаниками, алевролитами, глинами, содержащими покровы андезибазальтов и базальтов и их туфов. Местами континентальные отложения неогена по латерали замещаются морскими толщами, имеющими полуплатформенную природу.

Интрузивные образования этого комплекса представлены небольшими малочисленными телами субщелочных габброидов, сиенитов, монцонитов.

Сахалин – это область высокой современной тектонической и сейсмической активности. Так, в результате прошедшего в 2007 г. землетрясения был разрушен г.

Невельск, произошло поднятие морского дна, в связи, с чем площадь суши Сахалина увеличилась на 4,5 кв. км.

9.6.3. Полезные ископаемые

Важнейшими полезными ископаемыми Сахалина являются углеводородное сырье и уголь.

Углеводородное сырье.

На Сахалине разведано 41 месторождение *нефти* и 50 *газовых* и *газоконденсатных* месторождений. Они приурочены к *неогеновым* песчано-глинистым отложениям и располагаются как на суше острова, так и шельфе Охотского моря. Глубина залегания продуктивных отложений колеблется в пределах 1,3-4,6 км. Сахалин рассматривается в качестве части более крупной Охотской нефтегазоносной провинции.

Твердое топливо

Уголь. Общие запасы углей Сахалина составляют 1,8 млрд.т, из которых на долю бурых углей приходится 1 млрд.т, на долю каменных – 0,8 млрд т. Угли приурочены к *мел-палеогеновым* и *неогеновым* терригенным отложениям.

Из других полезных ископаемых известны проявления хромитов, хризотил-асбеста, талька, а также сурьмы и ртути.

9.7. Курильская современная геосинклинальная система

9.7.1. Общая характеристика

Основными структурными элементами Курильской системы являются современные геосинклинальные прогибы, выраженные в виде Курильско-Камчатского глубоководного желоба и Южно-Охотской впадины, и геоантиклинальное поднятие Курильского архипелага и Юго-Восточной Камчатки.

9.7.2. Геологическое строение

В геологическом строении Курильской системы преобладают вулканогенные и осадочные образования преимущественно неогенового и четвертичного возрастов, слагающие островную гряду и частично заполняющие смежные прогибы. Эти образования соответствуют геосинклинальному комплексу, причем, вероятнее всего, его верхней части, т. е. раннеостроводужным образованиям. Более древние части этого комплекса не вскрыты.

Комплекс основания достоверно не установлен. Условно к нему относятся терригенные и кремнистые породы, роговики, кварциты, гранитоиды, ультраосновные породы, гранито-гнейсы, имеющие *допозднемеловой* возраст. Они установлены как при глубоководном драгировании, так и обнаружены в качестве резургентных (т. е. чужеродных) включений в неоген-четвертичных лавах, так и в вулканических туфовых выбросах.

Геосинклинальный комплекс имеет общий возрастной диапазон от *позднего мела* до *четвертичного времени* (K_2-~~P~~-N-Q) включительно и общую мощность не менее 4 км.

На островах этот комплекс представлен лавами и туфами базальтов, андезибазальтов, реже дацитов и андезитов, которые слагают вулканические гряды. На их склонах и прилегающих акваториях распространены песчаники, алевролиты, аргиллиты, вулканомиктовые породы, диатомиты. Среди интрузивных пород отмечаются габбро, субвулканические тела щелочных базальтоидов, диориты и гранитоиды.

К востоку от Курильской островной дуги расположен глубоководный Курило-Камчатский желоб. Он имеет протяженность 2 200 км, глубину 9- 10 км и ширину около 100 км (по изобате 6 км). В днище желоба залегают легко взмучиваемые современные желтые илы, на стенках – глины, алевриты, диатомиты, которые в целом подстилаются базальтами.

Курильская область в настоящее время находится на геосинклинальном этапе развития, поэтому более молодые – орогенные, а тем более платформенные, комплексы здесь не формируются.

Курилы – это регион высокой современной вулканической и сейсмической активности. Землетрясения интенсивностью 2-3 балла происходят практически ежедневно, нередкими являются землетрясения до 9-10 баллов. Причем эти землетрясения являются глубокофокусными, их очаги располагаются на глубинах до 500-600 км, в пределах так называемой зоны Беньофа-Заварицкого. Эта зона представляет собой наклоненную под континент разломную структуру, по которой происходит поддвигание океанической коры под континентальную. В ходе этого процесса Курилы приближаются к о-ву Сахалин со скоростью 18 мм в год.

На каждом острове расположено несколько вулканов, все они центрального типа. Одним из наиболее известных является вулкан Эбеко высотой 1 156 м, на о-ве Парамушир. Возраст этого вулкана 2 400 лет. Он извергает лавы и туфы андезибазальтового и андезитового состава, происходят излияния самородной серы. Последнее извержение этого вулкана происходило в 2007 г.

9.7.3. Полезные ископаемые

Наиболее значимым является *месторождение самородной серы Новое* на о-ве Итуруп.

Кроме того, распространены *пляжные ильменит-титаномагнетитовые россыпи*, в которых содержится (в пересчете) TiO_2 – 47-58 кг/м^3 и V_2O_5 – 1,8-1,9 кг/м^3.

Вулканы продуцируют *термальные воды, в том числе ренийсодержащие*.

На Курилах происходят современные гидротермальные и рудообразующие процессы (в том числе, сульфидообразование), изучение которых является важным для выяснения условия и обстановок образования древних месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложенном материале приведены основные сведения, касающиеся многообразия особенностей геологического строения территории Российской Федерации и размещения месторождений полезных ископаемых.

Наряду с этим многообразием существует и своеобразный консерватизм в геологическом строении и развитии отдельных регионов, в первую очередь складчатых областей. Этот консерватизм геологического строения обусловливает и консерватизм рудообразования.

Следует отчетливо понимать, что невозможно отделять месторождение от геологического строения; рудообразование – это функция геологического строения и геологического развития территории. Это обстоятельство должно быть четко усвоено и использовано студентом и в будущем специалистом-геологом.

Именно для этого и читается настоящий курс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Верниковский В. А., Матушкин Н. Ю., Метелкин Д. В. Региональная геология России (краткий курс лекций) / Новосибирский государственый университет. – Новосибирск, 2010.

Горная энциклопедия. В 5 томах. – М.: Советская энциклопедия, 1984, 1986, 1987, 1989, 1991.

Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000. – М.: Роскомнедра, 1995.

Кирюхин В. А., Толстихин Н. И. Региональная гидрогеология. – М.: Недра, 1987.

Контарь Е. С., Либарова Л. Е. Металлогения меди, цинка, свинца на Урале. – Екатеринбург: Уралгеолком, 1997.

Короновский Н. В. Геология России и сопредельных территорий: учебник для студентов учреждений высшего проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2011.

Металлогенический кодекс России. – М.: Геокарт-Геос, 2012.

Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (второе издание). – СПб, 2010.

Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). – СПб, 2010.

Петрографический кодекс России. – СПб, 2008.

Стратиграфический кодекс России. – СПб, 2006.

Тектонический кодекс России. – М.: Геокарт-Геос, 2016.

Цейслер В. М. и др. Основы региональной геологии СССР. – М.: Недра, 1984.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала фанерозоя (по данным Стратиграфического кодекса России, 2006; Постановления Межведомственного стратиграфического комитета, 2016)

Эратема (эра)	Система (период), подсистема и их нижние возрастные рубежи, млн лет	Отдел (эпоха) и его (ее) нижние возрастные рубежи, млн лет	Подотдел	Ярус (век)
Кайнозойская KZ	**Четвертичная Q (Четвертичный)**	Голоцен Q_2 (Голоценовый)		
	2,58	Плейстоцен Q_1 (Плейстоценовый)		
	Неогеновая N (Неогеновый)	Плиоцен N_2 (Плиоценовый) **5,3**	Верхний N_2^2	
			Нижний N_2^1	
		Миоцен N_1 (Миоценовый)	Верхний N_1^3	
			Средний N_1^2	
	23,03	**23,03**	Нижний N_1^1	
	Палеогеновая Ꝑ (Палеогеновый)	Олигоцен $Ꝑ_3$ (Олигоценовый)	Верхний $Ꝑ_3^2$	
		38,0	Нижний $Ꝑ_3^1$	
		Эоцен $Ꝑ_2$ (Эоценовый)	Верхний $Ꝑ_2^3$	
			Средний $Ꝑ_2^2$	
		56,0	Нижний $Ꝑ_2^1$	
		Палеоцен $Ꝑ_1$ (Палеоценовый)	Верхний $Ꝑ_1^3$	
			Средний $Ꝑ_1^2$	
	66,0	**66,0**	Нижний $Ꝑ_1^1$	
Мезозойская MZ	**Меловая K (Меловой)**		Верхний K_2	Маастрихтский K_2m
				Кампанский K_2km
				Сантонский K_2st
				Коньякский K_2k
				Туронский K_2t
				Сеноманский K_2s
			100,5	Альбский K_1al
	145,0		Нижний K_1	Аптский K_1a

			Барремский K_1br
			Готеривский K_1g
		145,0	Валанжинский K_1v
			Берриасский K_1b
	Юрская J (Юрский)	Верхний J_3 (мальм)	Титонский J_3tt
			Кимериджский J_3km
	201,3±0,2	**163,5±1**	Оксфордский J_3o

Продолжение приложения 1

Эрате-ма (эра)	Система (период), подсистема и их нижние возрас-тные рубежи, млн лет	Отдел (эпоха) и его (ее) нижние возрастные рубе-жи, млн лет	Подотдел	Ярус (век)
Мезозойская MZ	**Юрская J (Юрский)**		Средний J_2 (доггер)	Келловейский J_2k
				Батский J_2bt
				Байосский J_2b
			174,1±1	Ааленский J_2a
			Нижний J_1 (лейас)	Тоарский J_1t
				Плинсбахский J_1p
				Синемюрский J_1s
	201,3±0,2		**201,3±0,2**	Геттангский J_1g
	Триасовая T (Триасовый)		Верхний T_3 **237,0**	Рэтский T_3r
				Норийский T_3n
				Карнийский T_3k
			Средний T_2 **247,2**	Ладинский T_2l
				Анизийский T_2a
			Нижний T_1	Оленекский T_1o
	252,2		**252,2**	Индский T_1i
Палеозойская PZ	**Пермская P (Пермский)**		Верхний P_3 (татарский) **265,1±0,4**	Вятский P_3v
				Северодвинский P_3s
			Средний P_2 (биармийский) **270,6**	Уржумский P_2ur
				Казанский P_2kz
			Нижний P_1 (приураль-ский)	Уфимский P_1u
				Кунгурский P_1k
				Артинский P_1ar
	298,9±0,15			Сакмарский P_1s
			298,9±0,15	Ассельский P_1a
			Верхний C_3	Гжельский C_3g

	Каменноугольная (карбон) С (Каменноугольный) **358,9±0,4**			**307,0**	Касимовский C_3k
				Средний C_2 **323,2±0,4**	Московский C_2m
					Башкирский C_2b
				Нижний C_1	Серпуховский C_1s
					Визейский C_1v
				358,9±0,4	Турнейский C_1t
	Девонская D (Девонский) **419,2±3,2**			Верхний D_3 **382,7±1,6**	Фаменский D_3fm
					Франский D_3f
				Средний D_2 **393,3±1,2**	Живетский $D_2žv$
					Эйфельский D_2ef
				Нижний D_1	Эмский D_1e
					Пражский D_1p
				419,2±3,2	Лохковский D_1l
	Силурийская S (Силурийский)	**Верхний S_2 427,4±0,5**	Пржидольский S_2^2		
			Лудловский S_2^1		Лудфордский
					Горстийский
		Нижний S_1 443,4±1,5	Венлокский S_1^2		Гомерский
					Шейнвудский
			Лландоверийский S_1^1 **443,4±1,5**		Теличский
					Гомерский
					Шейнвудский

Окончание приложения 1

Эратема (эра)	Система (период), подсистема и их нижние возрастные рубежи, млн лет	Отдел (эпоха) и его (ее) нижние возрастные рубежи, млн лет	Подотдел	Ярус (век)
	Ордовикская О (Ордовикский) **485,4±1,9**		Верхний O_3 **458,4±0,9**	Хирнантский
				Катийский
				Сандбийский
			Средний O_2 **470,0±1,4**	Дарривильский
				Дапинский
			Нижний O_1 **485,4±1,9**	Флоский
				Тремадокский
	Кембрийская С (Кембрийский) **535±1**		Верхний C_3 **497,0**	Батырбайский
				Аксайский
				Сакский
			Средний C_2 **509,0**	Аюсокканский
				Майский
				Амгинский
			Нижний C_1 **535±1**	Тойонский
				Ботомский
				Атдабанский
				Томмотский

Примечания: 1. При недостаточных данных для поярусного расчленения кампанский, сантонский и коньякский ярусы K_2 объединяются под общим названием сенонский ярус (сенон). 2. При недостаточных данных для поярусного расчленения барремский, готеривский, валанжинский и берриасский ярусы K_1 объединяются под общим неокомский ярус (неоком).

Приложение 2

Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала докембрия (по данным Стратиграфического кодекса России, 2006; Постановления Межведомственного стратиграфического комитета, 2016)

<table>
<tr><th>Акротема</th><th colspan="2">Эонотема и ее нижний возрастной рубеж, млн лет</th><th>Эратема и ее нижний возрастной рубеж, млн лет</th><th>Система и ее нижний возрастной рубеж, млн лет</th><th>Отдел и его нижний возрастной рубеж, млн лет</th></tr>
<tr><td rowspan="8">Протерозойская PR</td><td rowspan="4"></td><td rowspan="4"></td><td></td><td rowspan="2">Вендская V

600</td><td>Верхний V_2

570-555</td></tr>
<tr><td></td><td>Нижний V_1

600</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Верхнепротерозойская PR_2

1650</td><td rowspan="3">Рифейская RF</td><td>Верхнерифейская RF_3 (Каратавий)

1030</td><td rowspan="6"></td><td rowspan="6"></td></tr>
<tr><td>Среднерифейская RF_2 (Юрматиний)

1350</td></tr>
<tr><td>Нижнерифейская RF_1 (Бурзяний)

1650</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Нижнепротерозойская PR_1

2500</td><td>Верхнекарельская KR_2

2100</td></tr>
<tr><td>Нижнекарельская KR_1

2500</td></tr>
<tr><td>Архейская AR</td><td colspan="2">Верхнеархейская AR_2 (Лопийская LP)</td><td>Верхнелопийская LP_3

2800</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td>Среднелопийская LP_2</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

	3200	**3000**	
		Нижнелопийская LP_1 **3200**	
	Нижнеархейская AR_1 (Саамская SM)		

Приложение 3

Геологические задания по выполнению практических работ по курсу «Региональная геология»

Геологическое задание 1

Разработать геолого-минерагенические модели фундаментов и чехлов Восточно-Европейской и Сибирской платформ.

Основные геологические задачи:

1. Построить схемы стратиграфо-хронологического размещения осадочных, магматических и метаморфических пород, слагающих фундаменты и чехлы платформ.

2. Разместить на схемах главнейшие месторождения полезных ископаемых и произвести их идентификацию.

3. Показать положение Кольской сверхглубокой скважины (СГ-3).

4. Сопоставить основные особенности геологического строения и минерагении Восточно-Европейской и Сибирской платформ.

Сроки выполнения геологического задания: на выполнение данной работы отводится три недели аудиторных занятий с момента начала.

Геологическое задание 2

Разработать геолого-минерагенические модели главнейших геосинклинальных вулканических поясов (структурно-формационных мегазон) Урала: 1) Тагильского; 2) Западно-Магнитогорского (по структурно-формационным зонам); 3) Восточно-Магнитогор-ского; 4) Каменского (Алапаевско-Теченского).

Основные геологические задачи:

1. Сформировать схемы стратиграфо-хронологического размещения магматических, осадочных и рудных формаций названных структур.

2. Произвести идентификацию месторождений различных рудных формаций, показанных на схемах.

3. Определить геодинамические (палеотектонические) режимы показанных на схемах магматических, осадочных и рудных формаций.

4. Показать положение Уральской сверхглубокой скважины (СГ-4).

5. Сопоставить основные особенности геологического строения и минерагении названных структур.

Сроки выполнения геологического задания: на выполнение данной работы отводится три недели аудиторных занятий с момента начала.

Приложение 4

Самые глубокие и самые длинные скважины мира

1. Территория бывшего СССР

Аралсорская СГ-1, Прикаспийская низменность, 1962-1971 гг., глубина 6,8 км. Поиски нефти и газа.

Биикжальская СГ-2, Прикаспийская низменность, 1962-1971 гг., глубина 6,2 км. Поиски нефти и газа.

Кольская СГ-3, Балтийский щит, 1970-1994 гг. Проектная глубина – 15 км, фактическая – 12 262. Изучение глубинного строения фундамента Восточно-Европейской платформы.

Саатлинская, Азербайджан, 1977-1990 гг. Проектная глубина 11 км, фактическая – 8 324 м. Изучение глубинного строения нефтегазоносной области.

Колвинская, Архангельская область, 1961-н.д. г.г. Глубина 7 057 м. Изучение глубинного строения Архангельской алмазоносной провинции.

Мурунтауская СГ-10, Узбекистан, 1984-н.д. г.г. Проектная глубина 7 км, фактическая – более 3 км (точнее нет данных). Выявление и изучение возможной золотоносности глубоких горизонтов Мурунтауского рудного поля.

Тимано-Печорская СГ-5, Северо-Восток Европейской России, 1984-1993 гг. Проектная глубина 7 км, фактическая – 6 904 м. Изучение глубинного строения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Тюменская СГ-6, Западная Сибирь, 1987-1996 гг. Проектная глубина 8 км, фактическая – 7 502 м. Изучение строения и нефтегазоносности осадочного чехла Западно-Сибирской плиты.

Воротиловская, Поволжье, 1989-1992 гг. Проектная глубина 6 км, фактическая – 5 374 м. Изучение внутреннего строения и возможной алмазоносности Пучеж-Катункской астроблемы.

Криворожская СГ-8, Украина, 1984-1993 гг. Проектная глубина 12 км, фактическая – 5 382 м. Расшифровка глубинного строения и Криворожского железорудного бассейна и перспектив рудоносности глубоких горизонтов.

Уральская СГ-4, Средний Урал, 1985-2004 гг. Проектная глубина 15 км, фактическая – 6 015 м. Изучение глубинного строения и особенностей формирования Уральского складчатого пояса.

В январе 2011 г. корпорация «ЭксонМобил» объявила о том, что ее дочерняя компания «Эксон Нефтегаз Лимитед» (ЭНЛ) пробурила на месторождении Одопту (проект «Сахалин-1») самую протяженную в мире (12 345 м) скважину (ОП-11) с большим отходом от вертикали. Скважина пробурена под острым углом к поверхности земли, с суши она ушла на шельфовую области о-ва Сахалин (северная часть острова). Скважина пробурена установкой «Ястреб» всего за 60 дней.

В декабре 2017 г. Федеральное агентство по недропользованию (Роснедра) объявило о том, что в рамках нефтегазового проекта «Сахалин-1» на Охотском море пробурена самая длинная скважина в мире длиной 15 000 м. Ее отход от вертикали составил 14 129 м. Процесс бурения скважины занял около четырех месяцев. Скважина пробурена на платформе «Орлан» месторождения Чайво. Проект «Сахалин-1» включает в себя освоение трех морских месторождений Чайво, Одопту и Аркутун-Даги, расположенных на северо-восточном шельфе острова Сахалин.

2. Зарубежные страны

Скважины на нефть и газ

70-е годы XX века

Юниверсити, США, глубина 8 686 м.
Бейден-Юнит, США, глубина 9 159 м.
Берта-Роджерс, США, глубина 9 583 м.

80-е – 90-е годы XX века

Цистердорф, Австрия, глубина 8 553 м.
Сильян Ринг, Швеция, глубина 6,8 км.
Бигхорн, США, глубина 7 583 м.
KTB Hauptbohrung, Германия, 1990-1994 гг. Проектная глубина 10 км, фактическая – 9 100 м. Научное бурение.
В 2008 г. компания «Transocean» для «Maersc Oil» пробурила в Катаре пологую скважину длиной 12 289 м.

Приложение 5

Экзаменационные билеты

Группы РМ, МПГ, ГН

Билет № 1

1. Предмет региональной геологии. Объекты региональной геологии. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных геологоразведочных работ.

2. Полезные ископаемые чехла Восточно-Европейской платформы.

Билет № 2

1. Основные черты тектонического районирования территории Российской Федерации.
2. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

Билет № 3

1. Основные признаки тектонических комплексов и соответствующих им режимов.
2. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

Билет № 4

1. Основные черты строения фундамента Восточно-Европейской платформы.
2. Полезные ископаемые чехла Сибирской платформы.

Билет № 5

1. Строение чехла Восточно-Европейской платформы (рифейский и вендкембрийс-кий комплексы).
2. Полезные ископаемые Западно-Магнитогорского пояса.

Билет № 6

1. Основные черты строения Западно-Сибирской плиты.
2. Полезные ископаемые Тагильского пояса.

Билет № 7

1. Основные черты строения фундамента Сибирской платформы.
2. Полезные ископаемые Восточно-Магнитогорского пояса.

Билет № 8

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (рифейский и вендкемб-рийский комплексы).
2. Полезные ископаемые фундамента Сибирской платформы.

Билет № 9

1. Структурно-тектоническое районирование Урала.
2. Полезные ископаемые Западно-Сибирской плиты.

Билет № 10

1. Структурно-тектоническое районирование Урало-Монгольского пояса.
2. Полезные ископаемые структур осевой зоны и западного склона Урала.

Билет № 11

1. Основные черты строения осевой зоны и западного склона Урала.
2. Полезные ископаемые восточных структур Урала.

Билет № 12

1. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Средиземноморского пояса (в пределах территории России).
2. Полезные ископаемые Монголо-Охотской области.

Билет № 13

1. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Тихоокеанского пояса.
2. Полезные ископаемые Большого Кавказа.

Билет № 14

1. Основные черты строения восточных зон Урала.
2. Полезные ископаемые Верхоянско-Чукотской области.

Билет № 15

1. Основные черты строения Олюторско-Камчатской складчатой и Курильской геосинклинальной систем.
2. Полезные ископаемые Байкальской горной области.

Билет № 16

1. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (нижнепалеозойский комплекс).
2. Главнейшие нефтегазоносные провинции Восточно-Европейской платформы.

Билет № 17

1. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (средне-верхнепа-леозойский комплекс).
2. Нефтегазоносные провинции Сибирской платформы.

Билет № 18

1. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (мезозойско-кайно-зойский комплекс).

2. Главнейшие угленосные бассейны Сибирской платформы.

Билет № 19

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (ордовикско-силурийский и девонско-нижнекаменноугольный комплексы).

2. Полезные ископаемые Саяно-Енисейской области.

Билет № 20

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (среднекаменно-угольно-среднетриасовый комплекс, пермо-триасовый трапповый и триасовый ультраосновной магматизм).

2. Полезные ископаемые Байкальской горной области

Билет № 21

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (юрско-меловой комплекс и кайнозойские отложения).

2. Полезные ископаемые Сихотэ-Алинской области.

Группы ГИГ

Билет № 1

1. Предмет региональной геологии. Объекты региональной геологии. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных геологоразведочных работ.

2. Полезные ископаемые чехла Восточно-Европейской платформы.

Билет № 2

1. Основные черты тектонического и гидрогеологического районирования территории Российской Федерации.

2. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

Билет № 3

1. Основные признаки тектонических комплексов и соответствующих им режимов.

2. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

Билет № 4

1. Основные черты строения фундамента Восточно-Европейской платформы.

2. Полезные ископаемые чехла Сибирской платформы.

Билет № 5

1. Строение чехла Восточно-Европейской платформы (рифейский и вендкембрийс-кий комплексы).

2. Полезные ископаемые Западно-Магнитогорского пояса.

Билет № 6

1. Основные черты строения Западно-Сибирской плиты.

2. Полезные ископаемые Тагильского пояса.

Билет № 7

1. Основные черты строения фундамента Сибирской платформы.

2. Полезные ископаемые Восточно-Магнитогорского пояса.

Билет № 8

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (рифейский и вендкемб-рийский комплексы).

2. Полезные ископаемые фундамента Сибирской платформы.

Билет № 9

1. Структурно-тектоническое районирование Урала.

2. Полезные ископаемые Западно-Сибирской плиты.

Билет № 10

1. Структурно-тектоническое районирование Урало-Монгольского пояса.
2. Полезные ископаемые структур осевой зоны и западного склона Урала.

Билет № 11

1. Основные черты строения осевой зоны и западного склона Урала.
2. Полезные ископаемые восточных структур Урала.

Билет № 12

1. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Средиземноморского пояса (в пределах территории России).
2. Полезные ископаемые Монголо-Охотской области.

Билет № 13

1. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Тихоокеанского пояса.
2. Полезные ископаемые Большого Кавказа.

Билет № 14

1. Основные черты строения восточных зон Урала.
2. Полезные ископаемые Верхоянско-Чукотской области.

Билет № 15

1. Основные черты строения Олюторско-Камчатской складчатой и Курильской геосинклинальной систем.
2. Полезные ископаемые Байкальской горной области.

Билет № 16

1. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (нижнепалеозойский комплекс).
2. Главнейшие нефтегазоносные провинции Восточно-Европейской платформы.

Билет № 17

1.Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (средне-верхнепа-леозойский комплекс).
2. Нефтегазоносные провинции Сибирской платформы.

Билет № 18

1.Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (мезозойско-кайно-зойский комплекс).
2. Главнейшие угленосные бассейны Сибирской платформы.

Билет № 19

1.Основные черты строения чехла Сибирской платформы (ордовикско-силурийский и девонско-нижнекаменноугольный комплексы).

2. Полезные ископаемые Саяно-Енисейской области.

Билет № 20

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (среднекаменно-угольно-среднетриасовый комплекс, пермо-триасовый трапповый и триасовый ультраосновной магматизм).

2. Полезные ископаемые Байкальской горной области.

Билет № 21

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (юрско-меловой комплекс и кайнозойские отложения).

2. Полезные ископаемые Сихотэ-Алинской области.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПРЕДМЕТ, ОБЪЕКТЫ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ С ДРУГИМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ. ОРГАНИЗАЦИОННОЕ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАБОТ 3

2. ПРИНЦИПЫ И ЗАДАЧИ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 7

3. ОСНОВНЫЕ ПРИЗНАКИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ ИМ РЕЖИМОВ И ИХ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ 10

4. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 16
4.1. Тектоническое районирование 16
4.2. Гидрогеологическое районирование 16

5. ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКАЯ (РУССКАЯ) ПЛАТФОРМА (ВЕП) 20
5.1. Общая характеристика 20
5.2. Основные структурные элементы 20
5.3. Строение фундамента 22
5.4. Строение чехла 26
5.5. Полезные ископаемые 32

6. СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА 38
6.1. Общая характеристика 38
6.2. Основные структурные элементы 39
6.3. Строение фундамента 40
6.4. Строение чехла 41
6.5. Полезные ископаемые 47

7. СРЕДИЗЕМНОМОРСКИЙ ПОЯС 51
7.1. Большой Кавказ 52
7.1.1. Общая характеристика 52
7.1.2. Геологическое строение 52
7.1.3. Полезные ископаемые 54
7.2. Горный Крым 56
7.2.1 Общая характеристика 56
7.2.2. Геологическое строение 56
7.2.3. Полезные ископаемые 58

8. УРАЛО-МОНГОЛЬСКИЙ ПОЯС 58
8.1. Уральская каледоно-герцинская складчатая система 59
8.1.1.Общая характеристика 59
8.1.2. Восточная окраина Восточно-Европейской платформы 61
8.1.3. Уральская эвгеосинклинальная область 65
8.1.3.1. Тагильский интрузивно-вулканический пояс 65

8.1.3.2. Западно-Магнитогорский интрузивно-вулканический пояс 71
8.1.3.3. Восточно-Магнитогорский интрузивно-вулканический пояс ... 75
8.1.3.4. Каменский (Алапаевско-Теченский) интрузивно-вулканический пояс 77
8.1.3.5. Восточные структуры Урала 78

8.1.4. Валерьяновский интрузивно-вулканический пояс (геологическое строение и полезные ископаемые) 80
8.2. Западно-Сибирская плита 81
8.2.1. Общая характеристика 81
8.2.2. Геологическое строение 81
8.2.3. Полезные ископаемые 82
8.3. Саяно-Енисейская область байкальской складчатости 84
8.3.1. Общая характеристика 84
8.3.2. Геологическое строение 84
8.3.3. Полезные ископаемые 85
8.4. Кузнецко-Витимская область каледонской складчатости 86
8.4.1. Общая характеристика 86
8.4.2. Геологическое строение 86
8.4.3. Полезные ископаемые 87
8.5. Байкальская горная область 88
8.5.1. Общая характеристика 88
8.5.2. Геологическое строение 88
8.5.3. Полезные ископаемые 90
8.6. Монголо-Охотская область герцинской складчатости 90
8.6.1. Общая характеристика 90
8.6.2. Геологическое строение 91
8.6.3. Полезные ископаемые 92
9. ТИХООКЕАНСКИЙ ПОЯС 93
9.1. Общая характеристика 93
9.2. Верхоянско-Чукотская область мезозойской складчатости 95
9.2.1. Общая характеристика 95
9.2.2. Геологическое строение 95
9.2.3. Полезные ископаемые 97
9.3. Тайгоносско-Корякская область мезозойской складчатости 98
9.3.1. Общая характеристика 98
9.3.2. Геологическое строение 98
9.3.3. Полезные ископаемые 99
9.4. Сихотэ-Алинская область мезозойской складчатости 100
9.4.1. Общая характеристика 100
9.4.2. Геологическое строение 100
9.4.3. Полезные ископаемые 101
9.5. Олюторско-Камчатская область кайнозойской складчатости 102
9.5.1. Общая характеристика 102
9.5.2. Геологическое строение 102
9.5.3 Полезные ископаемые 103
9.6. Хоккайдо-Сахалинская область кайнозойской складчатости 104

9.6.1. Общая характеристика 104
9.6.2. Геологическое строение 104
9.6.3. Полезные ископаемые 105
9.7. Курильская современная геосинклинальная система 105
9.7.1. Общая характеристика 105
9.7.2. Геологическое строение 105
9.7.3. Полезные ископаемые 107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 108
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 109

ПРИЛОЖЕНИЯ 110
Приложение 1. Общая стратиграфическая шкала фанерозоя 110
Приложение 2. Общая стратиграфическая шкала докембрия 113
Приложение 3. Геологические задания по выполнению практических работ по курсу «Региональная геология» 114
Приложение 4. Самые глубокие и самые длинные скважины мира 115
Приложение 5. Экзаменационные билеты 117

Учебное издание

Ефим Семенович КОНТАРЬ

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Редактор издательства *Л. В. Устьянцева*
Компьютерная верстка и дизайн обложки *Н. Л. Сайгиной*

Подписано в печать 24.09.2018 г.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная.
Печать на ризографе. Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 7,875. Уч.-изд. л. 9,25. Тираж 50. Заказ

Издательство УГГУ
620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30.
Уральский государственный горный университет
Отпечатано с оригинала-макета
в лаборатории множительной техники УГГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

Б1.О. 33 РАЗВИТИЕ НАВЫКОВ КРИТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ

Направление подготовки/ специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений

твердых полезных ископаемых

формы обучения: **очная, заочная**

год набора: 2021

Автор: Гладкова И. В., доцент, к. ф. н.

Одобрена на заседании кафедры	Рассмотрена методической комиссией
Философии и культурологии	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Беляев В. П.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 1 от 14.09.2020	Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	7
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;
- освоение информации и ее логическая переработка;

- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

Общая структура доклада

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;
- современную оценку предмета изложения;

- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен

4. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

Структура эссе

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);
2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

Тезис - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

Как подготовить и написать эссе?

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

Планирование - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

Цель должна определять действия.

Идеи, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

Аналогии - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений.

Аргументация - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

Суждение - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

Доводы - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

Качество текста складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

Мысль - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

Грамотность отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

Корректность — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

Дискуссия (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

Дискуссия обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Дискуссия- диалог чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

Дискуссия - спор используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

Подготовка студентов к дискуссии: если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

Этап 1-й, введение в дискуссию: формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

Этап 2-й, обсуждение проблемы: обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

Этап 3-й, подведение итогов обсуждения: выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Зав. кафедрой _____

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ

по дисциплине

Б1.О.ДВ.01.01 ДУХОВНО-НРАВСТВЕННАЯ КУЛЬТУРА ЛИЧНОСТИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализации:
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых; Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания; Геология нефти и газа Прикладная геохимия, минералогия и геммология

квалификация выпускника: **специалист**

форма обучения: **очная, заочная**

Авторы: Бачинин И.В. к.п.н, Погорелов С.Т., к.п.н. Старостин А.Н., к.ист.н., Суслонов П.Е., к. филос. н., доцент

Одобрена на заседании кафедры
Теологии
(название кафедры)
Зав.кафедрой _____
(подпись)
Бачинин И.В.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Оглавление

Методические указания по освоению дисциплины 3
Освоение лекционного курса 3
Самостоятельное изучение тем курса....3
Подготовка к практическим (семинарским) занятиям 6
Подготовка к тестированию 7
Подготовка к групповой дискуссии....9
Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации....11

Методические указания по освоению дисциплины

Освоение лекционного курса

Лекции по дисциплине дают основной теоретический материал, являющийся базой для восприятия практического материала. После прослушивания лекции необходимо обратиться к рекомендуемой литературе, прочитать соответствующие темы, уяснить основные термины, проблемные вопросы и подходы к их решению, а также рассмотреть дополнительный материал по теме.

Главное в период подготовки к лекционным занятиям – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В основу его нужно положить рабочие программы изучаемых в семестре дисциплин.

Каждому студенту следует составлять еженедельный и семестровый планы работы, а также план на каждый рабочий день. С вечера всегда надо распределять работу на завтрашний день. В конце каждого дня целесообразно подводить итог работы: тщательно проверить, все ли выполнено по намеченному плану, не было ли каких-либо отступлений, а если были, по какой причине это произошло. Нужно осуществлять самоконтроль, который является необходимым условием успешной учебы. Если что-то осталось невыполненным, необходимо изыскать время для завершения этой части работы, не уменьшая объема недельного плана.

Одним из важных элементов освоения лекционного курса является самостоятельная работа на лекции. Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Запись лекций рекомендуется вести по возможности собственными формулировками. Желательно запись осуществлять на одной странице, а следующую оставлять для проработки учебного материала самостоятельно в домашних условиях. Конспект лекции лучше подразделять на пункты, параграфы, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать пункты плана лекции, предложенные преподавателям. Принципиальные места, определения, формулы и другое следует сопровождать замечаниями «важно», «особо важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек. Лучше если они будут собственными, чтобы не приходилось просить их у однокурсников и тем самым не отвлекать их во время лекции. Целесообразно разработать собственную «маркографию» (значки, символы), сокращения слов. Не лишним будет и изучение основ стенографии. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Самостоятельное изучение тем курса

Самостоятельное изучение тем курса осуществляется на основе списка основной и рекомендуемой литературы к дисциплине. При работе с книгой необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Самостоятельная работа с учебниками и книгами (а также самостоятельное теоретическое исследование проблем, обозначенных

преподавателем на лекциях) – это важнейшее условие формирования научного способа познания. Основные приемы можно свести к следующим:

• составить перечень книг, с которыми следует познакомиться;

• перечень должен быть систематизированным (что необходимо для семинаров, что для экзаменов, что пригодится для написания курсовых и выпускных квалификационных работ, а что выходит за рамками официальной учебной деятельности, и расширяет общую культуру);

• обязательно выписывать все выходные данные по каждой книге (при написании курсовых и дипломных работ это позволит экономить время);

• определить, какие книги (или какие главы книг) следует прочитать более внимательно, а какие – просто просмотреть;

• при составлении перечней литературы следует посоветоваться с преподавателями и научными руководителями, которые помогут сориентироваться, на что стоит обратить большее внимание, а на что вообще не стоит тратить время;

• все прочитанные книги, учебники и статьи следует конспектировать, но это не означает, что надо конспектировать «все подряд»: можно выписывать кратко основные идеи автора и иногда приводить наиболее яркие и показательные цитаты (с указанием страниц);

• если книга – собственная, то допускается делать на полях книги краткие пометки или же в конце книги, на пустых страницах просто сделать свой «предметный указатель», где отмечаются наиболее интересные мысли и обязательно указываются страницы в тексте автора;

• следует выработать способность «воспринимать» сложные тексты; для этого лучший прием – научиться «читать медленно», когда понятно каждое прочитанное слово (а если слово незнакомое, то либо с помощью словаря, либо с помощью преподавателя обязательно его узнать); Таким образом, чтение научного текста является частью познавательной деятельности. Ее цель – извлечение из текста необходимой информации.

От того на сколько осознанна читающим собственная внутренняя установка при обращении к печатному слову (найти нужные сведения, усвоить информацию полностью или частично, критически проанализировать материал и т.п.) во многом зависит эффективность осуществляемого действия. Грамотная работа с книгой, особенно если речь идет о научной литературе, предполагает соблюдение ряда правил, для овладения которыми необходимо настойчиво учиться. Это серьёзный, кропотливый труд. Прежде всего, при такой работе невозможен формальный, поверхностный подход. Не механическое заучивание, не простое накопление цитат, выдержек, а сознательное усвоение прочитанного, осмысление его, стремление дойти до сути – вот главное правило. Другое правило – соблюдение при работе над книгой определенной последовательности. Вначале следует ознакомиться с оглавлением, содержанием предисловия или введения. Это дает общую ориентировку, представление о структуре и вопросах, которые рассматриваются в книге.

Следующий этап – чтение. Первый раз целесообразно прочитать книгу с начала до конца, чтобы получить о ней цельное представление. При повторном чтении происходит постепенное глубокое осмысление каждой главы, критического материала и позитивного изложения; выделение основных идей, системы аргументов, наиболее ярких примеров и т.д. Непременным правилом чтения должно быть выяснение незнакомых слов, терминов, выражений, неизвестных имен, названий. Студенты с этой целью заводят специальные тетради или блокноты. Важная роль в связи с этим принадлежит библиографической подготовке студентов. Она включает в себя умение активно, быстро пользоваться научным аппаратом книги, справочными изданиями, каталогами, умение вести поиск необходимой информации, обрабатывать и систематизировать ее.

Выделяют четыре основные установки в чтении научного текста:

- информационно-поисковая (задача – найти, выделить искомую информацию);

- усваивающая (усилия читателя направлены на то, чтобы как можно полнее осознать и запомнить как сами сведения, излагаемые автором, так и всю логику его рассуждений);

- аналитико-критическая (читатель стремится критически осмыслить материал, проанализировав его, определив свое отношение к нему);

- творческая (создает у читателя готовность в том или ином виде – как отправной пункт для своих рассуждений, как образ для действия по аналогии и т.п. – использовать суждения автора, ход его мыслей, результат наблюдения, разработанную методику, дополнить их, подвергнуть новой проверке).

С наличием различных установок обращения к научному тексту связано существование и нескольких видов чтения:

- библиографическое – просматривание карточек каталога, рекомендательных списков, сводных списков журналов и статей за год и т.п.;

- просмотровое – используется для поиска материалов, содержащих нужную информацию, обычно к нему прибегают сразу после работы со списками литературы и каталогами, в результате такого просмотра читатель устанавливает, какие из источников будут использованы в дальнейшей работе;

- ознакомительное – подразумевает сплошное, достаточно подробное прочтение отобранных статей, глав, отдельных страниц, цель – познакомиться с характером информации, узнать, какие вопросы вынесены автором на рассмотрение, провести сортировку материала;

- изучающее – предполагает доскональное освоение материала; в ходе такого чтения проявляется доверие читателя к автору, готовность принять изложенную информацию, реализуется установка на предельно полное понимание материала;

- аналитико-критическое и творческое чтение – два вида чтения близкие между собой тем, что участвуют в решении исследовательских задач.

Первый из них предполагает направленный критический анализ, как самой информации, так и способов ее получения и подачи автором; второе – поиск тех суждений, фактов, по которым или в связи с которыми, читатель считает нужным высказать собственные мысли.

Из всех рассмотренных видов чтения основным для студентов является изучающее – именно оно позволяет в работе с учебной литературой накапливать знания в различных областях. Вот почему именно этот вид чтения в рамках учебной деятельности должен быть освоен в первую очередь. Кроме того, при овладении данным видом чтения формируются основные приемы, повышающие эффективность работы с научным текстом. Научная методика работы с литературой предусматривает также ведение записи прочитанного. Это позволяет привести в систему знания, полученные при чтении, сосредоточить внимание на главных положениях, зафиксировать, закрепить их в памяти, а при необходимости вновь обратиться к ним.

Основные виды систематизированной записи прочитанного:

- Аннотирование – предельно краткое связное описание просмотренной или прочитанной книги (статьи), ее содержания, источников, характера и назначения.

- Планирование – краткая логическая организация текста, раскрывающая содержание и структуру изучаемого материала.

- Тезирование – лаконичное воспроизведение основных утверждений автора без привлечения фактического материала.

- Цитирование – дословное выписывание из текста выдержек, извлечений, наиболее существенно отражающих ту или иную мысль автора.

- Конспектирование – краткое и последовательное изложение содержания прочитанного. Конспект – сложный способ изложения содержания книги или статьи в логической последовательности. Конспект аккумулирует в себе предыдущие виды записи, позволяет всесторонне охватить содержание книги, статьи. Поэтому умение составлять

план, тезисы, делать выписки и другие записи определяет и технологию составления конспекта.

Как правильно составлять конспект? Внимательно прочитайте текст. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта. Выделите главное, составьте план, представляющий собой перечень заголовков, подзаголовков, вопросов, последовательно раскрываемых затем в конспекте. Это первый элемент конспекта. Вторым элементом конспекта являются тезисы. Тезис - это кратко сформулированное положение. Для лучшего усвоения и запоминания материала следует записывать тезисы своими словами. Тезисы, выдвигаемые в конспекте, нужно доказывать. Поэтому третий элемент конспекта - основные доводы, доказывающие истинность рассматриваемого тезиса. В конспекте могут быть положения и примеры. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана. При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты. Цитируя, учитывайте лаконичность, значимость мысли. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения. Мысли автора книги следует излагать кратко, заботясь о стиле и выразительности написанного. Число дополнительных элементов конспекта должно быть логически обоснованным, записи должны 15 распределяться в определенной последовательности, отвечающей логической структуре произведения. Для уточнения и дополнения необходимо оставлять поля.

Конспектирование - наиболее сложный этап работы. Овладение навыками конспектирования требует от студента целеустремленности, повседневной самостоятельной работы. Конспект ускоряет повторение материала, экономит время при повторном, после определенного перерыва, обращении к уже знакомой работе. Учитывая индивидуальные особенности каждого студента, можно дать лишь некоторые, наиболее оправдавшие себя общие правила, с которыми преподаватель и обязан познакомить студентов:

1. Главное в конспекте не объем, а содержание. В нем должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы. Умение излагать мысли автора сжато, кратко и собственными словами приходит с опытом и знаниями. Но их накоплению помогает соблюдение одного важного правила – не торопиться записывать при первом же чтении, вносить в конспект лишь то, что стало ясным.

2. Форма ведения конспекта может быть самой разнообразной, она может изменяться, совершенствоваться. Но начинаться конспект всегда должен с указания полного наименования работы, фамилии автора, года и места издания; цитаты берутся в кавычки с обязательной ссылкой на страницу книги.

3. Конспект не должен быть «слепым», безликим, состоящим из сплошного текста. Особо важные места, яркие примеры выделяются цветным подчеркиванием, взятием в рамочку, оттенением, пометками на полях специальными знаками, чтобы можно было быстро найти нужное положение. Дополнительные материалы из других источников можно давать на полях, где записываются свои суждения, мысли, появившиеся уже после составления конспекта.

Подготовка к практическим (семинарским) занятиям

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к практическому (семинарскому) занятию. После лекции студент должен познакомиться с планом практических занятий и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя в конце предыдущего практического занятия.

Подготовка к практическому занятию требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ, их реферирования, подготовки докладов и сообщений. Важным этапом в самостоятельной работе студента является повторение материала по конспекту лекции. Одна из главных составляющих внеаудиторной подготовки – работа с книгой. Она предполагает: внимательное прочтение, критическое осмысление содержания, обоснование собственной позиции по дискуссионным моментам, постановки интересующих вопросов, которые могут стать предметом обсуждения на семинаре.

В начале практического занятия должен присутствовать организационный момент и вступительная часть. Преподаватель произносит краткую вступительную речь, где формулируются основные вопросы и проблемы, способы их решения в процессе работы.

Практические занятия не повторяют, а существенно дополняют лекционные занятия, помогая студентам в подготовке к промежуточной аттестации. Практические занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют студентам закрепить, углубить и конкретизировать знания по курсу, подготовиться к практической деятельности. В процессе работы на практических занятиях студент должен совершенствовать умения и навыки самостоятельного анализа источников и научной литературы, что необходимо для научно-исследовательской работы.

Одним из важных элементов практических занятий является изучение и анализ источников теологического, религиозного или правового характера, осуществляемый под руководством преподавателя, что необходимо для получения практических навыков в области научно-исследовательской, экспертно-консультативной и представительско-посреднической деятельности по окончании обучения.

Подготовка к тестированию

Тестирование - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовая система предусматривает вопросы / задания, на которые слушатель должен дать один или несколько вариантов правильного ответа из предложенного списка ответов. При поиске ответа необходимо проявлять внимательность. Прежде всего, следует иметь в виду, что в предлагаемом задании всегда будет один правильный и один неправильный ответ. Это оговаривается перед каждым тестовым вопросом. Всех правильных или всех неправильных ответов (если это специально не оговорено в формулировке вопроса) быть не может. Нередко в вопросе уже содержится смысловая подсказка, что правильным является только один ответ, поэтому при его нахождении продолжать дальнейшие поиски уже не требуется.

На отдельные тестовые задания не существует однозначных ответов, поскольку хорошее знание и понимание содержащегося в них материала позволяет найти такие ответы самостоятельно. Именно на это слушателям и следует ориентироваться, поскольку полностью запомнить всю получаемую информацию и в точности ее воспроизвести при ответе невозможно. Кроме того, вопросы в тестах могут быть обобщенными, не затрагивать каких-то деталей.

Тестовые задания сгруппированы по темам учебной дисциплины. Количество тестовых вопросов/заданий по каждой теме дисциплины определено так, чтобы быть достаточным для оценки знаний обучающегося по всему пройденному материалу.

При подготовке к тестированию студенту следует внимательно перечитать конспект лекций, основную и дополнительную литературу по той теме (разделу), по которому предстоит писать тест.

Для текущей аттестации по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» применяются тесты, которые выполняются по разделам № 1-4.

Предлагаются задания по изученным темам в виде открытых и закрытых вопросов (35 вопросов в каждом варианте).

Образец тестового задания

1. Древнейший человек на Земле появился около 3 млн. лет назад. Когда появились первые люди на Урале?
а) 1млн. лет назад,
б) 300 тыс. лет назад,
в) около. 150 тыс. лет назад.

2.В каком регионе Урала находится укрепленное поселение бронзового века “Аркаим”:
а) в Курганской
б) в Челябинской,
в) в Свердловской.

3.Уральский город, где расположена известная наклонная башня Демидовых:
а) Кунгур
б) Невьянск
в) Екатеринбург
г) Соликамск

4. В каком году была основана Екатеринбургская горнозаводская школа?
а) 1723
б) 1783
в) 1847

5. Почему на гербе Уральского государственного горного университета изображена императорская корона?
а) потому что он был основан императором Николаем II
б) по личной просьбе представительницы царского дома Романовых О.Н. Куликовской-Романовой, посетившей Горный университет
в) для красоты

6. Из приведенных волевых качеств определите те, которые необходимы для выполнения патриотического долга.
а) Решительность, выдержка, настойчивость в преодолении препятствий и трудностей.
б) Агрессивность, настороженность, терпимость к себе и сослуживцам.
в) Терпимость по отношению к старшим, лояльность по отношению к окружающим

7. Печорин в произведении М.Ю. Лермонтова “Герой нашего времени” был ветераном этой войны:
а) Русско – турецкой
б) Кавказской
в) Крымской
г) Германской

Ключи:
1. б
2. б
3. б
4. а
5. а

6. а
7. б

Тест выполняется на отдельном листе с напечатанными тестовыми заданиями, выдаваемом преподавателем, на котором нужно обвести правильный вариант ответа. Тест подписывается сверху следующим образом: фамилия, инициалы, № группы, дата.

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

18-35 баллов (50-100%) – оценка «зачтено»

0-17 баллов (0-49%) - оценка «не зачтено»

Подготовка к групповой дискуссии

Групповая дискуссия — это одна из организационных форм познавательной деятельности обучающихся, позволяющая закрепить полученные ранее знания, восполнить недостающую информацию, сформировать умения решать проблемы, укрепить позиции, научить культуре ведения дискуссии. Тематика обсуждения выдается на первых занятиях. Подготовка осуществляется во внеаудиторное время. Регламент – 3-5 мин. на выступление. В оценивании результатов наравне с преподавателем принимают участие студенты группы.

Обсуждение проблемы (нравственной, политической, научной, профессиональной и др.) происходит коллективно, допускается корректная критика высказываний (мнений) своих сокурсников с обязательным приведением аргументов критики.

Участие каждого обучающегося в диалоге, обсуждении должно быть неформальным, но предметным.

Темы для групповых дискуссий по разделам

Тема для групповой дискуссии по разделу 1. История инженерного дела в России. Создание и развитие Уральского государственного горного университета.

Студентам заранее дается перечень великих уральцев XVIII – начала XX вв. (Демидовы, И.С. Мясников и Твердышевы, Г.В. де Генин, В.А. Глинка, М.Е. Грум-Гржимайло и др.), внесших существенный вклад в развитие металлургической и горной промышленности. Студенты разбиваются на несколько групп, каждой из которых дается один исторический персонаж. Задача студентов по литературным и интернет-источникам подробно познакомиться с биографией и трудами своего героя. В назначенный для дискуссии день они должны не только рассказать о нем и его трудах, но и, главным образом, указать на то, каким образом их жизнь и деятельность повлияла на культуру и жизненный уклад их современников, простых уральцев.

Тема для групповой дискуссии по разделу 2. «Основы российского патриотического самосознания»

Студенты должны заранее освежить в памяти произведения школьной программы: К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия».

Вопросы, выносимые на обсуждение:

Какие специфические грани образа патриота представлены в произведениях К.М. Симонова «Жди меня», М.Ю. Лермонтова «Бородино», Л.Н. Толстого «Война и мир», А.А. Фадеева «Молодая гвардия», выделите общее и особенное.

Какие еще произведения, в которых главные герои проявляют патриотические качества, вы можете назвать. Соотнесите их с героями вышеупомянутых писателей.

Тема для групповой дискуссии по разделу 3. Религиозная культура в жизни человека и общества.

Описание изначальной установки:

Группа делится на 2 части: «верующие» и «светские». Каждая группа должна высказать аргументированные суждения по следующей теме:

«Может ли верующий человек прожить без храма/мечети/синагоги и другие культовые сооружения?»

Вопросы для обсуждения:

1. Зачем человеку нужен храм/мечеть/синагога и др. культовые сооружения?
2. Почему совесть называют голосом Божиим в человеке?
3. Что означает выражение «вечные ценности»?
4. Что мешает человеку прийти в храм/мечеть/синагогу и др. культовое сооружение?

Каждый из групп должна представить развернутые ответы на поставленные вопросы со ссылкой на религиоведческие источники и нормативно-правовые акты, аргументированно изложить свою позицию.

Тема для групповой дискуссии по разделу 4. «Основы духовной и социально-психологической безопасности»

***Тема дискуссии:* «Воспитание трезвенных убеждений»**

Основой дискуссии как метода активного обучения и контроля полученных знаний является равноценное владение материалом дискуссии всеми студентами. Для этого при предварительной подготовке рекомендуется наиболее тщательно повторить темы раздела, касающиеся формирования системы ценностей, манипуляций сознанием, мпомобов ведения консциентальной войны, методике утверждения трезвости как базовой национальной ценности.

В начале дискуссии демонстрируется фильм Н. Михалкова «Окна Овертона» из серии Бесогон ТВ: https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=BlIiy4QfQIk

Затем перед студентами ставится проблемная задача: сформулировать ответ на вопрос «Возможно ли применение данной технологии формирования мировоззрения в благих целях — для воспитания трезвенных убеждений?»

Возможные варианты точек зрения:

1. Это манипулятивная технология, применение ее для воспитания трезвенных убеждений неэтично.

2. Это универсальная социально-педагогическая технология, применение ее во зло или во благо зависит от намерений автора. Испоьзование ее в целях формирования трезвенных

убеждений обосновано и может реализоваться в практической деятельности тех, кто овладел курсом «Основы утверждения трезвости»

Результатом дискуссии не могут быть однозначные выводы и формулировки. Действие ее всегда пролонгировано, что дает студентам возможность для дальнейшего обдумывания рассмотренных проблемных ситуаций, для поиска дополнительной информации по воспитанию трезвенных убеждений.

Незадолго до проведения групповой дискуссии преподаватель разделяет группу на несколько подгрупп, которая, согласно сценарию, будет представлять определенную точку зрения, информацию. При подготовке к групповой дискуссии студенту необходимо собрать материал по теме с помощью анализа научной литературы и источников.

Используя знание исторического, теологического и правового материала, исходя из изложенных изначальных концепций, каждая группа должна изложить свою точку зрения на обсуждаемый вопрос, подкрепив ее соответствующими аргументами.

Каждый из групп по очереди приводит аргументы в защиту своей позиции. Соответственно другая группа должна пытаться привести контраргументы, свидетельствующие о нецелесообразности, пагубности позиции предыдущей группы и стремится доказать, аргументированно изложить свою позицию.

Критерии оценивания: качество высказанных суждений, умение отстаивать свое мнение, культура речи, логичность.

Критерии оценки одной дискуссии:

Суждения зрелые, обоснованные, высказаны с использованием профессиональной терминологии, логично – 8-10 баллов.

Суждения не совсем зрелые или необоснованные, при ответе использована профессиональная терминология, суждение логично – 4 – 7 баллов.

Суждения незрелые, необоснованные, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла:

Суждения нет, бытовая речь, нелогичный ответ – 2– 3 балла.

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 8-10 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 4-7 баллов

Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он набрал 2-3 балла

Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он набрал 0-1 балл.

Максимальное количество баллов, которые можно набрать, работая на дискуссии – 40 баллов.

Методические указания по подготовке к промежуточной аттестации

Каждый учебный семестр заканчивается промежуточной аттестацией в виде зачетно-экзаменационной сессии. Подготовка к зачетно-экзаменационной сессии, сдача зачетов и экзаменов является также самостоятельной работой студента. Основное в подготовке к сессии – повторение всего учебного материала дисциплины, по которому необходимо сдавать зачет или экзамен. Только тот студент успевает, кто хорошо усвоил учебный материал. Если студент плохо работал в семестре, пропускал лекции, слушал их невнимательно, не конспектировал, не изучал рекомендованную литературу, то в процессе подготовки к сессии ему придется не повторять уже знакомое, а заново в короткий срок изучать весь учебный материал. Все это зачастую невозможно сделать из-за нехватки

времени. Для такого студента подготовка к зачету или экзамену будет трудным, а иногда и непосильным делом, а конечный результат – возможное отчисление из учебного заведения.

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Зачет - форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по шкале: «зачтено», «не зачтено».

Зачет проводится по расписанию.

Цель зачета – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Зачет подводит итог знаний, умений и навыков обучающихся по дисциплине, всей учебной работы по данному предмету.

К зачету по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

Зачет по дисциплине «Духовно-нравственная культура личности» проводится в письменной форме путем выполнения зачетного тестового задания.

При опоздании к началу зачета обучающийся на зачет не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок зачете является основанием для удаления обучающегося с зачета, а в зачетной ведомости проставляется оценка «не зачтено».

Для подготовки зачету (составления конспекта ответа) обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться подготовка к ответу зачетного задания, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины «Духовно-нравственная культура личности».

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Духовно-нравственная культура личности» проводится в форме теста. Выполнение теста предполагает выбор правильного варианта ответа на вопрос из числа предложенных.

На зачете преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. Дополнительные вопросы задаются помимо вопросов теста и связаны, как правило, с плохим ответом. Уточняющие вопросы задаются в рамках теста и направлены на уточнение мысли студента.

Система оценивания по оценочным средствам промежуточного контроля

Форма и описание контрольного мероприятия	Балловая стоимость контрольного мероприятия	Критерии начисления баллов
Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	0-35 баллов (35 заданий)	Правильность ответов

Итого	35 баллов	

Оценка за тестирование определяется простым суммированием баллов за правильные ответы на вопросы.

В зависимости от типа вопроса ответ считается правильным, если:

- в тестовом задании закрытой формы с выбором ответа выбран правильный ответ;
- в тестовом задании открытой формы дан правильный ответ;
- в тестовом задании на установление правильной последовательности установлена правильная последовательность;
- в тестовом задании на установление соответствия, если сопоставление произведено верно для всех пар.

Итоговая оценка по дисциплине складывается из суммы баллов текущего контроля и баллов по промежуточной аттестации.

55 - 110 балла (50-100%) - оценка «зачтено»

0 - 54 балла (0-49%) - оценка «не зачтено».

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

КОММУНИКАТИВНАЯ КУЛЬТУРА ЛИЧНОСТИ

Автор: Гладкова И. В., доцент, канд. филос. н.

Екатеринбург, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по работе с текстом лекций	5
2	Методические рекомендации по подготовке к опросу	8
3	Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)	9
4	Методические рекомендации по написанию эссе	11
5	Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям	14
6	Методические рекомендации по подготовке к дискуссии	15
7	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	17
	Заключение	20
	Список использованных источников	21

ВВЕДЕНИЕ

Инициативная самостоятельная работа студента есть неотъемлемая составная часть учебы в вузе. В современном формате высшего образования значительно возрастает роль самостоятельной работы студента. Правильно спланированная и организованная самостоятельная работа обеспечивает достижение высоких результатов в учебе.

Самостоятельная работа студента (СРС) - это планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, при сохранении ведущей роли студентов.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности. Ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней. Самостоятельная работа студента – важнейшая составная часть учебного процесса, обязательная для каждого студента, объем которой определяется учебным планом. Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины. Предметно и содержательно СРС определяется государственным образовательным стандартом, действующими учебными планами и образовательными программами различных форм обучения, рабочими программами учебных дисциплин, средствами обеспечения СРС: учебниками, учебными пособиями и методическими руководствами, учебно-программными комплексами и т.д.

Самостоятельная работа студентов может рассматриваться как организационная форма обучения - система педагогических условий, обеспечивающих управление учебной деятельностью студентов по освоению знаний и умений в области учебной и научной деятельности без посторонней помощи.

Самостоятельная работа студентов проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- формирования практических (общеучебных и профессиональных) умений и навыков;
- развития исследовательских умений;
- получения навыков эффективной самостоятельной профессиональной (практической и научно-теоретической) деятельности.

Самостоятельная работа студента - это особым образом организованная деятельность, включающая в свою структуру такие компоненты, как:

- уяснение цели и поставленной учебной задачи;
- четкое и системное планирование самостоятельной работы;
- поиск необходимой учебной и научной информации;

- освоение информации и ее логическая переработка;
- использование методов исследовательской, научно-исследовательской работы для решения поставленных задач;
- выработка собственной позиции по поводу полученной задачи;
- представление, обоснование и защита полученного решения;
- проведение самоанализа и самоконтроля.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию: текущие консультации, коллоквиум, прием и разбор домашних заданий и другие.

Внеаудиторная самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия: подготовка презентаций, составление глоссария, подготовка к практическим занятиям, подготовка рецензий, аннотаций на статью, подготовка к дискуссиям, круглым столам.

СРС может включать следующие формы работ:

- изучение лекционного материала;
- работа с источниками литературы: поиск, подбор и обзор литературы и электронных источников информации по заданной проблеме курса;
- выполнение домашних заданий, выдаваемых на практических занятиях: тестов, докладов, контрольных работ и других форм текущего контроля;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к контрольной работе или коллоквиуму;
- подготовка к зачету, экзамену, другим аттестациям;
- написание реферата, эссе по заданной проблем;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение выполнение курсовой работы или проекта;
- анализ научной публикации по определенной преподавателем теме, ее реферирование;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах.

Особенностью организации самостоятельной работы студентов является необходимость не только подготовиться к сдаче зачета /экзамена, но и собрать, обобщить, систематизировать, проанализировать информацию по темам дисциплины.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов образовательного учреждения. Для более эффективного выполнения самостоятельной работы по дисциплине преподаватель рекомендует студентам источники и учебно-методические пособия для работы, характеризует наиболее рациональную методику самостоятельной работы.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов online и на занятиях в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Подготовка к самостоятельная работа, не предусмотренная образовательной программой, учебным планом и учебно-методическими материалами, раскрывающими и конкретизирующими их содержание, осуществляется студентами инициативно, с целью реализации собственных учебных и научных интересов.

В качестве форм и методов контроля внеаудиторной самостоятельной работы студентов могут быть использованы обмен информационными файлами, семинарские занятия, тестирование, опрос, доклад, реферат, самоотчеты, контрольные работы, защита творческих работ и электронных презентаций и др.

.

1. Методические рекомендации по работе с текстом лекций

На лекционных занятиях необходимо конспектировать учебный материал. Обращать внимание на формулировки, определения, раскрывающие содержание тех или иных понятий, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском мастерстве. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента, и помогает усвоить учебный материал.

Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений, фиксировать вопросы, вызывающие личный интерес, варианты ответов на них, сомнения, проблемы, спорные положения. Рекомендуется вести записи на одной стороне листа, оставляя вторую сторону для размышлений, разборов, вопросов, ответов на них, для фиксирования деталей темы или связанных с ней фактов, которые припоминаются самим студентом в ходе слушания.

Слушание лекций - сложный вид интеллектуальной деятельности, успех которой обусловлен *умением слушать*, и стремлением воспринимать материал, нужное записывая в тетрадь. Запись лекции помогает сосредоточить внимание на главном, в ходе самой лекции продумать и осмыслить услышанное, осознать план и логику изложения материала преподавателем.

Такая работа нередко вызывает трудности у студентов: некоторые стремятся записывать все дословно, другие пишут отрывочно, хаотично. Чтобы избежать этих ошибок, целесообразно придерживаться ряда правил.

1. После записи ориентирующих и направляющих внимание данных (тема, цель, план лекции, рекомендованная литература) важно попытаться проследить, как они раскрываются в содержании, подкрепляются формулировками, доказательствами, а затем и выводами.

2. Записывать следует основные положения и доказывающие их аргументы, наиболее яркие примеры и факты, поставленные преподавателем вопросы для самостоятельной проработки.

3. Стремиться к четкости записи, ее последовательности, выделяя темы, подтемы, вопросы и подвопросы, используя цифровую и буквенную нумерацию (римские и арабские цифры, большие и малые буквы), красные строки, выделение абзацев, подчеркивание главного и т.д.

Форма записи материала может быть различной - в зависимости от специфики изучаемого предмета. Это может быть стиль учебной программы (назывные предложения), уместны и свои краткие пояснения к записям.

Студентам не следует подробно записывать на лекции «все подряд», но обязательно фиксировать то, что преподаватели диктуют – это базовый конспект, содержащий основные положения лекции: определения, выводы, параметры, критерии, аксиомы, постулаты, парадигмы, концепции, ситуации, а также мысли-маяки (ими часто являются афоризмы, цитаты, остроумные изречения). Запись лекции лучше вести в сжатой форме, короткими и четкими фразами. Каждому студенту полезно выработать свою систему сокращений, в которой он мог бы разобраться легко и безошибочно.

Даже отлично записанная лекция предполагает дальнейшую самостоятельную работу над ней (осмысление ее содержания, логической структуры, выводов). С целью доработки конспекта лекции необходимо в первую очередь прочитать записи, восстановить текст в памяти, а также исправить описки, расшифровать не принятые ранее сокращения, заполнить пропущенные места, понять текст, вникнуть в его смысл. Далее прочитать материал по рекомендуемой литературе, разрешая в ходе чтения возникшие ранее затруднения, вопросы, а также дополняя и исправляя свои записи. В ходе доработки конспекта углубляются, расширяются и закрепляются знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Доработанный конспект и

рекомендуемая литература используется при подготовке к практическому занятию. Знание лекционного материала при подготовке к практическому занятию обязательно.

Особенно важно в процессе самостоятельной работы над лекцией выделить новый понятийный аппарат, уяснить суть новых понятий, при необходимости обратиться к словарям и другим источникам, заодно устранив неточности в записях. Главное - вести конспект аккуратно и регулярно, только в этом случае он сможет стать подспорьем в изучении дисциплины.

Работа над лекцией стимулирует самостоятельный поиск ответов на самые различные вопросы: над какими понятиями следует поработать, какие обобщения сделать, какой дополнительный материал привлечь.

Важным средством, направляющим самообразование, является выполнение различных заданий по тексту лекции, например, составление ее развернутого плана или тезисов; ответы на вопросы проблемного характера, (скажем, об основных тенденциях развития той или иной проблемы); составление проверочных тесты по проблеме, написание по ней реферата, составление графических схем.

По своим задачам лекции могут быть разных жанров: *установочная лекция* вводит в изучение курса, предмета, проблем (что и как изучать), а *обобщающая лекция* позволяет подвести итог (зачем изучать), выделить главное, усвоить законы развития знания, преемственности, новаторства, чтобы применить обобщенный позитивный опыт к решению современных практических задач. Обобщающая лекция ориентирует в истории и современном состоянии научной проблемы.

В процессе освоения материалов обобщающих лекций студенты могут выполнять задания разного уровня. Например: задания *репродуктивного* уровня (составить развернутый план обобщающей лекции, составить тезисы по материалам лекции); задания *продуктивного* уровня (ответить на вопросы проблемного характера, составить опорный конспект по схеме, выявить основные тенденции развития проблемы); задания *творческого* уровня (составить проверочные тесты по теме, защитить реферат и графические темы по данной проблеме). Обращение к ранее изученному материалу не только помогает восстановить в памяти известные положения, выводы, но и приводит разрозненные знания в систему, углубляет и расширяет их. Каждый возврат к старому материалу позволяет найти в нем что-то новое, переосмыслить его с иных позиций, определить для него наиболее подходящее место в уже имеющейся системе знаний.

.

2. Методические указания по подготовке к опросу

Самостоятельная работа обучающихся включает подготовку к устному или письменному опросу на семинарских занятиях. Для этого обучающийся изучает лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов. Темы и вопросы к семинарским занятиям, вопросы для самоконтроля приведены в методических указаниях по разделам и доводятся до обучающихся заранее.

Письменный опрос

Письменный опрос является одной из форм текущего контроля успеваемости студента. При изучении материала студент должен убедиться, что хорошо понимает основную терминологию темы, умеет ее использовать в нужном контексте. Желательно составить краткий конспект ответа на предполагаемые вопросы письменной работы, чтобы убедиться в том, что студент владеет материалом и может аргументировано, логично и грамотно письменно изложить ответ на вопрос. Следует обратить особое внимание на написание профессиональных терминов, чтобы избегать грамматических ошибок в работе. При изучении новой для студента терминологии рекомендуется изготовить карточки, которые содержат новый термин и его расшифровку, что значительно облегчит работу над материалом.

Устный опрос

Целью устного собеседования являются обобщение и закрепление изученного курса. Студентам предлагаются для освещения сквозные концептуальные проблемы. При подготовке следует использовать лекционный материал и учебную литературу. Для более глубокого постижения курса и более основательной подготовки рекомендуется познакомиться с указанной дополнительной литературой. Готовясь к семинару, студент должен, прежде всего, ознакомиться с общим планом семинарского занятия. Следует внимательно прочесть свой конспект лекции по изучаемой теме и рекомендуемую к теме семинара литературу. С незнакомыми терминами и понятиями следует ознакомиться в предлагаемом глоссарии, словаре или энциклопедии [1].

Критерии качества устного ответа.

1. Правильность ответа по содержанию.
2. Полнота и глубина ответа.
3. Сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала).
4. Логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться профессиональной терминологией).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использование дополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).
8. Рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов)[2].

---

[1] Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

Ответ на каждый вопрос из плана семинарского занятия должен быть содержательным и аргументированным. Для этого следует использовать документы, монографическую, учебную и справочную литературу.

Для успешной подготовки к устному опросу, студент должен законспектировать рекомендуемую литературу, внимательно осмыслить лекционный материал и сделать выводы. Объем временина на подготовку к устному опросу зависимости от сложности темы и особенностей организации обучающимся своей самостоятельной работы.

3.Методические рекомендации по подготовке доклада (презентации)

Доклад – публичное сообщение по заданной теме, представляющее собой развернутое изложение на определенную тему, вид самостоятельной работы, который используется в учебных и внеаудиторных занятиях и способствует формированию навыков исследовательской работы, освоению методов научного познания, приобретению навыков публичного выступления, расширяет познавательные интересы, приучает критически мыслить.

При подготовке доклада используется дополнительная литература, систематизируется материал. Работа над докладом не только позволяет учащемуся приобрести новые знания, но и способствует формированию важных научно-исследовательских навыков самостоятельной работы с научной литературой, что повышает познавательный интерес к научному познанию.

Приветствуется использование мультимедийных технологий, подготовка докладов-презентаций.

Доклад должен соответствовать следующим требованиям:

- тема доклада должна быть согласованна с преподавателем и соответствовать теме занятия;

- иллюстрации (слайды в презентации) должны быть достаточными, но не чрезмерными;

- материалы, которыми пользуется студент при подготовке доклада-презентации, должны тсоответствовать научно-методическим требованиям ВУЗа и быть указаны в докладе;

- необходимо соблюдать регламент: 7-10 минут выступления.

Преподаватель может дать тему сразу нескольким студентам одной группы, по принципу: докладчик и оппонент. Студенты могут подготовить два выступления с противоположными точками зрения и устроить дискуссию по проблемной теме. Докладчики и содокладчики во многом определяют содержание, стиль, активность данного занятия, для этого необходимо:

- использовать технические средства;
- знать и хорошо ориентироваться в теме всей презентации (семинара);
- уметь дискутировать и быстро отвечать на вопросы;
- четко выполнять установленный регламент: докладчик - 7-10 мин.; содокладчик - 5 мин.; дискуссия - 10 мин;
- иметь представление о композиционной структуре доклада.

После выступления докладчик и содокладчик, должны ответить на вопросы слушателей.

В подготовке доклада выделяют следующие этапы:

1. Определение цели доклада: информировать, объяснить, обсудить что-то (проблему, решение, ситуацию и т. п.)

2. Подбор литературы, иллюстративных примеров.

3. Составление плана доклада, систематизация материала, композиционное оформление доклада в виде печатного /рукописного текста и электронной презентации.

Общая структура доклада

Построение доклада включает три части: вступление, основную часть и заключение.

Вступление.

Вступление должно содержать:

- название презентации (доклада);
- сообщение основной идеи;
- обоснование актуальности обсуждаемого вопроса;

- современную оценку предмета изложения;
- краткое перечисление рассматриваемых вопросов;
- живую интересную форму изложения;
- акцентирование оригинальности подхода.

Основная часть.

Основная часть состоит из нескольких разделов, постепенно раскрывающих тему. Возможно использование иллюстрации (графики, диаграммы, фотографии, карты, рисунки) Если необходимо, для обоснования темы используется ссылка на источники с доказательствами, взятыми из литературы (цитирование авторов, указание цифр, фактов, определений). Изложение материала должно быть связным, последовательным, доказательным.

Задача основной части - представить достаточно данных для того, чтобы слушатели и заинтересовались темой и захотели ознакомиться с материалами. При этом логическая структура теоретического блока не должны даваться без наглядных пособий, аудио-визуальных и визуальных материалов.

Заключение.

Заключение - это ясное четкое обобщение, в котором подводятся итоги, формулируются главные выводы, подчеркивается значение рассмотренной проблемы, предлагаются самые важные практические рекомендации. Требования к оформлению доклада. Объем машинописного текста доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

Доклад оценивается по следующим критериям:

Критерии оценки доклада, сообщения	*Количество баллов*
Содержательность, информационная насыщенность доклада	1
Наличие аргументов	1
Наличие выводов	1
Наличие презентации доклада	1
Владение профессиональной лексикой	1
Итого:	5

Электронные презентации выполняются в программе MS PowerPoint в виде слайдов в следующем порядке: • титульный лист с заголовком темы и автором исполнения презентации; • план презентации (5-6 пунктов - это максимум); • основная часть (не более 10 слайдов); • заключение (вывод). Общие требования к стилевому оформлению презентации: • дизайн должен быть простым и лаконичным; • основная цель - читаемость, а не субъективная красота; цветовая гамма должна состоять не более чем из двух-трех цветов; • всегда должно быть два типа слайдов: для титульных и для основного текста; • размер шрифта должен быть: 24–54 пункта (заголовок), 18–36 пунктов (обычный текст); • текст должен быть свернут до ключевых слов и фраз. Полные развернутые предложения на слайдах таких презентаций используются только при цитировании; каждый слайд должен иметь заголовок; • все слайды должны быть выдержаны в одном стиле; • на каждом слайде должно быть не более трех иллюстраций; • слайды должны быть пронумерованы с указанием общего количества слайдов

4. Методические рекомендации по написанию эссе

Эссе - это самостоятельная письменная работа на тему, предложенную преподавателем. Цель эссе состоит в развитии навыков самостоятельного творческого мышления и письменного изложения собственных мыслей. Писать эссе чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами, аргументировать свои выводы; овладеть научным стилем речи.

Эссе должно содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

Построение эссе - это ответ на вопрос или раскрытие темы, которое основано на классической системе доказательств.

Структура эссе

1. *Титульный лист* (заполняется по единой форме);

2. *Введение* - суть и обоснование выбора данной темы, состоит из ряда компонентов, связанных логически и стилистически.

На этом этапе очень важно правильно *сформулировать вопрос, на который вы собираетесь найти ответ в ходе своего исследования.*

3. *Основная часть* - теоретические основы выбранной проблемы и изложение основного вопроса.

Данная часть предполагает развитие аргументации и анализа, а также обоснование их, исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. В этом заключается основное содержание эссе и это представляет собой главную трудность. Поэтому важное значение имеют подзаголовки, на основе которых осуществляется структурирование аргументации; именно здесь необходимо обосновать (логически, используя данные или строгие рассуждения) предлагаемую аргументацию/анализ. Там, где это необходимо, в качестве аналитического инструмента можно использовать графики, диаграммы и таблицы.

В зависимости от поставленного вопроса анализ проводится на основе следующих категорий:

Причина - следствие, общее - особенное, форма - содержание, часть - целое, постоянство - изменчивость.

В процессе построения эссе необходимо помнить, что один параграф должен содержать только одно утверждение и соответствующее доказательство, подкрепленное графическим и иллюстративным материалом. Следовательно, наполняя содержанием разделы аргументацией (соответствующей подзаголовкам), необходимо в пределах параграфа ограничить себя рассмотрением одной главной мысли.

Хорошо проверенный (и для большинства — совершено необходимый) способ построения любого эссе - использование подзаголовков для обозначения ключевых моментов аргументированного изложения: это помогает посмотреть на то, что предполагается сделать (и ответить на вопрос, хорош ли замысел). Такой подход поможет следовать точно определенной цели в данном исследовании. Эффективное использование подзаголовков - не только обозначение основных пунктов, которые необходимо осветить.

Их последовательность может также свидетельствовать о наличии или отсутствии логичности в освещении темы.

4. *Заключение* - обобщения и аргументированные выводы по теме с указанием области ее применения и т.д. Подытоживает эссе или еще раз вносит пояснения, подкрепляет смысл и значение изложенного в основной части. Методы, рекомендуемые для составления заключения: повторение, иллюстрация, цитата, впечатляющее утверждение. Заключение может содержать такой очень важный, дополняющий эссе элемент, как указание на применение (импликацию) исследования, не исключая взаимосвязи с другими проблемами.

Структура аппарата доказательств, необходимых для написания эссе

Доказательство - это совокупность логических приемов обоснования истинности какого-либо суждения с помощью других истинных и связанных с ним суждений. Оно связано с убеждением, но не тождественно ему: аргументация или доказательство должны основываться на данных науки и общественно-исторической практики, убеждения же могут быть основаны на предрассудках, неосведомленности людей в вопросах экономики и политики, видимости доказательности. Другими словами, доказательство или аргументация - это рассуждение, использующее факты, истинные суждения, научные данные и убеждающее нас в истинности того, о чем идет речь.

Структура любого доказательства включает в себя три составляющие: тезис, аргументы и выводы или оценочные суждения.

Тезис - это положение (суждение), которое требуется доказать. *Аргументы* - это категории, которыми пользуются при доказательстве истинности тезиса. *Вывод* - это мнение, основанное на анализе фактов. *Оценочные суждения* - это мнения, основанные на наших убеждениях, верованиях или взглядах. *Аргументы* обычно делятся на следующие группы:

1. *Удостоверенные факты* — фактический материал (или статистические данные).
2. *Определения* в процессе аргументации используются как описание понятий, связанных с тезисом.
3. *Законы* науки и ранее доказанные теоремы тоже могут использоваться как аргументы доказательства.

Требования к фактическим данным и другим источникам

При написании эссе чрезвычайно важно то, как используются эмпирические данные и другие источники (особенно качество чтения). Все (фактические) данные соотносятся с конкретным временем и местом, поэтому прежде, чем их использовать, необходимо убедится в том, что они соответствуют необходимому для исследований времени и месту. Соответствующая спецификация данных по времени и месту — один из способов, который может предотвратить чрезмерное обобщение, результатом которого может, например, стать предположение о том, что все страны по некоторым важным аспектам одинаковы (если вы так полагаете, тогда это должно быть доказано, а не быть голословным утверждением).

Всегда можно избежать чрезмерного обобщения, если помнить, что в рамках эссе используемые данные являются иллюстративным материалом, а не заключительным актом, т.е. они подтверждают аргументы и рассуждения и свидетельствуют о том, что автор умеет использовать данные должным образом. Нельзя забывать также, что данные, касающиеся спорных вопросов, всегда подвергаются сомнению. От автора не ждут определенного или окончательного ответа. Необходимо понять сущность фактического материала, связанного с этим вопросом (соответствующие индикаторы? насколько надежны данные для построения таких индикаторов? к какому заключению можно прийти на основании имеющихся данных и индикаторов относительно причин и следствий? и т.д.), и продемонстрировать это в эссе. Нельзя ссылаться на работы, которые автор эссе не читал сам.

Как подготовить и написать эссе?

Качество любого эссе зависит от трех взаимосвязанных составляющих, таких как:

1. Исходный материал, который будет использован (конспекты прочитанной литературы, лекций, записи результатов дискуссий, собственные соображения и накопленный опыт по данной проблеме).

2. Качество обработки имеющегося исходного материала (его организация, аргументация и доводы).

3. Аргументация (насколько точно она соотносится с поднятыми в эссе проблемами).

Процесс написания эссе можно разбить на несколько стадий: обдумывание - планирование - написание - проверка - правка.

Планирование - определение цели, основных идей, источников информации, сроков окончания и представления работы.

Цель должна определять действия.

Идеи, как и цели, могут быть конкретными и общими, более абстрактными. Мысли, чувства, взгляды и представления могут быть выражены в форме аналогий, ассоциации, предположений, рассуждений, суждений, аргументов, доводов и т.д.

Аналогии - выявление идеи и создание представлений, связь элементов значений.

Ассоциации - отражение взаимосвязей предметов и явлений действительности в форме закономерной связи между нервно - психическими явлениями (в ответ на тот или иной словесный стимул выдать «первую пришедшую в голову» реакцию).

Предположения - утверждение, не подтвержденное никакими доказательствами.

Рассуждения - формулировка и доказательство мнений.

Аргументация - ряд связанных между собой суждений, которые высказываются для того, чтобы убедить читателя (слушателя) в верности (истинности) тезиса, точки зрения, позиции.

Суждение - фраза или предложение, для которого имеет смысл вопрос: истинно или ложно?

Доводы - обоснование того, что заключение верно абсолютно или с какой-либо долей вероятности. В качестве доводов используются факты, ссылки на авторитеты, заведомо истинные суждения (законы, аксиомы и т.п.), доказательства (прямые, косвенные, «от противного», «методом исключения») и т.д.

Перечень, который получится в результате перечисления идей, поможет определить, какие из них нуждаются в особенной аргументации.

*Источники***.** Тема эссе подскажет, где искать нужный материал. Обычно пользуются библиотекой, Интернет-ресурсами, словарями, справочниками. Пересмотр означает редактирование текста с ориентацией на качество и эффективность.

Качество текста складывается из четырех основных компонентов: ясности мысли, внятности, грамотности и корректности.

Мысль - это содержание написанного. Необходимо четко и ясно формулировать идеи, которые хотите выразить, в противном случае вам не удастся донести эти идеи и сведения до окружающих.

Внятность - это доступность текста для понимания. Легче всего ее можно достичь, пользуясь логично и последовательно тщательно выбранными словами, фразами и взаимосвязанными абзацами, раскрывающими тему.

Грамотность отражает соблюдение норм грамматики и правописания. Если в чем-то сомневаетесь, загляните в учебник, справьтесь в словаре или руководстве по стилистике или дайте прочитать написанное человеку, чья манера писать вам нравится.

Корректность — это стиль написанного. Стиль определятся жанром, структурой работы, целями, которые ставит перед собой пишущий, читателями, к которым он обращается.

5. Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям

Семинар представляет собой комплексную форму и завершающее звено в изучении определенных тем, предусмотренных программой учебной дисциплины. Комплексность данной формы занятий определяется тем, что в ходе её проведения сочетаются выступления обучающихся и преподавателя: рассмотрение обсуждаемой проблемы и анализ различных, часто дискуссионных позиций; обсуждение мнений обучающихся и разъяснение (консультация) преподавателя; углубленное изучение теории и приобретение навыков умения ее использовать в практической работе.

По своему назначению семинар, в процессе которого обсуждается та или иная научная проблема, способствует:

- углубленному изучению определенного раздела учебной дисциплины, закреплению знаний;
- отработке методологии и методических приемов познания;
- выработке аналитических способностей, умения обобщения и формулирования выводов;
- приобретению навыков использования научных знаний в практической деятельности;
- выработке умения кратко, аргументированно и ясно излагать обсуждаемые вопросы;
- осуществлению контроля преподавателя за ходом обучения.

Семинары представляет собой *дискуссию* в пределах обсуждаемой темы (проблемы). Дискуссия помогает участникам семинара приобрести более совершенные знания, проникнуть в суть изучаемых проблем. Выработать методологию, овладеть методами анализа социально-экономических процессов. Обсуждение должно носить творческий характер с четкой и убедительной аргументацией.

По своей структуре семинар начинается со вступительного слова преподавателя, в котором кратко излагаются место и значение обсуждаемой темы (проблемы) в данной дисциплине, напоминаются порядок и направления ее обсуждения. Конкретизируется ранее известный обучающимся план проведения занятия. После этого начинается процесс обсуждения вопросов обучающимися. Завершается занятие подведением итогоа обсуждения, заключительным словом преподавателя.

Проведение семинарских занятий в рамках учебной группы (20 - 25 человек) позволяет обеспечить активное участие в обсуждении проблемы всех присутствующих.

По ходу обсуждения темы помните, что изучение теории должно быть связано с определением (выработкой) средств, путей применения теоретических положений в практической деятельности, например, при выполнении функций государственного служащего. В то же время важно не свести обсуждение научной проблемы только к пересказу случаев из практики работы, к критике имеющих место недостатков. Дискуссии имеют важное значение: учат дисциплине ума, умению выступать по существу, мыслить логически, выделяя главное, критически оценивать выступления участников семинара.

В процессе проведения семинара обучающиеся могут использовать разнообразные по своей форме и характеру пособия, демонстрируя фактический, в том числе статистический материал, убедительно подтверждающий теоретические выводы и положения. В завершение обсудите результаты работы семинара и сделайте выводы, что хорошо усвоено, а над чем следует дополнительно поработать.

В целях эффективности семинарских занятий необходима обстоятельная подготовка к их проведению. В начале семестра (учебного года) возьмите в библиотеке необходимые методические материалы для своевременной подготовки к семинарам. Готовясь к конкретной теме занятия следует ознакомиться с новыми официальными документами, статьями в периодических журналах, вновь вышедшими монографиями.

6. Методические рекомендации по подготовке к дискуссии

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает *семинар-дискуссия,* где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента, обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки. Для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Дискуссия является одной из наиболее эффективных технологий группового взаимодействия, обладающей особыми возможностями в обучении, развитии и воспитании будущего специалиста.

Дискуссия (от лат. discussio - рассмотрение, исследование) - способ организации совместной деятельности с целью интенсификации процесса принятия решений в группе посредством обсуждения какого-либо вопроса или проблемы.

Дискуссия обеспечивает активное включение студентов в поиск истины; создает условия для открытого выражения ими своих мыслей, позиций, отношений к обсуждаемой теме и обладает особой возможностью воздействия на установки ее участников в процессе группового взаимодействия. Дискуссию можно рассматривать как *метод интерактивного обучения* и как особую технологию, включающую в себя другие методы и приемы обучения: «мозговой штурм», «анализ ситуаций» и т.д.

Обучающий эффект дискуссии определяется предоставляемой участнику возможностью получить разнообразную информацию от собеседников, продемонстрировать и повысить свою компетентность, проверить и уточнить свои представления и взгляды на обсуждаемую проблему, применить имеющиеся знания в процессе совместного решения учебных и профессиональных задач.

Развивающая функция дискуссии связана со стимулированием творчества обучающихся, развитием их способности к анализу информации и аргументированному, логически выстроенному доказательству своих идей и взглядов, с повышением коммуникативной активности студентов, их эмоциональной включенности в учебный процесс.

Влияние дискуссии на личностное становление студента обусловливается ее целостно - ориентирующей направленностью, созданием благоприятных условий для проявления индивидуальности, самоопределения в существующих точках зрения на определенную проблему, выбора своей позиции; для формирования умения взаимодействовать с другими, слушать и слышать окружающих, уважать чужие убеждения, принимать оппонента, находить точки соприкосновения, соотносить и согласовывать свою позицию с позициями других участников обсуждения.

Безусловно, наличие оппонентов, противоположных точек зрения всегда обостряет дискуссию, повышает ее продуктивность, позволяет создавать с их помощью конструктивный конфликт для более эффективного решения обсуждаемых проблем.

Существует несколько видов дискуссий, использование того или иного типа дискуссии зависит от характера обсуждаемой проблемы и целей дискуссии.

Дискуссия- диалог чаще всего применяется для совместного обсуждения учебных и производственных проблем, решение которых может быть достигнуто путем взаимодополнения, группового взаимодействия по принципу «индивидуальных вкладов» или на основе согласования различных точек зрения, достижения консенсуса.

Дискуссия - спор используется для всестороннего рассмотрения сложных проблем, не имеющих однозначного решения даже в науке, социальной, политической жизни, производственной практике и т.д. Она построена на принципе «позиционного противостояния» и ее цель - не столько решить проблему, сколько побудить участников дискуссии задуматься над проблемой, уточнить и определить свою позицию; научить аргументировано отстаивать свою точку зрения и в то же время осознать право других иметь свой взгляд на эту проблему, быть индивидуальностью.

Условия эффективного проведения дискуссии:

- информированность и подготовленность студентов к дискуссии,

- свободное владение материалом, привлечение различных источников для аргументации отстаиваемых положений;

- правильное употребление понятий, используемых в дискуссии, их единообразное понимание;

- корректность поведения, недопустимость высказываний, задевающих личность оппонента; установление регламента выступления участников;

- полная включенность группы в дискуссию, участие каждого студента в ней.

Подготовка студентов к дискуссии: если тема объявлена заранее, то следует ознакомиться с указанной литературой, необходимыми справочными материалами, продумать свою позицию, четко сформулировать аргументацию, выписать цитаты, мнения специалистов.

В проведении дискуссии выделяется несколько этапов.

Этап 1-й, введение в дискуссию: формулирование проблемы и целей дискуссии;

определение значимости проблемы, совместная выработка правил дискуссии; выяснение однозначности понимания темы дискуссии, используемых в ней терминов, понятий.

Этап 2-й, обсуждение проблемы: обмен участниками мнениями по каждому вопросу. Цель этапа - собрать максимум мнений, идей, предложений, соотнося их друг с другом.

Этап 3-й, подведение итогов обсуждения: выработка студентами согласованного мнения и принятие группового решения.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проводится "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным и проблемным вопросам.

7. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов

Экзамен - одна из важнейших частей учебного процесса, имеющая огромное значение.

Во-первых, готовясь к экзамену, студент приводит в систему знания, полученные на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью. А это чрезвычайно важно для будущего специалиста.

Во-вторых, каждый хочет быть волевым и сообразительным., выдержанным и целеустремленным, иметь хорошую память, научиться быстро находить наиболее рациональное решение в трудных ситуациях. Очевидно, что все эти качества не только украшают человека, но и делают его наиболее действенным членом коллектива. Подготовка и сдача экзамена помогают студенту глубже усвоить изучаемые дисциплины, приобрести навыки и качества, необходимые хорошему специалисту.

Конечно, успех на экзамене во многом обусловлен тем, насколько систематически и глубоко работал студент в течение семестра. Совершенно очевидно, что серьезно продумать и усвоить содержание изучаемых дисциплин за несколько дней подготовки к экзамену просто невозможно даже для очень способного студента. И, кроме того, хорошо известно, что быстро выученные на память разделы учебной дисциплины так же быстро забываются после сдачи экзамена.

При подготовке к экзамену студенты не только повторяют и дорабатывают материал дисциплины, которую они изучали в течение семестра, они обобщают полученные знания, осмысливают методологию предмета, его систему, выделяют в нем основное и главное, воспроизводят общую картину с тем, чтобы яснее понять связь между отдельными элементами дисциплины. Вся эта обобщающая работа проходит в условиях напряжения воли и сознания, при значительном отвлечении от повседневной жизни, т. е. в условиях, благоприятствующих пониманию и запоминанию.

Подготовка к экзаменам состоит в приведении в порядок своих знаний. Даже самые способные студенты не в состоянии в короткий период зачетно-экзаменационной сессии усвоить материал целого семестра, если они над ним не работали в свое время. Для тех, кто мало занимался в семестре, экзамены принесут мало пользы: что быстро пройдено, то быстро и забудется. И хотя в некоторых случаях студент может «проскочить» через экзаменационный барьер, в его подготовке останется серьезный пробел, трудно восполняемый впоследствии.

Определив назначение и роль экзаменов в процессе обучения, попытаемся на этой основе пояснить, как лучше готовиться к ним.

Экзаменам, как правило, предшествует защита курсовых работ (проектов) и сдача зачетов. К экзаменам допускаются только студенты, защитившие все курсовые работы проекты) и сдавшие все зачеты. В вузе сдача зачетов организована так, что при систематической работе в течение семестра, своевременной и успешной сдаче всех текущих работ, предусмотренных графиком учебного процесса, большая часть зачетов не вызывает повышенной трудности у студента. Студенты, работавшие в семестре по плану, подходят к экзаменационной сессии без напряжения, без излишней затраты сил в последнюю, «зачетную» неделю.

Подготовку к экзамену следует начинать с первого дня изучения дисциплины. Как правило, на лекциях подчеркиваются наиболее важные и трудные вопросы или разделы дисциплины, требующие внимательного изучения и обдумывания. Нужно эти вопросы выделить и обязательно постараться разобраться в них, не дожидаясь экзамена, проработать их, готовясь к семинарам, практическим или лабораторным занятиям, попробовать самостоятельно решить несколько типовых задач. И если, несмотря на это, часть материала осталась неусвоенной, ни в коем случае нельзя успокаиваться, надеясь

на то, что это не попадется на экзамене. Факты говорят об обратном; если те или другие вопросы учебной дисциплины не вошли в экзаменационный билет, преподаватель может их задать (и часто задает) в виде дополнительных вопросов.

Точно такое же отношение должно быть выработано к вопросам и задачам, перечисленным в программе учебной дисциплины, выдаваемой студентам в начале семестра. Обычно эти же вопросы и аналогичные задачи содержатся в экзаменационных билетах. Не следует оставлять без внимания ни одного раздела дисциплины: если не удалось в чем-то разобраться самому, нужно обратиться к товарищам; если и это не помогло выяснить какой-либо вопрос до конца, нужно обязательно задать этот вопрос преподавателю на предэкзаменационной консультации. Чрезвычайно важно приучить себя к умению самостоятельно мыслить, учиться думать, понимать суть дела. Очень полезно после проработки каждого раздела восстановить в памяти содержание изученного материала. кратко записав это на листе бумаги. создать карту памяти (умственную карту), изобразить необходимые схемы и чертежи (логико-графические схемы), например, отобразить последовательность вывода теоремы или формулы. Если этого не сделать, то большая часть материала останется не понятой, а лишь формально заученной, и при первом же вопросе экзаменатора студент убедится в том, насколько поверхностно он усвоил материал.

В период экзаменационной сессии происходит резкое изменение режима работы, отсутствует посещение занятий по расписанию. При всяком изменении режима работы очень важно скорее приспособиться к новым условиям. Поэтому нужно сразу выбрать такой режим работы, который сохранился бы в течение всей сессии, т. е. почти на месяц. Необходимо составить для себя новый распорядок дня, чередуя занятия с отдыхом. Для того чтобы сократить потерю времени на включение в работу, рабочие периоды целесообразно делать длительными, разделив день примерно на три части: с утра до обеда, с обеда до ужина и от ужина до сна.

Каждый рабочий период дня надо заканчивать отдыхом. Наилучший отдых в период экзаменационной сессии - прогулка, кратковременная пробежка или какой-либо неутомительный физический труд.

При подготовке к экзаменам основное направление дают программа учебной дисциплины и студенческий конспект, которые указывают, что наиболее важно знать и уметь делать. Основной материал должен прорабатываться по учебнику (если такой имеется) и учебным пособиям, так как конспекта далеко недостаточно для изучения дисциплины. Учебник должен быть изучен в течение семестра, а перед экзаменом сосредоточьте внимание на основных, наиболее сложных разделах. Подготовку по каждому разделу следует заканчивать восстановлением по памяти его краткого содержания в логической последовательности.

За один - два дня до экзамена назначается консультация. Если ее правильно использовать, она принесет большую пользу. Во время консультации студент имеет полную возможность получить ответ на нее ни ясные ему вопросы. А для этого он должен проработать до консультации все темы дисциплины. Кроме того, преподаватель будет отвечать на вопросы других студентов, что будет для вас повторением и закреплением знаний. И еще очень важное обстоятельство: преподаватель на консультации, как правило, обращает внимание на те вопросы, по которым на предыдущих экзаменах ответы были неудовлетворительными, а также фиксирует внимание на наиболее трудных темах дисциплины. Некоторые студенты не приходят на консультации либо потому, что считают, что у них нет вопросов к преподавателю, либо полагают, что у них и так мало времени и лучше самому прочитать материал в конспекте или и учебнике. Это глубокое заблуждение. Никакая другая работа не сможет принести столь значительного эффекта накануне экзамена, как консультация преподавателя.

Но консультация не может возместить отсутствия длительной работы в течение семестра и помочь за несколько часов освоить материал, требующийся к экзамену. На

консультации студент получает ответы на трудные или оставшиеся неясными вопросы и, следовательно, дорабатывается материал. Консультации рекомендуется посещать, подготовив к ним все вопросы, вызывающие сомнения. Если студент придет на консультацию, не проработав всего материала, польза от такой консультации будет невелика.

Итак, *основные советы* для подготовки к сдаче зачетов и экзаменов состоят в следующем:

- лучшая подготовка к зачетам и экзаменам - равномерная работа в течение всего семестра;
- используйте программы учебных дисциплин - это организует вашу подготовку к зачетам и экзаменам;
- учитывайте, что для полноценного изучения учебной дисциплины необходимо время;
- составляйте планы работы во времени;
- работайте равномерно и ритмично;
- курсовые работы (проекты) желательно защищать за одну - две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии;
- все зачеты необходимо сдавать до начала экзаменационной сессии;
- помните, что конспект не заменяет учебник и учебные пособия, а помогает выбрать из него основные вопросы и ответы;
- при подготовке наибольшее внимание и время уделяйте трудным и непонятным вопросам учебной дисциплины;
- грамотно используйте консультации;
- соблюдайте правильный режим труда и отдыха во время сессии, это сохранит работоспособность и даст хорошие результаты;
- учитесь владеть собой на зачете и экзамене;
- учитесь точно и кратко передавать свои мысли, поясняя их, если нужно, логико-графическими схемами.

Очень важным условием для правильного режима работы в период экзаменационной сессии является нормальный сон, иначе в день экзамена не будет чувства бодрости и уверенности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методические указания по выполнению самостоятельной работы обучающихся являются неотъемлемой частью процесса обучения в вузе. Правильная организация самостоятельной работы позволяет обучающимся развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, способствует формированию навыков совершенствования профессионального мастерства. Также внеаудиторное время включает в себя подготовку к аудиторным занятиям и изучение отдельных тем, расширяющих и углубляющих представления обучающихся по разделам изучаемой дисциплины.

Таким образом, обучающийся используя методические указания может в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическая самостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестное выполнение заданий;

3) выяснение и уточнение отдельных предпосылок, умозаключений и выводов, содержащихся в учебном курсе;

4) сопоставление точек зрения различных авторов по затрагиваемым в учебном курсе проблемам; выявление неточностей и некорректного изложения материала в периодической и специальной литературе;

5) периодическое ознакомление с последними теоретическими и практическими достижениями в области управления персоналом;

6) проведение собственных научных и практических исследований по одной или нескольким актуальным проблемам для *HR*;

7) подготовка научных статей для опубликования в периодической печати, выступление на научно-практических конференциях, участие в работе студенческих научных обществ, круглых столах и диспутах по проблемам управления персоналом.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долгоруков А. Метод case-study как современная технология профессионально - ориентированного обучения [Электронный ресурс]. Режим доступа: //http://evolkov.net/case/case.study.html/

2. Методические рекомендации по написанию реферата. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.hse.spb.ru/edu/recommendations/method-referat-2005.phtml

3. Фролова Н. А. Реферирование и аннотирование текстов по специальности (на материале немецкого языка): Учеб. пособие / ВолгГТУ, Волгоград, 2006. - С.5.

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЗНАКОМИТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

Авторы: Огородников В. Н., д.г-м.н., доцент; Поленов Ю. А., д.г-м.н., доцент

Одобрены на заседании кафедры
Геологии
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Огородников В. Н.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 1 от 28.09.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией факультета Геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В. И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 2 от 13.10.2020
(Дата)

Екатеринбург

ПРЕДИСЛОВИЕ

В курсе «Общая геология», который читается студентам специальности 21.05.02 Прикладная геология Уральского государственного горного университета (УГГУ), предусмотрено проведение учебной геологической практики. Она является важной составной частью образовательного процесса, так как способствует формированию у студентов умения наблюдать, документировать и обобщать различного рода геологические факты. Все это – основа для закрепления теоретической части указанного курса. В итоге студенты приобретают определенную базу восприятия специальных учебных дисциплин геологического профиля.

Место проведения практики, которое включает обнажения в городе Екатеринбург и его окрестностях, в пределах листов О-41-XXV и О-41-XXXI, выбрано в связи с тем, что здесь на сравнительно небольшой площади расположены разнообразные объекты, которые характеризуются сложным геологическим строением и разнообразием горных пород и месторождений полезных ископаемых всех геодинамических обстановок, проявленных на Урале.

Студенты заочного обучения, работающие на предприятиях геологоразведочного и горного профиля с согласия преподавателя могут проходить учебную геологическую практику на своем предприятии, предварительно получив для этого разрешение руководства учреждения.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 после первого курса обучения студентов проводится в течение двух недель.

Цель практики: закрепление теоретических знаний и практических навыков студентов по общей и исторической геологии путем изучения результатов эндогенных и экзогенных процессов в натуре на природных геологических объектах и знакомство студентов с элементами документирования естественных и искусственных обнажений.

Задачи практики:

- ознакомление студентов с основами методики полевых геологических, геоморфологических и гидрогеологических наблюдений, с документацией полевых наблюдений, с некоторыми горнопромышленными предприятиями в окрестностях г. Екатеринбурга.

- обучение студентов свободному владению горным компасом при работе с картой и выполнении различных замеров на местности, документированию опорных разрезов, горных выработок и различных объектов при маршрутных наблюдениях, камеральной обработке полевых материалов и оформлению геологического отчета с необходимыми графическими приложениями;

Студенты, прошедшие геологическую практику, должны:

- знать основные геологические структуры земной коры на территории Среднего Урала и геологическую историю их развития;

- иметь представление об эндогенных и экзогенных геологических процессах, приводящих к образованию и преобразованию различных месторождений полезных ископаемых, о пространственно-временных основах геологии, базирующихся на методе актуализма, т. е. развитии процессов и геологических структур в пространстве и во времени;

- закрепить навыки и уметь определять минералы и горные породы как продукты различных геологических процессов; наблюдать и документировать обнажения и горные выработки, уметь вести абрис маршрута, полевую книжку; отбирать стандартные образцы для геологической коллекции; замерять элементы залегания горных пород и трещиноватости горным компасом, составлять фрагментарные геологические схемы и

планы, разрезы к ним; анализировать условия их залегания, возрастные взаимоотношения различных геологических образований как в обнажениях, так и на геологических картах и фиксировать все полученные материалы в геологическом отчете;

- отличать экзогенные процессы, обусловленные антропогенными факторами.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИКИ

Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, ч.1 должна проводится квалифицированными специалистами, имеющими соответствующее образование. Как любые геологические исследования, она состоит из трех основных этапов – подготовительного, полевого и камерального.

Подготовительный этап. В течение этого этапа со студентами проводятся лекции о целях и задачах экскурсий, формируются учебные бригады, собирается, закупается и выдается полевое снаряжение (рюкзак, полевая сумка, мешки под образцы, компас, фотоаппарат, рулетка, геологический молоток, лупа, саперная лопатка, складной нож, ручка, карандаш, офицерская линейка, медицинская аптечка) и документы (карты, полевой дневник, журнал образцов, этикетки), позволяющие фиксировать полученные наблюдения. Перечисленным снаряжением и документами должна располагать каждая учебная бригада. Полевой дневник должен иметь каждый учащийся. На подготовительном этапе дается форма дневника (полевой книжки) и другой геологической документации.

Для успешного проведения геологических экскурсий заранее необходимо осуществлять рад мероприятий, направленных на строгое выполнение правил по технике безопасности в полевых условиях. Прежде всего, нужно организовать медицинский осмотр всех экскурсантов и сделать предохранительные прививки.

Вторым обязательным мероприятием является ознакомление студентов непосредственно перед проведением экскурсий с правилами техники безопасности с росписью в соответствующей ведомости. Экскурсанты должны усвоить правила техники безопасности при 1) проведении маршрутов, 2) использовании автотранспорта, 3) обеспечении питьевой водой, 4) оказании доврачебной помощи.

В *полевой этап* проводятся геологические маршруты на хорошо обнаженные геологические объекты, сложенные различными метаморфическими, осадочными и магматическими породами; на месторождения полезных ископаемых различного генезиса.

Первые маршруты предусматривают усвоение студентами общих навыков работы в полевых условиях. С этой целью преподаватели рассказывают о методике полевых геологических объектов с теми или иными явлениями и процессами.

Выполнение маршрутного задания, прежде всего, зависит от четкой организации работы студенческих бригад в полевых условиях. Этому способствует предварительное распределение обязанностей между членами бригад перед очередным маршрутом. В каждом маршруте посменно одни студенты отвечают за составление абриса маршрута и привязку обнажений, другие за работу с горным компасом, за отбор образцов горных пород, фотографирование геологических объектов и т.д.

Объем геологической информации возрастает от маршрута к маршруту. Своевременная обработка этого материала определяет качество итоговых геологических документов. Основная форма проведения полевых геологических наблюдений – маршруты, которые являются составной частью учебного процесса. Количество их и содержание определяется целями и задачами, планом обучения и программой геологических экскурсий.

Практически во многих случаях маршруты являются комплексными, когда одновременно ведутся наблюдения над несколькими геологическими процессами и объектами. Целесообразность таких маршрутов обусловлена выявлением взаимосвязи отдельных геологических процессов и явлений. Например, в одном маршруте полезно

проследить связи между формами рельефа, литологией пород и тектоникой района, выходами подземных вод на поверхность и определенным стратиграфическим горизонтом, выветриванием и составом горных пород и т.д.

Необходимо особенно подчеркнуть, что *геологические наблюдения в маршруте должны вестись непрерывно.* Это означает, что после описания какого-либо объекта или процесса наблюдение за ним (ними) не прекращается, а продолжается в процессе всего маршрута.

Основная работа в маршрутах – изучение горных пород, осуществление тектонических, геоморфологических и других наблюдений и записи в полевой книжке проводятся на специальных остановках – точках наблюдения (Тн). По характеру изучаемых явлений "Тн" можно условно разделить на три вида: изучение и описание геолого-географических особенностей (тектоники, рельефа, деятельности подземных вод, выветривания и т.д.), изучение и описание горных пород и условий их залегания в обнажениях и, наконец, наиболее частый случай, когда исследуется и те, и другие вопросы. Остановка на "Тн" даже на небольшом объекте отнимает много времени, поэтому нужно выбирать каждую точку так, чтобы на такой точке породы были хорошо обнажены, легко доступны для наблюдения и вместе с тем обладали чертами, существенными для понимания строения района.

При остановке на "Тн", прежде всего, следует сориентироваться по сторонам света (по компасу, солнцу, часам или другим способом) и определить нахождение точки не карте и местности, т.е. дать адрес. Определение местонахождения производится методом засечек по азимутам на хорошо заметные элементы рельефа, гидрографии (вершины гор характерные излучины рек, устья ручьёв) или глазомерной привязки точки по азимуту и расстоянию, определяемому, например, шагами. После привязки наносят местонахождение данной "Тн" на карту год соответствующим номером (нумерация точек должна быть сквозная).

Изучая на точке геологическое строение отдельного участка, целесообразно, прежде всего, описать общегеологические явления - геоморфологию, гидрографию, тектонику и т.д. Переходя к описанию пород обнажения, прежде всего, отмечают его размер по высоте и ширине и тип (обрывистый склон, скальный выход на склоне, обнажения в русле рек, стенки и забои карьере или шурфа и т.д.). После этого приступают к описанию пород. В зависимости от целей и задач такое описание даётся либо в обобщенном виде, либо более подробно и послойно, либо по отдельным пачкам. В последнем случае лучше описывать слои и пачку снизу вверх (рис. 1). В описании пород должна быть приведена сжатая характеристика главных отличительных и генетически важных свойств пород: текстура, структура, минеральный состав, различные неоднородности, тектонические дислокации. В описании указываются элементы залегания слоистости, сланцеватости, крыльев складок или плоскостей сместителя и т.д. Отмечаются места взятия образцов и их нумерация. На левой стороне пикетажной книжки делаются зарисовки и указываются места фотоиллюстраций.

При описании пород целесообразен следующий порядок работы на обнажении. Прежде всего, студенты должны внимательно осмотреть обнажение, отобрать серию образцов, определить все имеющиеся здесь породы, выделить отдельные пласты или метасоматические зоны, контакты. Определить элементы залегания. Руководитель консультирует и направляет работу, как отдельных студентов, так и всей группы, и в итоге устанавливается общая картина обнажения. После этого делают полное описание, а затем схематическую зарисовку обнажения, которая дублируется фотографированием. При необходимости делают зарисовки и фотографии деталей обнажения.

В первых маршрутах и при изучении принципиально новых объектов преподаватель должен сам давать соответствующие описания. Позднее, когда школьники овладеют определёнными навыками и усвоят общую схему описания, можно поручить одному из них рассказать о том, что он мог бы написать в своём полевом дневнике на

данной "Тн". Остальные участники делают замечания и дополнения. Преподаватель обобщает все сказанное и формулирует данные для общей записи.

Камеральный этап. Камеральные работы проводятся последовательно после завершения одного или двух маршрутов и включает в себя время на составление отчёта и его защиты.

В камеральный этап выполняются следующие виды работ:

- обработка полевых книжек;
- занесение в каталог образцов;
- оформление рисунков к отчёту, изготовление и описание стратиграфических разрезов, схем и карт;
- изготовление фотографий, их ретуширование, при необходимости вынесение на них геологической информации;
- окончательное уточнение полевых определений горных пород и минералов, уточнение наименований окаменелостей с использованием атласа руководящих форм, составление рабочей коллекции каменного материала;
- написание и оформление отчёта;
- защита отчёта.

Главная цель написания отчёта - овладение навыками анализа и обобщения геологических наблюдений и умение геологически грамотно изложить результаты такого обобщения в отчёте, правильного подбора и изготовления графических приложении, составления списка литературы.

2.1. Документация при ведении геологических маршрутов

Обилие различного рода информации, получаемой в результате геологических исследований, разнообразие форм и методов обработки делают задачу систематизации и унификации первичных геологических данных чрезвычайно важной

Первичная геологическая документация при ведении геологических маршрутов включает: I) дневники (полевые книжки); 2) формы регистрации каменного материала - журналы образцов, проб и др.; 3) этикетки; 4) зарисовки обнажений, горных выработок, керна скважин, отдельных деталей геологических тел и т.п.; 5) фотографии естественных и искусственных обнажений и их деталей.

Ко всем видам первичной геологической документации предъявляются единые требования к её оформлению;

1. Все записи должны делаться максимально разборчиво, с тем, чтобы не создавать затруднений при их чтении.
2. Записи должны иметь стандартную форму и строгую последовательность перечисления признаков описываемого объекта.
3. Записи производятся простым карандашом или шариковой ручкой. Использование химических карандашей и чернил всех видов (в том числе фломастеров) воспрещается.
4. Во всех формах документации во избежание затирания записей следует оставлять поля с внешней стороны листа.
5. Рекомендуется все данные о номерах наблюдений, образцов, проб и элементах залегания выделять из текста отдельной строчкой или условным знаком (если для них не предусмотрена фиксация в специальных графах формы документации).
6. Все страницы дневников, пикетажных книжек и других сброшюрованных форм документации должны иметь сквозную нумерацию.

Дневник (полевая книжка) – основной первичный документ регистрации геологических наблюдений всех видов (собственно геологических, поисковых, геоморфологических и др.). Он изготовляется в виде книжки в твердом переплете, покрытом дермантином или другим материалом, предохраняющем ее от сырости,

механических или иных повреждений. Рекомендуется использование материалов яркого цвета, хорошо заметных на фоне растительности и почвенного покрова.

Задняя крышка обычно имеет клапан, закрывающий торец книжки. На третьей странице обложки иногда изготовляется карман. С внутренней стороны клапана располагается держатель для карандаша (ручки).

Формат книжки допускается в пределах от 10-12 на 15-18 см (для кармана полевой одежды) до 13-15 на 20-22 см (для полевой сумки). Большие форматы не рекомендуются вследствие неудобства для использования в маршруте, меньшие - как неоправданно дробящие запись на чрезмерно короткие строки и затрудняющие ее чтение.

Рекомендуемый объем дневника - 100-130 листов. Дневник должен изготовляться из хорошей бумаги и нескольких листов кальки, миллиметровки.

На обороте переплета может помещаться перечень признаков, обязательных для наблюдения.

Титульный лист дневника должен содержать название организации, экспедиции (партий, отрядов), фамилию, имя, отчество исполнителя, даты начала и окончания дневника, номера точек наблюдений и адрес, по которому следует вернуть утерянный дневник.

На первой странице помещается оглавление дневника.

На второй странице помещаются условные обозначения к зарисовкам, список сокращений, принятых в тексте, и необходимые замечания. Далее при необходимости могут быть помещены вспомогательные таблицы и необходимые пояснения к ним.

На правой стороне дневника ведется запись наблюдений. Здесь же отмечаются взятые пробы, образцы и другие виды каменного материала.

Перед описанием маршрута, разреза и т.п. указывается день, месяц, год и цель работы. Описание каждой точки наблюдения начинается с красной строки. Привязка точки к местности или предыдущей точке помещается рядом с её номером и образует вместе с ним отдельную строку или абзац. Номера точек наблюдения рекомендуется выделить прямоугольными рамками, номера образцов и проб подчеркиваются или заключаются в овальную рамку. Измерение элементов залегания, радиоактивности, содержание химических элементов выделяются отдельной строкой.

На левой стороне дневника помещаются вспомогательные записи, облегчающие пользование документацией. На неё выносятся все номера образцов, проб и других видов каменного материала, номера фотографий (с указанием их содержания), могут выносится также элементы залегания. На этой же стороне помещаются зарисовки геологических объектов и их деталей, а также различные схемы для обнажений (отбора образцов и проб, расположение рисунков и фотографий и т.п.) для участков (расположение геологических тел на местности, кроки местности с расположением обнажений, горных выработок). Здесь же излагаются предположения и соображения исследователей, возникающие в процессе наблюдения, но требующие дальнейшего подтверждения или детализации.

В конце описания каждого маршрута должны быть приведены основные выводы исследователя и протяженность маршрута в км.

Законченный дневник подписывается исполнителем, проверяется и подписывается начальником (старшим геологом) партии (отряда, участка).

Формы регистрации каменного материала. Регистрация каменного материала начинается при документации геологических объектов и продолжается в течение всего процесса геологических работ и фиксируется в журнале образцов.

Журнал образцов предназначен для регистрации всех видов образцов и проб, взятых на протяжении полевого периода во время маршрутов, при описании обнажений, горных выработок и предназначенных для любых производственных и научных целей (изготовление шлифов и аншлифов, определение органических остатков, производство разнообразных анализов).

Журнал образцов заполняется непосредственно после маршрута или, если количество взятых образцов не велико, в камеральный день, но не реже одного раза в неделю. Журнал образцов заполняется шариковой ручкой. Желательно, чтобы записи в нем вел один и тот же сотрудник.

Этикетки для образцов рекомендуется печатать на плотной бумаге и брошюровать в виде книжек по 25-50-100 листов; обычный формат этикетки 10х10 или 10х13 см. В разделе "место взятия" для образцов из обнажений и высыпок указывается привязка к точке наблюдения, для скважин - интервал отбора, для горных выработок - глубина или интервал (в канавах) отбора. Этикетки заполняются на месте взятия данного образца. Заполнение этикетки обязательно для рыхлых и слабоцементированных пород. Для крепких пород в полевых условиях допускается подписывать только номер тушью или шариковой ручкой на лейкопластыре, наклеенном на образце. Такая маркировка рациональна, в особенности при отборе ориентированных образцов, когда кроме номера необходимо указывать ориентировку образца. В отдельных случаях допустимо также нанесение маркировки непосредственно на образец. С этой целью могут быть использованы баллончики с тушью (например, "Kaalmar") или цветной (предпочтительно красный) карандаш. В дальнейшем на каждый образец заполняется этикетка.

Номер образца дублируется на бумаге, в которую завернут образец, или на геологическом мешочке. Для образцов, взятых из скважин и горных выработок, указывается также глубина или интервал отбора.

Отдельная этикетка составляется для каждого шлифа. Размеры этикетки шлифа 6х5 см.

Самостоятельные формы этикеток размером 13х10 см рекомендованы для проб, отобранных из горных выработок, извлеченного керна и шлиховых проб.

Регистрационные данные отмечаются также на капсуле для хранения шлихов. Для капсул используется прочная бумага. При разделении шлиха на фракции используется капсула стандартных размеров - 16х22 см. Для отмытого неразделенного шлиха предпочтительнее использовать капсулу формата 21х30 см (размер стандартного листа) либо других размеров, соответствующих реальному объему шлиха.

Альбомы зарисовок и фотографий. Альбом для зарисовок изготавливают из плотной белой бумаги типа чертежной. Его размер не должен превышать 18х24 см. Такой размер позволяет делать достаточно крупные и детальные зарисовки, удовлетворяющие всем предъявленным к ним требованиям.

Альбом не должен содержать более 25 листов, так как со временем, при работе в полевых условиях, он неизбежно загрязняется, и зарисовки, выполненные ранее, могут быть испорчены. Рационально иметь в распоряжении несколько альбомов и заменять их по мере накопления зарисовок.

Альбом заключают в жесткий переплет из дермантина или из плотной материи типа коленкора. Задняя крышка переплета должна иметь клапан шириной около 5 см. На внутренней стороне переплета, на сгибе между внутренней крышкой и клапаном - гнездо для карандаша.

Первая страница альбома - титульный лист. В исключительных случаях для зарисовок могут быть использованы "альбомы для рисования", выпускаемые промышленностью.

Зарисовки выполняются только на одной (правой) стороне листа, где помещаются также все необходимые надписи и пояснения.

Страницы альбома должны иметь сквозную нумерацию. Каждому рисунку присваивается порядковый номер. Номера фотографий и их содержание, как указывалось выше, фиксируется в полевом дневнике. Специальной формы документации для них не предусматривается.

При наиболее ответственных съемках рекомендуется делать в дневнике записи о чувствительности пленки, диафрагме, выдержке, характере погоды и времени съемок.

2.2. Маршрутные наблюдения

Наземные маршруты в обнаженных районах дают основную массу данных по составу геологических тел и признакам полезных ископаемых. Они включают описание рядовых обнажений и промежутков между обнажениями, в которых наблюдения ведутся по высыпкам.

Описание маршрута состоит из следующих частей: 1) дата маршрута, 2) номер маршрута, 3) привязка района маршрута, 4) характеристика ожидаемых объектов наблюдения и цель маршрута, 5) привязка начала маршрута, 6) описание маршрута, 7) выводы по маршруту.

Номер маршрута обычно дается каждым исполнителем на протяжении всего сезона, однако если в дальнейшем намечается обработка на ЭВМ, необходимо каждому исполнителю выделить свою серию номеров.

Привязка района маршрута дается в таком виде чтобы его легко можно было находить на карте фактического материала. С этой целью указывается участок района, где проводится маршрут (бассейн реки, ручья, район крупной высоты, урочище и т.п.). Обязательно наличие всех таких названий на топографических картах. При проведении работ с применением аэрофотоматериалов в привязке указывается номера аэрофотоснимков, на которых расположен маршрут. Для маршрутов, проводимых на нескольких геодезических трапециях, обязательно указание номенклатуры трапеции. Для обработки материалов на ЭВМ привязка района маршрута дается в виде указания координат начала и конца его.

Привязка начала маршрута дается по отношению к четко определенным элементам рельефа и постоянным элементам топографической ситуации, созданным деятельностью человека (дороги и т.п.). В тех случаях, когда маршрут ведется с использованием аэрофотоснимков, привязка начала маршрута проводится после ориентирования и накола начальной его точки на аэрофотоснимке. Допустимо указание координат начальной точки.

Описание маршрута включает фиксацию всех наблюдений, проводимых над геологическими объектами, геоморфологическими элементами и т.д., а также выводов, к которым приходит геолог в процессе маршрута. По ходу маршрута описываются геологические образования и тектонические элементы, осуществляются поиски полезных ископаемых и сборы остатков ископаемой флоры и фауны, собираются материалы для выяснения природы расположенных в зоне маршрута контуров, отдешефрированных на аэрофотоснимках и других дистанционных материалах, геофизических и геохимических аномалий (их связь с геологическими телами, структурами и вещественным составом тел), отбираются необходимые образцы, пробы и т.д. Обязательно проверяются результаты дешифрирования аэрофотоснимков и интерпретации геофизических данных.

Каждая точка наблюдения включает запись на точке и запись по ходу между точками. Рекомендуется сначала записывать наблюдения на точке, а затем наблюдения по ходу следующей точки. В этом случае наблюдение на точке будет своего рода выводом из наблюдений по ходу. Таким "выводом" может быть, например, фиксация резкой смены пород в высыпках, другого стратиграфического подразделения, чем наблюдавшееся по ходу, обнаружение обнажения, в котором видны складки и т.п.

Выводы по маршруту завершают описание. Ими могут быть обобщенная характеристика состава изученных отложений, вывод о взаимоотношении интрузивов, толщ, разрывов, складок и т.п., об их генезисе, о перспективности признаков полезных ископаемых и др.

2.3. Документация обнажений

Документация естественных и искусственных обнажений является одним из основных источников геологической информации, в первую очередь сведений о составе геологических тел и горных пород и условиях их залегания. В соответствии с этим большое значение имеет степень единообразия геологического описания и соответствие его унифицированной схеме, обеспечивающей сопоставимость данных, полученных различными исследователями.

Геологические наблюдения всегда в той или иной мере специализированы применительно к специфике горных пород и геологических тел, слагающих изучаемый район, и образуемых ими структур.

Со времен выхода в свет "Полевой геологии" В.А. Обручева сложился перечень геологических признаков, отражающих минимально необходимый набор сведений об исследуемом объекте и подлежащих обязательному фиксированию в геологической документации. Модификации таких перечней в настоящее время легли в основу формализованной документации, ориентированной на решение задач автоматизированной обработки данных на ЭВМ.

Составление унифицированной схемы описания изучаемых объектов является обязательной частью подготовки к полевым работам. Наличие такой схемы обеспечивает необходимую полноту документации, а тем самым и ее качество.

Требования единой системы первичной документации, удобной для практического использования, диктуют также необходимость единообразной структуры записи. Схему последовательности описания целесообразно иметь каждому геологу в виде краткой памятки, которую следует помещать в качестве вкладки в полевом дневнике.

В описаниях геологических наблюдений можно выделить несколько смысловых полей:

- описание горных пород,
- описание сочетаний горных пород в пределах обнажения,
- описание залегания горных пород,
- выводы.

Описание горных пород имеет последовательность: название породы, структура, цвет, степень литификации, минеральный состав, морфология зерен, текстура, включения, прожилки, органические остатки, конкреции и секреции, контактовые поверхности геологических тел, отдельность, прочие характеристики - элементы залегания пластов в осадочных, потоков в эффузивных и сланцеватости в метаморфических породах, мощность осадочных слоев, потоков эффузивных и пластов метаморфических пород, а также характер эпигенетических изменений.

Описание сочетаний горных пород должно предусматривать характеристику признаков, перечень которых может изменяться в зависимости от того, какой тип пород является объектом исследования.

Осадочные породы:

а) чередование пород по вертикали в виде послойного описания;
б) переходы пластов по простиранию;
в) мощность каждого пласта или обобщенная характеристика;
г) характер поверхностей напластования;
д) соотношение выше- и нижележащих пластов - залегание согласное, согласное с размывом или несогласное.

Вулканогенные породы:

а) чередование пород по вертикали;
б) смена пород по горизонтали;
в) мощность каждого пласта или потока или ее обобщающая характеристика;
г) характер граничных поверхностей между пластами или потоками;

д) соотношение выше- и нижележащих пластов и потоков. Интрузивные породы - контакты и переходы разновидностей пород и их изменение на контактах.

Жилы и прожилки:

а) сочетание между собой;

б) изменения вмещающих пород на контакте;

в) выдержанность жил и прожилков и их мощность.

Для рыхлых отложений следует давать описание в следующем порядке:

а) название, размеры, минералогический состав и форма зерен, их соотношение по размеру;

б) цвет и запах;

в) наличие, содержание, размер и форма неорганических включений;

г) наличие и характер органических остатков;

д) влажность и плотность;

е) консистенция (для минеральных отложений) и степень разложенности (для торфов) - признаки особенно важные при гидрогеологических и инженерно-геологических работах;

ж) степень карбонатности основной части грунта и включений;

з) структура и текстура отложений.

Описание залегания горных пород включает измерение элементов залегания, характеристику складок, разрывов и т.д.

Измерение элементов залегания документируется в виде сокращенной записи азимута и угла падения, например, аз. пад. 340^0, $\angle$ -30^0, или при вертикальном залегании - азимута простирания и угла падения, например, аз. прост. 340^0 $\angle 90^0$. Точность измерения в складчатых областях 5^0 для азимута и 2-3^0 для угла. При изменчивых углах падения или отсутствии уверенности в единообразии элементов залегания во всем обнажении и отсутствии видимых складок обязательно измерение в разных частях обнажения для определения среднего залегания с точностью до 4-5^0. Таких измерений необходимо сделать не менее 4-5. Разброс измерений в 20-30^0 обычно свидетельствует о наличии складок. Вычисление средних элементов залегания в этом случае недопустимо и должна быть составлена схема элементов залегания в обнажении. Словами отмечается опрокинутое залегание.

Описание складчатости. Описание единичной складки включает характеристику следующих признаков:

-текстурные элементы, образующие складку (пласты, слоистость, сланцеватость);

- форма складки;

- форма замка складки;

- форма шарнирной (осевой) поверхности;

- высота и ширина складки;

- элементы залегания слоистости на разных участках складки в количестве, достаточном для изображения характера изгибов слоев различной компетентности.

Описание обнажений. Описание естественных коренных обнажений проводится во время маршрутов. Нужно различать описание рядовых и ключевых (опорных) обнажений, которое проводится с разной степенью детальности.

Ключевым обнажением называется изолированный выход (или ряд сближенных выходов) коренных пород, в пределах которого наблюдаются стратиграфические взаимоотношения отложений, типичные интрузивные контакты, характерные структурные формы (складки, разрывы), сочетание структурных форм разного возраста и размера и т.п. Выявление ключевых обнажений, а также оценка степени их типичности и значимости могут быть осуществлены лишь после того, когда будет осмотрен более или менее обширный участок исследуемого района. Следовательно,

в большинстве случаев ключевые обнажения первоначально фиксируются в качестве рядовых и лишь потом подвергаются специальному детальному изучению.

Описание рядовых обнажений включает следующие операции:

- привязка обнажения к местности;
- осмотр обнажения;
- зарисовка или (и) фотографирование;
- описание обнажения и отбор образцов и проб.

Эти операции могут различным образом сочетаться при описании обнажений разного размера. При описании обнажений небольших размеров (до 15-20 м) привязка рядового обнажения к местности осуществляется в ходе маршрута, при котором оно было выявлено.

Осмотр обнажения начинается с определения его положения в рельефе (у подножья склона, на склоне, на водоразделе, в русле реки и т.п.) и оценки того, что оно действительно представляет коренной выход, а не оползень, отдельную скатившуюся глыбу и т.п. Эта оценка отражается словами "в коренном выходе", "в коренном залегании" и т.п. В процессе общего осмотра выясняются характер слагающих пород, условия их залегания и взаимоотношения; предварительно намечаются места отбора образцов и проб (они могут отбираться и на стадии осмотра).

Зарисовка и фотографирование рядовых обнажений осуществляется лишь в тех случаях, когда в них обнаруживаются какие-либо характерные особенности, представляющие значительный геологический интерес. Нередко такие обнажения в дальнейшем переходят в ранг ключевых.

Стратифицированные отложения, сложенные чередованием пластов различных пород, описываются послойно снизу вверх. Описание сверху вниз не рекомендуется как из соображения единства описания во всей геологической службе, так и из-за возможности засорения поверхности обнажения обломками вышележащих пород (это особенно мешает при описании и опробовании обнажений рыхлых образований и горных выработок).

Обнажения значительной протяженности рационально осматривать и описывать поинтервально. В качестве границ интервалов следует выбирать участки существенного изменения состава отложений или условий их залегания, смену пород или толщ и т.п. Осмотренная часть обнажения документируется, дается описание контактирующих толщ. Затем осматривается и документируется следующая часть обнажений и т.д. Если имеется возможность, то целесообразно заранее рационально разметить обнажение шагами или лентой на интервалы по 10-20 м. Для протяженных обнажений обязательно составление маршрутной схемы..

Образцы и пробы. Образцы горных пород представляют собой каменный документ, который хранится до завершения геологосъемочных и поисковых работ. По окончании работ часть образцов, достаточно полно характеризующая все возрастные подразделения района и типичные разновидности пород, выделяется в эталонную коллекцию и часть - в коллекцию обменного фонда. Остальная часть коллекции после окончания камеральной обработки сокращается. В соответствии с этим, к образцам эталонной коллекции и рядовым образцам могут быть предъявлены различные требования.

Образец для эталонной коллекции должен быть достаточно типичным для подразделения и разновидности пород. Нормальный размер его 9 х 12х 3 см. Обычное требование к образцу - наличие свежих поверхностей. Однако, как отмечал ещё В.А. Обручев, при недостатке времени для рядовых случаев необязательно заниматься выкалыванием стандартного образца, достаточно лишь, чтобы он имел три поперечных свежих скола. В дополнении к этому следует заметить, что в ряде случаев структурные и текстурные особенности породы значительно рельефнее видны на выветриваемой поверхности породы (а иногда только на ней!). В таких случаях сохранение выветрелой

поверхности обязательно. Многие образцы сопровождаются по сколам породы для шлифа обязательно из того же куска.

Образец и шлиф отмечаются в документации естественного или искусственного обнажения, из которого они отобраны, наносятся на зарисовку (если она делается), снабжаются этикеткой установленного образца и заносятся в каталог образцов.

Номер образца должен соответствовать номеру обнажения, точке наблюдения, горной выработке или буровой скважине. При отборе нескольких образцов они различаются прибавлением через дефис порядковой цифры, например, обр. I4-I, 14-2 и т. д, Применение букв для различения образцов (например, 14-А, 14-Б и т.д.) не рекомендуется, так как для протяженных обнажений и горных выработок и для скважин значительной глубины букв может не хватить. Самостоятельная (независимая от номера обнажения, скважины и т.п.) нумерация образцов воспрещается.

Пробы горных пород, полезных ископаемых и др. бывают нескольких видов:

- штуфные пробы - образцы горных пород 150-500 г, отбираемые из одного участка;
- сколковые пробы - составленные из небольших (10-25г) обломков породы, взятых в различных частях изучаемого обнажения или его обособленной части с расчетом получения общей массы пробы 150-500 г;
- бороздовые пробы - отбираются сплошной или пунктирной бороздой, пересекающей весь опробуемый объект при сечении борозды 10х5 или 20х10 см; применяется в основном при изучении полезных ископаемых для получения усредненной характеристики полезных компонентов во всем геологическом теле.

Все пробы, отбираемые из естественных обнажений, горных выработок и буровых скважин, обязательно включаются в их описание, их положение изображается на зарисовках. Пробы снабжаются этикеткой единого образца и фиксируются в журналах проб.

2.4. Графическая документация геологических объектов

Графическая документация в виде различного рода зарисовок и фотографий часто применяется в практике геолого-съемочных и поисковых работ, особенно при описании обнажений и геологоразведочных выработок. В настоящей главе содержатся общие рекомендации и специально рассмотрены правила графической документации геологоразведочных выработок, для которых зарисовка является обязательной частью всей документации. Содержание документации не рассматривается, так как оно изложено ранее.

Зарисовки и фотографии геологических объектов являются документами, которые в целом ряде случаев невозможно заменить словесным описанием. Известно, насколько трудно, пользуясь словесным описанием, найти в изученном геологическом объекте все то, что видел автор. Ведь любое описание неполно. Кроме того, язык описания достаточно бледен при фиксации деталей объекта и их пространственных соотношений, тогда как рисунок и фотография обладают наглядностью, т.е. позволяют с необходимой - степенью детальности получить информацию при рассмотрении документа, не пользуясь описанием.

Рисунок и фотография объективно передают все особенности и детали изученного геологического объекта, они дают возможность выделить главное в объекте, что присуще только ему и чем он отличается (или чем сходен) от других аналогичных объектов.

Чтобы рисунок или фотография обладали всеми свойствами документа - носителя объективной информации, они должны в той или иной форме иметь:

- точную географическую привязку;
- ориентировку плоскости рисунка или фотографии;
- масштаб;
- заголовок;
-пояснительные надписи;

- указания на авторство рисунка или фотографии (если они приводятся не в дневнике или журнале).

Графическое документирование любого геологического объекта предусматривает выполнение ряда операций, объемы и методы выполнения которых могут в достаточно широких пределах меняться в зависимости от цели работ и изучаемого объекта:

- подготовку фотоаппаратуры, принадлежностей для рисования, бумаги, дневников, компаса и т.д.;
- привязку - ориентирование плоскости рисунка или фотографии;
- при осмотре геологического объекта выделение отдельных частей и установление мест, где должны быть сделаны зарисовки или фотографии;
- разметка, ведущаяся как для облегчения зарисовок (соблюдение верных соотношений между частями объекта), так и для масштаба при фотографировании.

Под названием "Полевые зарисовки обнажений" объединяется большая группа графических документов, различающихся между собой содержанием и детальностью. Несмотря на то, что выполняемая человеком зарисовка передает его восприятие объекта, вследствие чего, казалось бы, является сугубо субъективной, она вполне объективно отражает облик и состояние объекта и является надежным документом.

Зарисовки в их практическом применении имеют ряд преимуществ перед фотографией. Даже при достаточном опыте и наличии всей необходимой аппаратуры и фотоматериалов хорошую фотографию геологического объекта получить не всегда возможно: объект съёмки может быть мало выразительным, могут быть неблагоприятные условия освещенности или погоды. Кроме того, детали геологического объекта, представляющие наибольший интерес, могут оказаться невыразительными вследствие слабой цветовой или тоновой контрастности. Во всех этих случаях получение удовлетворительного снимка практически невозможно, тогда как полевая зарисовка позволяет не только изобразить, но и подчеркнуть наиболее важные характеристики изучаемого объекта.

Зарисовка в отличие от фотографии не передает объект во всех подробностях, цель ее - максимально объективное изображение особенностей объекта, представляющих интерес для данного исследования. При этом все детали, не имеющие прямого отношения к целевому назначению рисунка, опускаются. Правильно выполненный и оформленный рисунок максимально лаконичен и вместе с тем обладает большой информативностью, четок и точен в изображении всего, что привлекло внимание исследователя.

Для того чтобы рисунок обладал всеми указанными свойствами и удовлетворял всем предъявлявшем требованиям, при его исполнении следует придерживаться определенных правил:

1) Масштаб зарисовки выбирается в зависимости от сложности изображаемого объекта и необходимой степени детализации. Масштаб должен быть выдержан на всей зарисовке во всех частях объекта. При необходимости отдельные части объекта, представляющие особый интерес, изображаются в более крупном масштабе, но уже на другом рисунке;

2) Зарисовки делаются четко и ясно, линиями различной толщины, без штриховки и тем более растушевки;

3) Второстепенные детали, вводимые в рисунок для масштаба (деревья, дома), выполняются схематически;

4) Зарисовка должна иметь географическую привязку, соответствующую привязке объекта в описании. Если на зарисовке изображается только часть объекта, делается привязка к объекту;

5) Плоскость зарисовки должна быть ориентирована;

6) Зарисовка должна иметь заголовок, необходимые поясняющие надписи и условные обозначения (в дневнике условные обозначения могут быть указаны в начале);

7) На рисунке указываются места, в которых делались измерения элементов залегания и их числовые значения и места отбора образцов и проб и их номера;
8) Все данные, помещаемые на рисунке, должны совпадать с записями в дневнике;
9) Запись в дневнике должна содержать ссылку на рисунок.

В соответствии с объектом и масштабом изображения, а также степенью его детальности можно выделить несколько типов зарисовок, различающихся техникой исполнения.

Схема – мелкомасштабная зарисовка, выполненная в условной манере, в приближенном или относительном масштабе. Ее назначение - пояснение записей в дневнике, указание на порядок записей или отбора образцов и т.д. Схема, поскольку она привязана к тексту дневника, обычно выполняется на левой стороне разворота. Если записи в дневнике ведутся шариковой ручкой, то и схему можно выполнять ею же. Схема снабжается надписями, поясняющими цель, с которой она выполнена, и детали изображения.

Зарисовки обнажений и их отдельных частей в зависимости от характера могут проводиться в проекции на вертикальную и наклонную плоскости, а также на разные плоскости, если обнажение расположено на склоне с уступом. В последнем случае зарисовка сопровождается дополнительной схемой, показывающей взаимоотношения и положение отдельных частей обнажения, спроецированных на разные плоскости, и указанием (текстовым или графическим знаком) на плоскость проекции. Соблюдение определенного масштаба и пропорций между отдельными частями обнажения достигается предварительной разметкой путем установки через определенное расстояние вешек или каменных пирамидок.

Крупномасштабные зарисовки отдельных частей обнажений выполняются с возможно более точным соблюдением масштаба и относительного расположения деталей, однако, без загромождения рисунка незначащими подробностями. Для выполнения такой зарисовки разметка обнажения делается более тщательно - обычно с помощью рулетки, натянутой поперек зарисовываемой площади, и в особо сложных случаях - двух рулеток (мерных реек, веревок с узлами и т.п.), натянутых крестообразно (горизонтально и вертикально) в плоскости рисунка.

Зарисовки разнообразных трещин и линейных тектонических структур проводятся с большой тщательностью и точностью в соблюдении размеров, ориентировки и их взаимного расположения. При этом рисуются только главные, наиболее характерные трещины. При изображении систем трещин необходимо дать представление о густоте трещин, принадлежащих к каждой системе. Все измерения помещаются на рисунке с указанием места, где они сделаны.

Фотосъемка в маршруте. Подготовка к маршрутной съемке начинается еще перед выездом на полевые работы. При изучении материалов предыдущих исследований: по району предстоящих работ составляется представление о его геологическом строении и возможных объектах фотографирования, достаточно полно характеризующих наиболее интересные особенности района в соответствии с задачами проектируемых полевых работ.

Порядок фотосъемки в маршруте. При фотографировании геологических объектов в маршруте не следует жалеть пленки: по возможности надо фиксировать все имеющее значение для целей исследования. Возможно, что встреченный объект уникален и случая зафиксировать его на пленку больше не представится. Даже если аналогичные объекты будут встречаться в дальнейшем, их надо фотографировать: снимки можно сравнить, отмечая черты сходства или, напротив, различия, зафиксированные объективом.

Фотосъемка геологических объектов представляет собой ряд последовательно выполняемых операций, каждая из которых в известной степени определяет качество будущего снимка.

1. Точка съемки выбирается с учетом характера объекта и цели, с которой делается снимок. При этом следует иметь в виду:

а) свет на объект должен падать спереди и несколько сбоку. Детали объекта при этом выглядят более контрастно, а сам объект приобретает объемность. Это особенно важно при фотографировании обнажений. Лучше всего для съемки подходит рассеяно направленный свет, которой дает солнце за тонким слоем облаков. При этом тени на объекте получаются не чрезмерно контрастными;

б) нормальная высота точки съемки соответствует уровню глаз человека. При этом фотография передает неискаженное представление об объекте - такое, каким видит его наблюдатель в обычных условиях.

2. Определение границ кадра и его композиция. В кадре должен помещаться фотографируемый объект целиком или его определенные детали, а в некоторых случаях и окружающее объект пространство (если необходимо зафиксировать взаимоотношения фотографируемого объекта с другими объектами или показать его положение в пространстве). В соответствии с этим граница кадра выбирается горизонтальной или вертикальной. Если с данной точки зрения изображение, размещающееся в кадре, не соответствует поставленной цели, границы кадра можно регулировать одним из следующих методов:

а) подойти ближе или, напротив, отойти подальше;

б) применить сменную оптику;

в) сделать панорамный снимок.

В кадре должно располагаться лишь то, что необходимо для цели документации.

3. Масштаб снимка должен быть показан в каждом кадре. Это достигается размещением в кадре предметов, которые могут служить масштабом: при фотографировании крупных обнажений - фигура человека, разметка вешками или пирамидами камней, при съемке деталей обнажений - молоток, компас и т.д., при съемке мелких деталей – линейка с сантиметровыми делениями.

3. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ

Студенты, участвующие в геологических экскурсиях должны знать элементарные правила по технике безопасности. Опыт показывает, что незнание правил техники безопасности, пренебрежение, казалось бы, элементарными правилами влекут за собой несчастные случаи.

Геологические экскурсии должны проводиться по утвержденным в установленном порядке программам, в которых предусматриваются мероприятия по технике безопасности с учетом местных условий в соответствии с «Правилами безопасности при геологоразведочных работах».

Перед геологическими экскурсиями все студенты должны пройти медицинское освидетельствование и сделать предохранительные прививки против энцефалита.

Руководители экскурсий перед их началом обязаны провести специальный инструктаж всех щкольников об условиях экскурсий, правилам безопасности и дисциплине. Врач проводит инструктаж об оказании необходимой медицинской помощи на маршруте. О прохождении инструктажа каждый школьник расписывается в «Книге регистрации обучения и инструктирования по технике безопасности». В процессе проведения полевых работ руководители групп должны также систематически проходить дополнительный инструктаж о мерах предотвращения наиболее вероятных для данного района работ опасностей и несчастных случаев.

Каждый работающий, заметивший опасность, угрожающую людям, обязан принять зависящие от него меры для ее устранения и немедленно сообщить об этом своему непосредственному руководителю. Руководитель обязан принять меры к устранению

опасности; при невозможности устранения опасности прекратить работы, вывести работающих в безопасное место.

Запрещается во время работы и во время перерывов располагаться в траве, кустарнике и других не просматриваемых местах, если на участке работ используются транспортные средства.

Запрещается допускать к работе лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, а также в болезненном состоянии. Перед выходом группы в маршрут руководитель группы обязан:

а) проверить готовность группы к маршруту (обеспечить ее топоосновой, снаряжением, продовольствием, инструментом, защитными и спасательными средствами);

б) дать указание о порядке проведения маршрута, правилах передвижения применительно к местным условиям;

в) нанести на свою карту линию намеченного маршрута группы.

В дни, когда по прогнозу погоды затяжной дождь, сильный ветер, выходить в маршруты запрещается.

Если затяжной дождь, густой туман застают группу в пути, необходимо прервать маршрут, укрыться в безопасном месте и переждать непогоду.

Движение группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную зрительную или голосовую связь между людьми и возможность взаимной помощи. При оставлении кого-либо из участников маршрута с потерей видимости или голосовой связи старший группы обязан остановить движение и подождать отставшего.

В маршрутах каждому участнику рекомендуется надевать яркий шарф, косынку или рубашку для обеспечения лучшей взаимной видимости.

Запрещается употреблять в пищу неизвестные грибы, ягоды и рыбу во избежание возможного отравления.

Использование для питьевой воды минеральных источников, бальнеологические свойства которых неизвестны, запрещается, не рекомендуется также купаться в них.

При движении и на привалах необходимо соблюдать питьевой режим. Пить сырую воду из луж, ям и других поверхностных водоемов запрещается.

Особое внимание в маршрутах необходимо уделять мерам предупреждения тепловых и солнечных ударов. В жаркие безветренные дни работать с непокрытой головой не разрешается.

Одежда не должна стеснять движений при работе, обувь обязательно подбирается по ноге.

Для защиты от кровососущих насекомых рекомендуется надевать накомарники или периодически смазывать лицо, шею, руки репеллентами.

При проведении маршрутов в лесу особенно строго должны соблюдаться правила зрительной и голосовой связи.

Передвижение через лесные завалы разрешается только с соблюдением соответствующих мер предосторожности.

На участках, заросшей высокой и густой травой, рекомендуется начинать работу после высыхания росы.

При работе в лесу следует строго соблюдать меры пожарной безопасности.

Бросать в лесу непотушенные спички и окурки запрещается. Костры разрешается разводить лишь в местах, где исключена возможность возникновения пожара.

При малейшем признаке лесного пожара (запах дыма, гари, бег зверей и полет птиц в одном направлении) группа должна выйти к ближайшей речной долине или поляне.

При возникновении пожара необходимо приступить к его тушению с помощью всех имеющихся средств и одновременно сообщить об этом местным органам власти.

При передвижении по горелым лесам и торфяникам следует соблюдать особую осторожность.

При проведении маршрутов в местах распространения энцефалитных клещей рекомендуется плотно застегивать одежду и 3-4 раза в день осматривать тело и одежду.

При отборе образцов в выработках должны применяться меры по защите от падения кусков породы со склона и бортов выработки.

При одновременной работе двух или более проботборщиков не одном уступе расстояние между участками их работ должно быть не менее 1,5 м.

Если произошел несчастный случай или школьник почувствовал недомогание, то следует:

- прекратить работу, сохранить обстановку места происшествия, если это не представляет опасности для окружающих, и сообщить руководителю, вызвать скорую помощь.

При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить руководителю, при необходимости вызвать скорую помощь или отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение. Для оказания первой помощи при ранениях и кровотечениях необходимо на рану наложить стерильный бинт, предварительно смазать настойкой йода очищенный от грязи участок вокруг раны. При сильном кровотечении необходимо наложить выше раны жгут не более чем на 1.0 – 1.5 часа.

По окончании рабочего времени привести в порядок снаряжение и другие принадлежности. Провести мероприятия личной гигиены. Провести осмотр всех участников экскурсии на предмет обнаружения клещей.

Организованно пройти на автобусную остановку для возврата в город.

Ожидать транспорт разрешается только на посадочных площадках, а при их отсутствии – на тротуаре или обочине.

4. ПОЛЕВОЕ СНАРЯЖЕНИЕ

Вполне очевидно, что успешное проведение геологических маршрутов (экспедиций) в существенной мере зависит от обеспеченности участников соответствующим оборудованием, снаряжением и материалами. Подчеркнем специально, что при ведении полевых исследований все необходимое должно «быть под руками». При этом ничего не должно быть лишнего. В таблице приведен список необходимых «вещей» для полевой бригады, состоящей из 5 человек.

№ п./п.	Наименование оборудования, снаряжения и др.	Кол-во (шт.)
1	Полевая книжка (пикетажка)	5
2	Геологический молоток	1
3	Компас горный	1
4	Лупа с десятикратным увеличением	1
5	Карандаш простой (мягкий и твердый)	10
6	Транспортир	1
7	Авторучка шариковая	10
8	Рулетка 10 м	1
9	Сумка полевая	5
10	Рюкзак (желательно непромокаемый)	1
11	Мешочки пробные	20
12	Линейка 30 см	2
13	Фотоаппарат	1
14	Аптечка универсальная	1

5. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ

В результате геологических экскурсий накапливается большой фактический материал: коллекции минералов и горных пород, остатки ископаемых животных и растений, образцы полезных ископаемых, графический материал. Все это может составить основу тематических выставок и стендов.

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

И.В. Назаров, Е.В. Шипилова

Методические указания к геодезической практике для студентов всех специальностей

Екатеринбург - 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 5
1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ 6
1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30) 6
1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3 10
2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ. 13
2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования. 13
2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе 14
2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода 18
2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети. 19
3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ 20
3.1. Вычисление привязки 20
3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий 22
3.3 Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования 23
3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования 26
3.4.1. Вычисление угловой невязки хода 26
3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода 29
3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования. 29
4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА 32
4.1. Работа на станции 32
4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки 33
4.3.Составление абриса 37
5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА 39
5.1. Вычерчивание координатной сетки 39
5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам 39
5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план 40

5.3.Оформление топографического плана 40
6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ 41
6.1. Рекогносцировка трассы 42
6.2.Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей 42
6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям 43
6.4. Работа на станции при нивелировании 44
6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования 4
6.5.1. Обработка нивелирного журнала 4
6.5.2. Построение профиля трассы 6
6.5.3. Проектирование по профилю 9
7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ 12
7.1. Элементы геодезических разбивочных работ 12
7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла 12
7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния 13
7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом) 13
7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой 16
7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном 17
8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ 20
Приложение 1 22
Приложение 2 23

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Задачей учебной геодезической практики является закрепление теоретических знаний студентов и приобретение ими практических навыков при решении различных инженерно-геодезических задач.

Все виды работ, предусмотренные программой, выполняются студентами самостоятельно бригадами в составе 6 человек, Продолжительность учебной геодезической практике 2 недели.

Студенты допускается к производству геодезических работ на практике лишь после изучения правил по охране труда и технике безопасности.

В период прохождения геодезической практики студенты обязаны выполнять установленный распорядок дня, бережно относиться к полученным приборам и инструментам и поддерживать дисциплину и порядок на полигоне и территории базы.

Руководитель практики систематически контролирует в течение всего периода практики се виды полевых и камеральных работ и принимает законченные работы.

Зачет по практики преподаватель принимает по пятибалльной системе от каждого студента в присутствии всех членов бригады.

Студенты, пропускающие дни практики, опаздывающие или уходящие с работы раньше срока по неуважительной причине, к зачету по практике не допускаются.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ И ИХ РАБОЧИЕ ПОВЕРКИ

Для измерения углов на учебно-геодезической практике используются теодолиты Т-30, 2Т-30.

Основные части теодолита показаны на рис 1.1, отсчетные устройства приборов - на рис 1.2, сетка нитей - на рис 1.3.

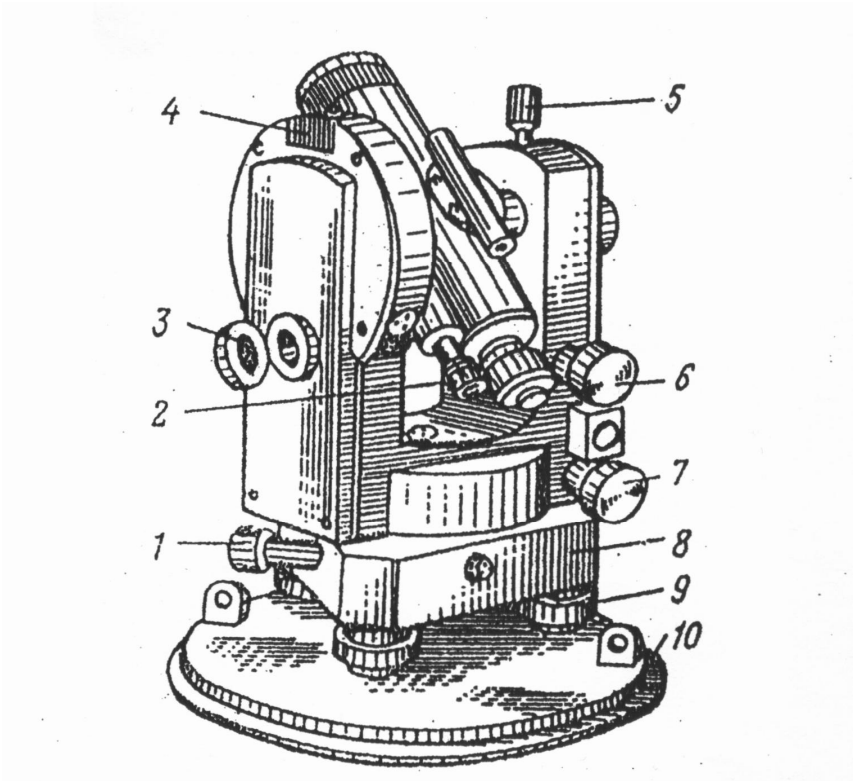


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа; 4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание.

1.1. Рабочие поверки теодолита Т-30 (2Т-30)

Поверка 1. Ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна вертикальной оси вращения прибора.

Уровень горизонтального круга устанавливают по направлению двух подъемных винтов, приводят или пузырек на середину, Затем поворачивают, алидаду на 180°. При отклонении пузырька от средины более чем на 2 деления производят юстировку – на половину дуги отклонения пузырька

уровня перемещают юстировочными винтами уровня. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы

Выбирают на местности удаленную точку. Наводят теодолит на удаленную точку и берут отсчёты по горизонтальному кругу при двух положениях вертикального круга $КЛ_1$ и $КП_1$. Открепив становым винтом штатива подставку теодолита, поворачивают прибор примерно на 180° и повторяют то же самое, получая отчеты при $КЛ_2$ и $КП_2$. Получают значение коллимационной ошибки С по формуле:

$$C = \frac{(ККЛ - КП1 \pm 180°) + (ККЛ - КП2 \pm 180°)}{4}$$

Если величина С превышает 2', то вычисляют исправленный отсчет КП - С и устанавливают его на горизонтальном круге микрометренным винтом алидады. При этом центр сетки нитей сместится с точки наведения. Для исправления данного положения вращают горизонтальные исправленные винты сетки нитей до совмещения ее центра с точкой наведения.

Пример: отсчеты по горизонтальному кругу

	КЛ	КП
Наведение 1	40°22′	220°20′
Наведение 2	200°10′	20°10′

$$C = \frac{(40°22' - 220°20' + 180°00') + (200°10' - 20°10' - 180°00')}{4}$$

$$C = \frac{4'}{4} = 1'$$

В штриховом микроскопе теодолита Т30 в середине поля зрения виден штрих, относительно которого осуществляется отсчет по лимбу (рис. 1.2, а). Перед отсчетом по лимбу необходимо определить цену деления лимба. В теодолите Т30 цена деления лимба составляет 10 угловых минут, т.к. градус разделен на шесть частей. Число минут оценивается на глаз в десятых долях

цены деления лимба. Точность отсчета составляет 1′.

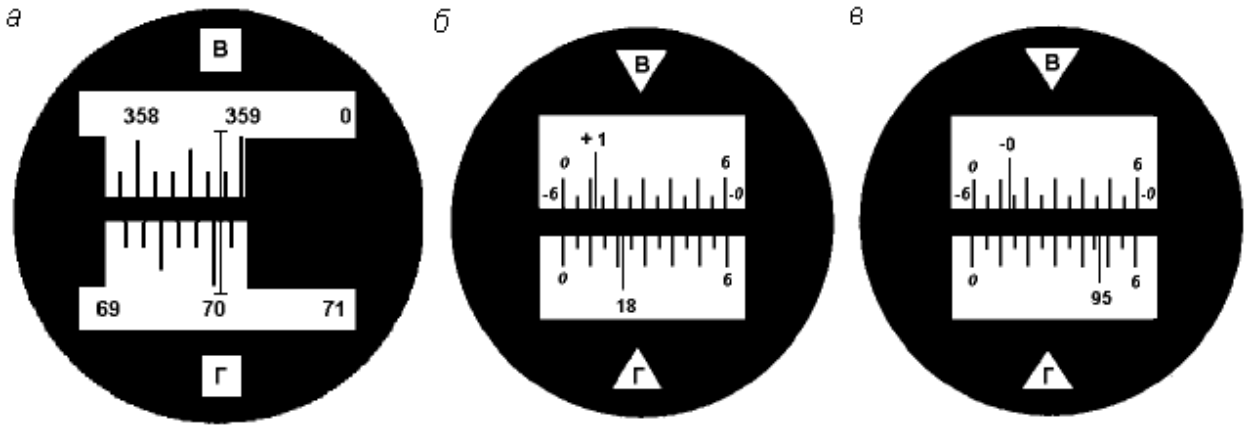


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′ , по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′ по горизонтальному – 95° 47′ (*в*).

В шкаловом микроскопе теодолита 2Т30 в поле зрения видна шкала, размер которой соответствует цене деления лимба (рис. 1.2, *б*, *в*). Для теодолита технической точности размер шкалы и цена деления лимба равны 60′. Шкала разделена на двенадцать частей, и цена ее деления составляет 5 угловых минут. Если перед числом градусов знака минус нет, отсчет производится по шкале от 0 до 6 в направлении слева направо (рис. 1.2, *б*). Если перед числом градусов стоит знак минус, в этом случае минуты отсчитываются по шкале вертикального круга, где перед цифрами от 0 до 6 стоит знак минус в направлении справа налево (рис. 1.2, *в*). Десятые доли цены деления шкалы берутся на глаз с точностью до 30″.

Поверка 3. Горизонтальная ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна оси вращения теодолита.

Устанавливают теодолит недалеко от стены здания. Центр сетки нитей зрительной трубы наводят на высоко расположенную точку и, закрепив алидаду, наклоняют трубу примерно до горизонтального положения. Отмечают карандашом на стене проекцию центра сетки нитей. Переводят трубу через зенит, снова повторяют все действия. Если наблюдаемое в

зрительной трубе горизонтальное расстояние между двумя проекциями центра сетки нитей не превышает тройную ширину биссектора сетки, то условие поверки считается выполненным (рис. 1.3). В противном случае прибор подлежит исправлению на заводе.



Рис. 1.3 Сетка нитей

Поверка 4. Определение и исправление места нуля (МО) вертикального круга.

При двух положениях круга наводят центр сетки нитей на хорошо видимый предмет и берут отсчёты по вертикальному кругу КЛ и КП. Значение МО вычисляют по формуле:

Для 2Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП}}{2}$$

для Т-30

$$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} - 180^\circ}{2}$$

Пример:

Отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' + 172^\circ 44' - 180^\circ}{2} = 2'$

для Т-30 КП $172^\circ 44'$

отсчёты КЛ $7^\circ 20'$ $\text{МО} = \frac{7^\circ 20' - 7^\circ 24'}{2} = -2'$

для 2Т-30 КП $-7^\circ 24'$

Место нуля определяют дважды. Среднее значение недолжно превышать 1-3′.

В противном случае микрометренным винтом вертикального круга устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный КП-МО. При этом центр сетки нитей сместится с наблюдаемой точки. Для исправления МО его совмещают с точкой наведения, вращая вертикальные исправительные винты сетки нитей.

Для контроля поверку повторяют. При выполнении этой поверки следят, чтобы пузырёк уровня горизонтального круга находился в нуль-пункте.

1.2. Рабочие поверки нивелира Н-3

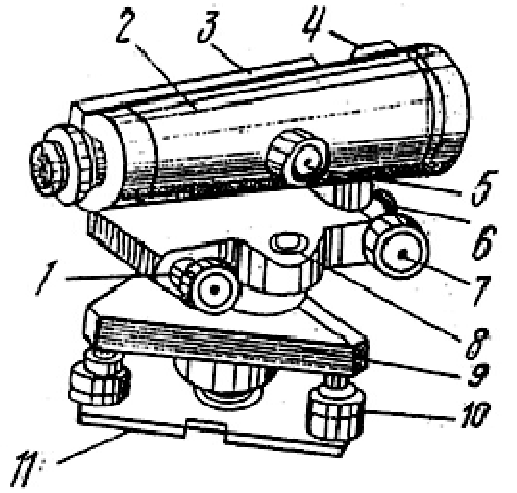
Нивелир Н-3 предназначен для определения превышения между смежными точками местности. Основные части нивелира приведены на рис. 1.4.

Поверка 1. Ось круглого уровня должна быть параллельно оси вращения нивелира.

Вращением подъемных винтов приводят пузырек круглого уровня на середину. Поворачивают нивелир на 180°. Если пузырек не сместится с средины то условие выполнено. В противном случае юстировочными винтами уровня перемещают его к нуль-пункту на половину дуги отклонения. Затем поверку повторяют.

Поверка 2. Визирная ось зрительной трубы, должна быть параллельна оси цилиндрического уровня.

Поверку выполняют двойным нивелированием одной и той же линии длиной 50-75 м (рис 1.5)



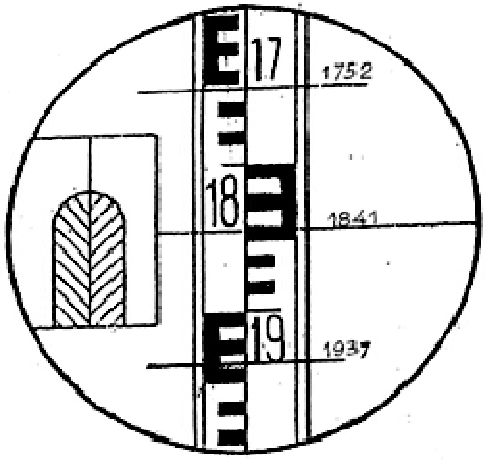


Рис. 1.4. Устройство нивелира:

1 – элевационный винт;

2 – зрительная труба;

3 – цилиндрический уровень;

4 – визир;

5 – винт фокусировки;

6 – закрепительный винт;

7 – наводящий винт;

8 – круглый уровень;

9 – подставка;

10 – подъемные винты;

11 – основание.

Отсчёты по рейке:

1752 мм - верхняя нить

1841 мм - средняя нить

1937 мм - нижняя нить

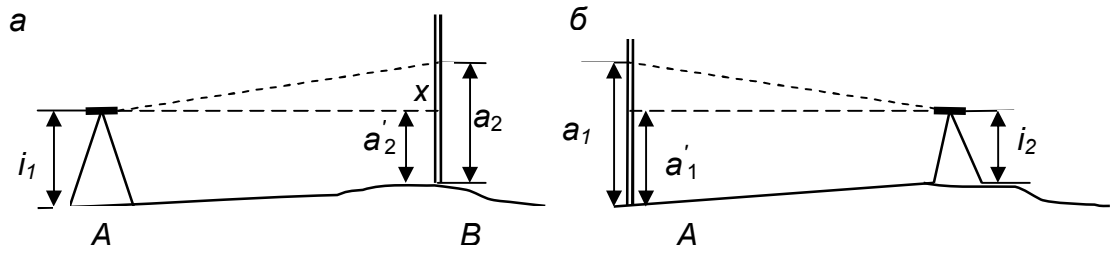


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

Устанавливают нивелир в точке. А, а рейку в точке В. Измеряют высоту инструмента i_1, в точке А и берут отсчёт по рейке a_1 в точке В. Затем нивелир и рейку меняют местами и снова измеряют высоту инструмента i_2 и берут отсчёт по рейке a_2. Если визирная ось не параллельна оси уровня и составляет с ним некоторый угол v, то отсчёты по рейке будут содержать некоторую погрешность *X*. Величину этой погрешности определяют по формуле:

$$X = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} \text{ мм}$$

Пример: i_1=1420 мм i_2= 1540 мм

a_1=1180 мм a_2=1786 мм

$$X = \frac{1180 + 1786}{2} - \frac{1420 + 1540}{2} = 3 \text{ мм}$$

Если величина X>4 мм, то не параллельность осей исправляют. Для этого вычисляют исправленный отсчет $a_2=a_2-X$ (рис 1.5) и, действуя элевационным винтом, устанавливают его на рейке по средине нити сетки. Затем, действуя вертикальными юстировочными винтами цилиндрического уровня, совмещают изображение концов пузырька уровня. Для контроля поверку повторяют.

Поверка 3. Сетка нитей должна быть расположена правильно, т.е. вертикальная нить должна быть вертикальна, а горизонтальная – горизонтальна.

На расстояние 15-20 м вывешивают отвес, наводят трубу нивелира на нить отвеса. Если вертикальная нить сетки нитей параллельна нити отвеса, то условие выполнено. В противном случае исправление делают поворотом всей оправы сетки нитей до правильного положения, предварительно ослабив винты оправы.

2. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ.

Для производства топографо-геодезических работ на местности необходимо иметь сеть пунктов съемочного обоснования.

На практике каждая бригада студентов на своем участке создает планово-высотную съемочную сеть в виде замкнутого тахеометрического хода с общим числом вершин 6-7, в котором измеряют горизонтальные и вертикальные углы и длины сторон, а также осуществляют привязку тахеометрического хода к пунктам опорной геодезической сети.

2.1. Рекогносцировка местности и закрепление пунктов съёмочного обоснования.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: штыри, две вешки, молоток, тетрадь, две ручки.

Бригада студентов вместе с преподавателем обходит участок, выбирает места для точек съемочного обоснования и закрепляет их. При этом необходимо соблюдать ряд условий:

- Удобство установки теодолита для работы на станции;
- Взаимная видимость на соседние пункты;
- Максимальный обзор местности и полнота съемки;
- Расстояния между пунктами от 40 до 100 м.

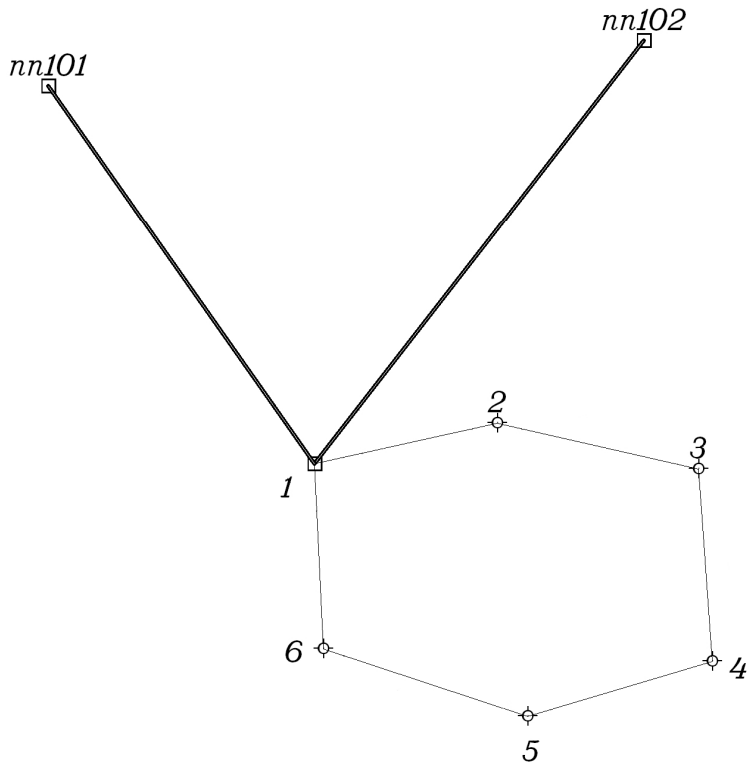


Рис 2.1 Схема расположения пунктов съемочного обоснования.

Закрепление пунктов съемочного обоснования производят металлическими штырями, которые забивают до уровня земной поверхности, вокруг штыря делают окопку, каждому из них присваивается порядковый номер. При рекогносцировке составляют общую схему расположения точек съемочного обоснования (рис. 2.1).

2.2. Измерение горизонтальных и вертикальных углов в тахеометрическом ходе

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: теодолит, две вешки, одна рейка, полевой журнал для измерения углов, карандаш, тетрадь.

На каждом пункте планово-высотного хода измеряют горизонтальный угол, вертикальные углы и наклонные длины линий. Углы измеряют теодолитами Т-30 или 2Т-30 одним полным приемом, длины сторон хода – нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал

измерения углов и длин линий простым карандашом (таблица 1).

Порядок работы:

1) Теодолит центрируют над пунктом по отвесу с точностью 5 мм и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня при горизонтальном круге;

2) На две смежные точки выставляют визирные вехи, на которых отмечают ярким шнурком высоты инструмента на данной точке стояния;

3) Измерение горизонтального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Открепив закрепительный винт алидады, наводят на низ вехи (во избежание ошибок из-за наклона вехи). Берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают его в полевой журнал (1) (таблица 1, действие(1). В скобках показана последовательность действий при измерениях и записи в журнале). Затем открепляют закрепительный винт алидады, пересечение основных штрихов сетки наводят на низ правой вехи, берут отсчет по горизонтальному кругу, записывают в журнал (2). Вычитая из отсчёта (2) отсчёт (1), получают значение угла (3), измеренное одним полуприёмом;

4) Переводят трубу через зенит. Повторяя действия, описанные в пункте 3, измеряют горизонтальный угол вторым полуприемом при положении зрительной трубы КП. По отсчетам (4) и (5) вычисляют значение угла (6), полученного из второго полуприема;

5) Сравнивают значения углов (3) и (6), полученные из двух полуприемов. Их разность не должна быть больше 2t, т.е. 1’, где t=30” – точность теодолита. Вычисляют среднее значение горизонтального угла (7) по формуле:

$$\frac{(3)-(6)}{2}=(7)$$

6) Измерение вертикального угла начинают при положении зрительной трубы КЛ. Зрительную трубу наводят на веху, установленную на смежной точке. Основной (средний) горизонтальный штрих сетки совмещают с

отметкой высоты инструмента на вехе (шнурок). После чего берут отсчет по вертикальному кругу (8). Затем наводятся на веху, установленную второй точке, и записывают значения по вертикальному кругу (9);

7) Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют действия, описанные в пункте 6, при положении зрительной трубы КП. Берут отсчет по вертикальному кругу и записывают в журнал (10), (11);

8) Вычисляют МО вертикального круга (12).

9) Вычисляют угол наклона (13) по формуле:

$$\nu = КЛ - МО$$

Контроль:

- При измерении вертикальных углов на станции колебание МО для разных вертикальных углов не должно превышать $\pm 2'$;

- Значения углов наклона, измеренных в прямом и обратном направлениях, не должны отличаться более, чем на $\pm 3'$.

Запрещается! В полевом журнале стирать резинкой результаты измерений, писать цифру на цифре, переписывать полевой журнал. Ошибочные измерения зачеркиваются одной чертой, затем записи продолжаются дальше. Все записи должны вестись четко и аккуратно с использованием шрифтов (см. Приложение 1).

Таблица 1

ЖУРНАЛ ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВ И ДЛИН ЛИНИЙ

Дата Исполнитель $МО = \frac{КЛ + КП}{2}$ $\nu = КЛ - МО$

Точка стояния	**Круг**	**Точки визирован.**	**Горизонтальный круг**			**Точки**		**Круг**	**Вертикальный круг**			**Длины линий измеренные**
			Отсчёт ° '	**Измеренный угол ° '**	**Средний угол ° '**	**Стояния**	**Визиров.**		**Отсчёт**	**Место нуля**	**Угол наклона**	**Горизонт. Проложение**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	КЛ	2	196°15' (1)	244°24' (3)	244°24,5' (7)	1	2	КЛ	-2°01' (8)	-0°0'30" (12)	-2° 00' 30" (13)	57,1 (14)
		6	80°39' (2)					КП	2°00' (10)			
	КП	2	16°17' (4)	244°25' (6)		1	6	КЛ	8°35' (9)	0°	8°35'	116,5 (15)
		6	260°42' (5)					КП	-8°35' (11)			
2	КЛ	3	146°55'	59°46'	59°46'	2	1	КЛ	-8°36'	0°	-8°36'	116,5 (16)
		1	206°41'					КП	8°36'			
	КП	3	326°59'	59°46'		2	3	КЛ	-2°20'	-0°2'	-2°18'	82,5
		1	26°45'					КП	2°18'			

2.3. Измерение длин сторон тахеометрического хода

В процессе проложения тахеометрического хода в поле измеряют длины сторон хода. Для этого на смежные точки ставят нивелирную рейку (нулем вниз), наводят зрительную трубу на рейку, совмещая верхний дальномерный штрих сетки нитей с каким-нибудь целым делением рейки (обычно с отсчетом 1000). Подсчитывают длину отрезка "*l*" в см между верхним и нижним дальномерными штрихами. Доли сантиметровых делений оценивают на глаз.

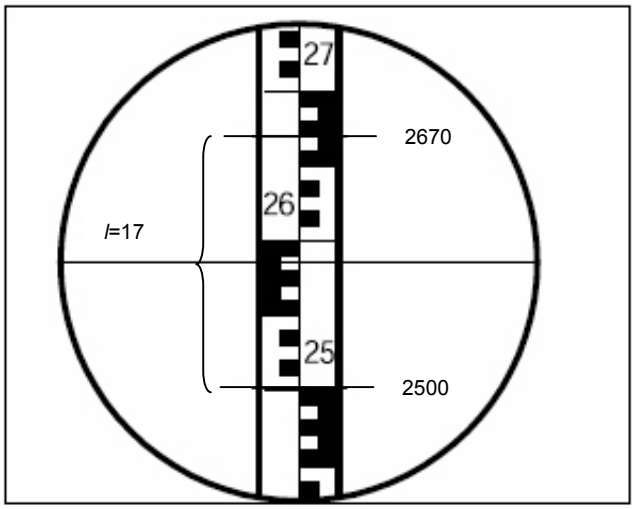


Рис. 2.2 Определение расстояний нитяным дальномером

Длина измеренной стороны определяется по формуле

$$S_{изм} = K * l_{см,}$$

где *K* - коэффициент нитяного дальномера (*K*=100), *l* - длина отрезка в см между верхней и нижней дальномерными нитями.

Пример: на рис. 2.2 отчет по верхней нити 2670, отчет по нижней нити 2500, *l*=2670-2500=170 мм=17 см, $S_{изм}$=17 см х 100=1700 см=17,0 м.

На станции длину каждой стороны хода измеряют дважды по черной и по красной сторонам рейки, или по одной стороне, но по разным делениям рейки. Разность результатов измерений должна быть не более 0,3 м на 100 метров длины. Среднее значение длины стороны хода записывают в полевой журнал (14) с округлением до 0,1 м.

Длины сторон хода обязательно измеряют в обратном направлении. Разность между результатами измерений ”прямо” (15) и “обратно” (16) не должна превышать 1:200-1:400 (0,3-0,5 м на 100 м длины).

2.4. Привязка хода к пунктам опорной геодезической сети.

Привязку тахеометрического хода выполняют для определения дирекционного угла начальной стороны хода. Одна из вершин тахеометрического хода является пунктом опорной геодезической сети (рис. 3.1). С него есть видимость на два других геодезических пункта (пп101, пп102). Для привязки хода к опорной геодезической сети производят измерение примычных углов φ_1 и φ_2. Это угол между твердой стороной и первой стороной тахеометрического хода (рис. 3.1). В полевом журнале вычерчивают схему привязки, показывают примычные углы.

Каждый примычный угол φ_1 и φ_2 измеряют двумя приемами с перестановкой лимба между приемами примерно на 90°. Для контроля измеряют угол между исходными сторонами (δ). Контроль производят по формуле:

$$\delta = \varphi_1 - \varphi_2$$

Допустимое расхождение ±3′.

3. ПЛАНОВО-ВЫСОТНОЕ СЪЁМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ. КАМЕРАЛЬНЫЕ РАБОТЫ.

После последних измерений производят проверку полевых журналов, правильность записей и вычислений измеренных и средних значений. По значениям измеренных горизонтальных углов и длин линий составляют схему съемочного обоснования и ее привязки (рис. 3.1). На схему выписывают измеренные значения углов и длин. Затем приступают к вычислениям. Вычисления линейных величин ведут с точностью до 0.1м, а углов – до 30”. Из полевого журнала выписывают измеренные примычные углы φ_1 и φ_2.

3.1. Вычисление привязки

Дирекционный угол начальной стороны хода ($\alpha_{1\text{-}2}$) (рис. 3.1) вычисляют дважды, исходя из значений дирекционных углов исходных сторон опорной геодезической сети ($\alpha_{1\text{-}A}$, $\alpha_{1\text{-}B}$) и измеренных углов (φ_1 , φ_2) по формулам:

$$\alpha_{1\text{-}2}=\alpha_{1\text{-}nn101}+\varphi_1$$

$$\alpha_{1\text{-}2}=\alpha_{1\text{-}nn102}+\varphi_2$$

Дирекционные углы исходных сторон вычисляют решая обратные геодезические задачи , по формулам:

$$r_{1-nn101}=arctg\frac{Y_{nn101}-Y_1}{X_{nn101}-X_1},\ r_{1-nn102}=arctg\frac{Y_{nn102}-Y_1}{X_{nn102}-X_1}.$$

Расхождение полученных значений $\alpha_{1\text{-}2}$ не должно превышать 2-3′.

После нахождения значения румба необходимо определить координатную четверть, содержащую направление. Координатную четверть определяют по знакам приращений координат (рис. 3.2).

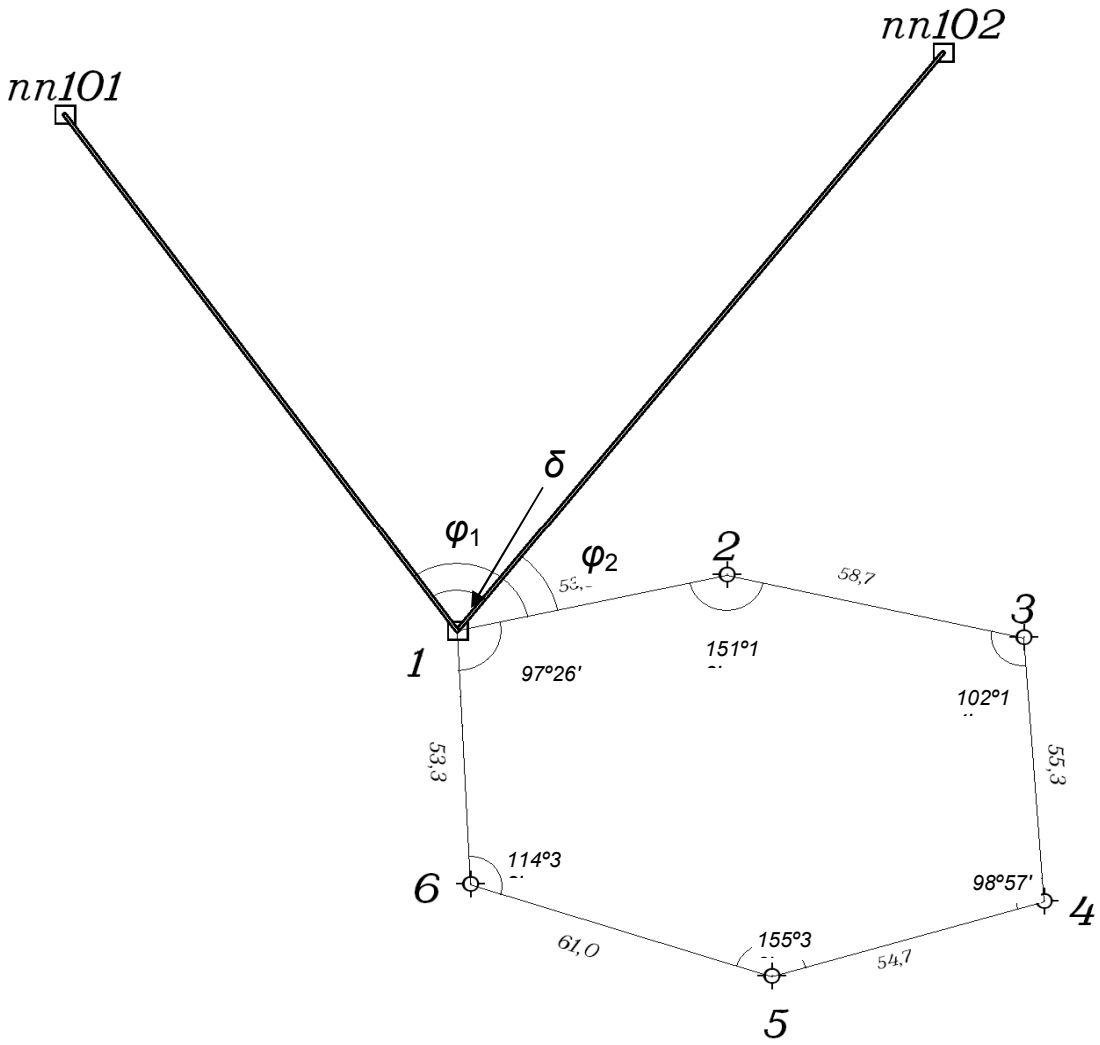


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

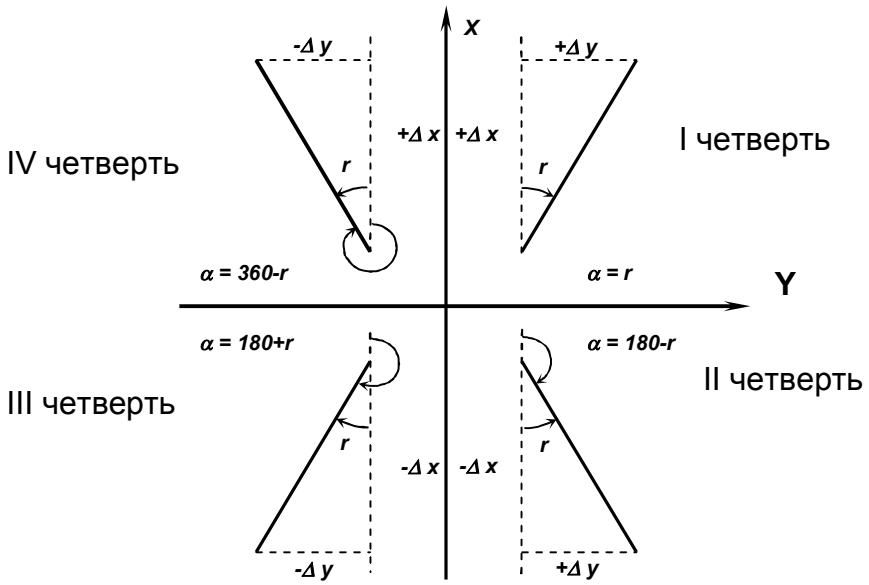


Рис 3.2 Зависимости между дирекционными углами и румбами

Пример записи и вычислений дирекционных углов приведен ниже.

Таблица 2

Исходные данные

Название пункта	X, м	У, м	H, м
1	3348.05	2238.25	271,36
пп101	4099.71	1639.28	282,40
пп102	4001.87	2581.51	290,24

$$r_{1-nn101} = arctg\frac{Y_{nn101} - Y_1}{X_{nn101} - X_1} = arctg\frac{1639.28 - 2238.25}{4099.71 - 3348.05} = arctg\frac{-598.97}{751.66} =$$
$$= 38.54993965° = 38°33'00''(IVч.)$$

$$\alpha_{1-nn101} = 360° - 38°33'00'' = 321°27'$$

$$r_{1-nn102} = arctg\frac{Y_{nn102} - Y_1}{X_{nn102} - X_1} = arctg\frac{2581.51 - 2238.25}{4001.87 - 3348.05} = arctg\frac{343.26}{653.82} =$$
$$= 27.69992196° = 27°42'00''(Iч.)$$

$$\alpha_{1-nn102} = 27°42'00''$$

$\varphi_1 = 333°18'00''$

$$\alpha_{1-2} = 321°27'00'' + 333°18'00'' = 294°45'00''$$

$\varphi_2 = 267°05'00''$

$$\alpha_{1-2} = 27°42'00'' + 267°05'00'' = 294°47'00''$$

Средний $\alpha_{1-2} = 294°46'00''$

3.2. Вычисление горизонтальных проложений длин линий

Горизонтальные проложения необходимо знать для вычисления координат точек тахеометрического хода.

Вычисление горизонтальных проложений выполняют в ведомости вычисления отметок съемочного обоснования (Таблица 3).

Из журнала измерения улов и длин линий выписывают среднее значения длин линий (S), полученные по результатам измерений в прямом и обратном направлениях, в графу 4 табл. 3 и углы наклона (v), измеренные в прямом и обратном направлениях, в графы 2 и 3 табл. 3. По этим данным

вычисляют горизонтальные проложения с точностью до 0.01 м по формуле:

$$D = S * cos^2 v,$$

где S – среднее значение измеренной длины линии (графа 4), v – угол наклона линии в прямом направлении (графа 2), D – горизонтальное проложение (графа 5).

3.3 Вычисление отметок пунктов съемочного обоснования методом тригонометрического нивелирования

Вычисление отметок производится с точностью до 0.01 м в ведомости вычисления отметок (Таблица 3).

По измеренным расстояниям и углам наклона вычисляют превышения между точками хода в прямом и обратном направлениях по формуле:

$$h = D * \tan v$$

Значения превышений с соответствующим знаком записывают в графы 6 и 7.

Расхождения в превышениях, полученных в прямом и обратном направлениях, допускаются не более 4 см на 100 м. Если это условие выполнено, то в графе 8 вычисляют средние превышения, сохраняя перед ними знак превышения из прямого хода. Сумму положительных и отрицательных значений превышений записывают в графе 8 внизу. Далее подсчитывают невязку по превышениям. Она равна сумме превышений замкнутого хода:

$$f_h = \Sigma h_{cp}$$

Допустимую высотную невязку вычисляют по формуле:

$$доп.\ f_h = \pm 0.2 м \sqrt{\sum D(км)}$$

где $-\sum D$ сумма горизонтальных проложений ходя (периметр в км).

Полученную невязку f_h распределяют между превышениями с обратным знаком пропорционально длинам линий по формуле:

$$\delta_{hi} = -\frac{f_h}{\sum D} * D_i$$

Контроль: $\Sigma\delta = -f_h$

Величины поправок записывают в графе 8 над превышениями. В графу 9 записывают исправленные превышения.

Контроль: если исправленные превышения вычислены правильно, их алгебраическая сумма должна быть равна нулю.

По исправленным превышениям последовательно вычисляют отметки пунктов съемочного обоснования по формуле:

$$H_{n+1} = H_n + h_n ,$$

где H_{n+1} – высота последующего пункта (м), H_n– отметка предыдущего пункта (м), h_n- превышение между смежными пунктами (м).

Контролем вычисления отметок является получение отметки исходной точки в конце вычислений.

Таблица 3

Вычисления отметок точек съемочного обоснования

№№ точек	Вертикальные углы		Длины сторон, м		Превышение, м				Отметки точек, м	№№ точек
	Прямо ° '	Обратно ° '	Измеренные S	Горизонтальное проложение D	Прямо	Обратно	Среднее	Исправленное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1									230.00	1
	-2°01'	+2°02'	83.0	82.90	-2,92	+2,95	-0,02 -2,94	-2,96		
2									227.04	2
	-5°24'	+5°25'	122.0	120.92	-11,43	11,46	-0,03 -11,45	-11,48		
3									215.56	3
	+2°15'	-2°16'	98.0	97.85	+3,85	-3,88	-0,02 +3,87	+3,85		
4									219.41	4
	+1°56'	-1°57'	120.0	119.86	+4,05	-4,09	-0,03 +4,07	+4,04		
5									223.45	5
	+4°30'	-4°29'	100.5	99.88	+7,86	-7,83	-0,02 +7,85	+7,83		
6									231.28	6
	-0°56'	+0°58'	76.5	76.48	-1,25	+1,29	-0,01 -1,27	-1,28		
1									230.00	1
				ΣD = 597,89 м		$\sum h_{cp}$ (+) = +15.79 $\sum h_{cp}$ (-) = -15.66		Σ=0		
							f_h=+0.13	Доп.f_h = ±0.2м$\sqrt{\sum D(км)}$		
								Доп.f_h = ±0.2м$\sqrt{0.6}$ =±0.15		

Вычислил Орлов Проверил Петров

3.4. Вычисление координат пунктов съемочного обоснования

Вычисление координат производится в ведомости вычисления координат (Таблица 4). В графу 1 ведомости выписывают номера вершин хода, в графу 2 – номера точек визирования. В графу 3 выписывают против соответствующих вершин средние значения измеренных горизонтальных углов. Значения горизонтальных проложений линий выписывают в графу 6 из таблицы 3.

3.4.1. Вычисление угловой невязки хода

Угловой невязкой f_β замкнутого тахеометрического хода называется разность между суммой измеренных горизонтальных углов $\Sigma\beta_{изм}$ и теоретической суммой внутренних углов плоского многоугольника $\Sigma\beta_{теор}$ т.е.

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм} - \Sigma\beta_{теор}$$

где $\Sigma\beta_{теор} = 180°*(n-2)$, n – число углов многоугольника.

Вычисленные значения $\Sigma\beta_{изм}$ и $\Sigma\beta_{теор}$ подписывают внизу графы 3.

Здесь же вычисляют величину допустимой угловой невязки по формуле:

$$f_{\beta доп} = 2 * t \ (t=0°0'30'' – точность\ инструмента),$$

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}\,.$$

Если значение угловой невязки не превосходит допустимой величины, то ее распределяют поровну с обратным знаком между измеренными углами, с точностью до 30″, т.е. вычисляют поправки к измеренным горизонтальным углам по формулам:

$$\delta_\beta = -\frac{f_\beta}{n}$$

Если полученное значение поправки меньше 30″, то угловую невязку вводят в наиболее слабое место тахеометрического хода (короткие стороны хода, горизонтальные углы $\leq 20°$ или $\geq 150°$, точки съемочного обоснования, наиболее удаленные от исходных пунктов сети).

Контроль: $\Sigma\delta_\beta = -f_\beta$.

Поправки в измеренные углы подписывают над их значениями. Вычисляют исправленные горизонтальные углы

$$\beta_{исп} = \beta_{изм} + \delta_\beta.$$

Контроль: $\Sigma\beta_{исп} = 180°*(n-2)$.

Таблица 4

Вычисление координат точек съемочного обоснования

Номера точек		Горизонтальные углы		Дирекционные углы ° '	Горизонтальные проложения, м	Приращения координат, м				Координаты, м	
						Вычисленные		Исправленные			
Стояния	Визиров	Измеренные ° '	Исправленные ° '			ΔX	ΔY	ΔX	ΔY	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						+0.05	+0,08			**3348.05**	**2238.25**
2	3			**294°46'**	82.90	+34.73	-75.27	+34.78	-75.19		
	1	110°59'00"	110°59'			+0.07	+0.12			3382.83	2162.06
3	4			3°47'	120.92	+120.64	+7.98	+120.71	+8.10		
	2	123°09'00"	123°09'			+0.06	+0.10			3503.54	2171.16
4	5			60°38'	97.85	+48.01	+85.32	+48.07	+85.42		
	3	105°15'00"	105°15'			+0.07	+0.12			3551.61	2256.58
5	6			135°23'	119.86	-85.35	+84.21	-85.28	+84.33		
	4	117°58'00"	117°58'			+0.06	+0.10			3466.33	2340.91
6	1	-0°0'30"		197°25'	99.88	-95.32	-29.90	-95.26	-29.8		
	5	124°58'30"	124°58'			+0.05	+0.08			3371.07	2311.11
1	2	-0°0'30"		252°27'	76.48	-23.07	-72.94	-23.02	-72.86		
	6	137°41'30"	137°41'							**3348.05**	**2238.25**
				(294°46')	ΣD = 597,89						
			$\sum\beta_{исп}$=720°			fx= -0.36	fy= -0.6				
						fs=0.85		0	0		

$\Sigma\beta_{изм}$=720°01'00"

$\Sigma\beta_{теор}$=720°00'00"

f_{β}=+1'

$f_{\beta доп}=\pm 1'\sqrt{n}=\pm 1'\sqrt{6}=\pm 2{,}4'$

$$\frac{1}{\sum D \div f_s}=\frac{1}{703}\langle\frac{1}{300}$$

Вычислил Орлов

Проверил Петров

3.4.2. Вычисление дирекционных углов сторон хода

Вычисление дирекционных углов сторон хода производят по дирекционному углу начальной стороны и исправленным горизонтальным углам. Начальный дирекционный угол стороны 1-2 выписывают из решения привязки (см. раздел 3.1). В нашем примере $\alpha_{1\text{-}2}$ =294°46'. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{\text{лев}} - 180° \text{ - для левых углов,}$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{\text{прав}} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

где α_{n+1} – дирекционный угол последующей стороны хода, α_n– дирекционный угол предыдущей стороны хода.

Контроль: полученный дирекционный угол первой стороны хода в конце вычислений должен быть равен исходному. С этой целью по дирекционному углу последней стороны и горизонтальному углу при вершине 1, которые ранее в вычислениях не участвовал, получают дирекционный угол начальной стороны ($\alpha_{1\text{-}2}$ = 294° 46').

Вычисленные значения дирекционных углов сторон хода записывают в графу 5.

3.4.3. Вычисление приращений координат, их невязок и координат пунктов съемочного обоснования.

Приращение координат хода вычисляют по следующим формулам:

$$\Delta X_i = D_i * cos\alpha_i, \ \Delta Y_i = D_i * sin\alpha_i,$$

где D_i – горизонтальное проложения линий; α_i – дирекционные углы этих линий.

Вычисления производят с точностью до 0.01 м.

Вычисленные приращения координат записывают в графах 7 и 8.

Для замкнутого хода алгебраическая сумма приращений по каждой оси координат должна быть равна нулю:

$$\sum \Delta X = 0,\ \sum \Delta Y = 0$$

Внизу графы 7 и 8 находят значения невязок f_x и f_y (по осям абсцисс и ординат), по формулам:

$$f_x = \sum \Delta X,\ f_y = \sum \Delta Y$$

Невязки в приращениях координат обусловлены действием погрешностей измерения углов и сторон хода. Совместное влияние невязок приращений по осям координат характеризуется линейной невязкой в периметре:

$$f_s = \sqrt{fx^2 + fy^2}$$

Допустимую линейную невязку вычисляют по формуле относительной ошибки:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \le \frac{1}{500},$$

где $\sum D$ – сумма горизонтальных проложений длин сторон хода (периметр).

Периметр ($\sum D$) подсчитывают в графе 6 и выписывают внизу. После проверки допустимости относительной линейной невязки $\frac{1}{\sum D \div f_s}$ распределяют невязки приращений координат f_x и f_y.

Невязки f_x и f_y распределяют с обратным знаком в каждое приращение координат пропорционально длинам сторон, т.е. вычисляют поправки к приращениям координат по формулам:

$$\delta X_i = -\frac{f_x}{\sum D} * D_i,\ \delta Y_i = -\frac{f_y}{\sum D} * D_i$$

и подписывают их над приращениями в графах 7 и 8.

В графах 9 и 10 записывают исправленные значения приращений координат:

$$\Delta X_{\text{ИСПР}} = \Delta X_i + \delta X_i,\ \Delta Y_{\text{ИСПР}} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{\text{ИСПР}} = 0,\ \sum \Delta Y_{\text{ИСПР}} = 0.$

Далее, в графах 11 и 12 последовательно вычисляют координаты точек тахеометрического хода от координат начальной точки 1, используя исправленные приращения координат, по формулам:

$$X_{n+1} = X_n + \Delta X_{\text{ИСПР}},\ Y_{n+1} = Y_n + \Delta Y_{\text{ИСПР}},$$

где X_n, Y_n – координаты предыдущего пункта, X_{n+1} ,Y_{n+1} – координаты последующего пункта.

Контроль: вычисленные координаты начальной точки хода должны быть равны исходным (Таблица 4).

4. ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

Инструменты и принадлежности для выполнения работ: теодолит, одна вешка, одна рейка, полевой журнал для тахеометрической съемки, абрисы, два карандаша, тахеометрические таблицы.

Тахеометрическую съемку ситуации и рельефа местности выполняют с пунктов съемочного обоснования в масштабе 1:500. На каждой станции измеряют расстояние, горизонтальный и вертикальные углы до съемочных пикетов, т.е. определяют полярные координаты каждой снимаемой точки (съемочных пикетов).

Все записи результатов измерений ведут в журнале тахеометрической съемки (Таблица 5). В процессе съемки составляют абрис (рис. 4.1).

Особо важное значение при съемке имеет правильный выбор съемочных пикетов. При съемке ситуации рейку устанавливают на характерных точках контуров (углы зданий, изгибы дорог, рек, границы угодий, столбы электролиний и т.д.). При съемке рельефа рейку устанавливают на характерных точках и линиях рельефа местности (вершина холма, дно котловины, водораздел, тальвег, перегибы скатов, урезы воды).

Съемочные пикеты должны равномерно покрывать всю территорию съемки. Расстояние от точек съемочного обоснования до съемочных пикетов должно быть не более 80 м.

4.1. Работа на станции

Работу на станции выполняют в следующем порядке:

- теодолит центрируют над точкой с точностью до 1см с помощью отвеса и горизонтируют с помощью цилиндрического уровня горизонтального круга;

- определяют МО вертикального круга на каждой станции, значение МО записывают в журнал тахеометрической съемки (Таблица 5) для данной станции. Устанавливают визирную веху на следующую по ходу точку

съемочного обоснования. Направление на эту точку принимают за начальное (например: станция 1, направление на точку 2), ориентируют лимб по начальному направлению. Для этого, вращая алидадой, устанавливают отсчет на горизонтальном круге 0°00’. Затем алидаду закрепляют, открепляют лимб, наводят теодолит на выставленную веху (на пункте 2). Далее лимб закрепляют до конца съемки на этой станции, а алидаду открепляют. Съемка ведется только при положении зрительной трубы круг «лево» (КЛ);

- рейкой измеряют высоту инструмента до 0.01м, записывают ее значение в журнал и отмечают на рейке ярким шнурком (i = 1.30м);

- рейку устанавливают на съемочный пикет;

- наводят теодолит на рейку, измеряют нитяным дальномером расстояние до рейки и записывают в журнал (1);

- наводят центр сетки нитей на высоту инструмента (шнурок), берут отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам теодолита и записывают в журнал (2), (3). Если на рейке отметки высоты инструмента не видно, то наводят центр сетки нитей на верх рейки и записывают на этом пикете высоту визирования (v=3 м) в графу 8 таблицы 5.

4.2. Ведение журнала тахеометрической съемки

В журнале указывают номер станции, начальное направление, МО, высоту инструмента i в метрах, отметку точки H_0 съемочного обоснования в метрах. В соответствующие графы журнала записывают результаты полевых измерений (расстояний, отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам). Затем вычисляют углы наклона на съемочные пикеты по формуле:

$$v = КЛ – МО.$$

Находят горизонтальное проложение D и превышение h’ между точкой съемочного обоснования и съемочным пикетом по углу наклона и расстоянию из тахеометрических таблиц или по формулам, которые приведены в тахеометрических таблицах:

$$D = S * cos^2 v,$$

$$h' = D * \tan v$$

$$h = h' + i - v,$$

где D – горизонтальное проложение, S – измеренное нитяным дальномером расстояние, v – угол наклона, i – высота инструмента, v – высота визирования.

Знак превышения соответствует знаку угла наклона.

Отметку съемочного пикета вычисляют по формуле:

$$H = H_0 + h,$$

и записывают в графу 11 (Таблица 5).

Таблица 5

ЖУРНАЛ ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ

$$МО = \frac{КЛ + КП - 180°}{2}$$ (Т-30)

КЛ=354°35'

КП=185°23'

МО=- 0°1'

Точка стояния *1* H_0=230.0 *i*=1.30

Дата 13.07.17.

Начальное направление *2*

Исполнитель Петров *v*=КЛ-МО

№№ пикетов	Расстояния по дальномеру, м	Отсчеты по кругам /КЛ/		Углы наклона ° '	Горизонтальн. проложения, м	h', м	Высота визиров v, м	i-v	Превышение h=h'+i-v	Отметки пикетов H=H_0+h	Примечание
		Горизонтальн. ° '	Вертикальн. ° '								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		0°00									
1	38.0	23°00'	352°59'	-7°00'	37.44	-4.60	1.30	0	-4.60	225.40	рельеф, дорога
2	35.0	53°30'	355°06'	-4°53'	34.75	-2.97	1.30	0	-2.97	227.03	рельеф, дорога
3	56.0	81°00'	356°06'	-3°53'	55.74	-3.78	1.30	0	-3.78	226.22	дорога
4	86.1	100°00'	356°36'	-3°23'	85.80	-5.07	1.30	0	-5.07	224.93	дорога
5	52.3	112°41'	358°47'	-1°12'	52.28	-1.10	1.30	0	-1.10	228.90	рельеф,луг
6	72.0	116°02'	354°23'	-5°36'	71.31	-6.99	3.00	-1.70	-8.69	221.31	рельеф,луг
7	25.0	137°30'	352°34'	-7°25'	24.58	-3.20	1.30	0	-3.20	226.80	обрыв, 2м
8	46.5	141°00'	355°17'	-4°42'	46.19	-3.80	1.30	0	-3.80	226.20	обрыв, 2м
9	25.8	180°10'	349°39'	-10°20'	24.97	-4.55	1.30	0	-4.55	225.45	обрыв, 2м

Вычислил

Проверил

4.3.Составление абриса

Абрис – это схематический чертеж участка местности, снимаемого с данной станции. Абрис составляют на каждой станции одновременно с заполнением журнала тахеометрической съемки (рис. 4.1).

При заполнении абриса центр окружности принимают за станцию, с которой выполняют съемку, один из радиусов за начальное направление (0°), расстояния между окружностями принимают равными 10 м. Каждый съемочный пикет намечают на абрисе точкой, рядом надписывают его порядковый номер.

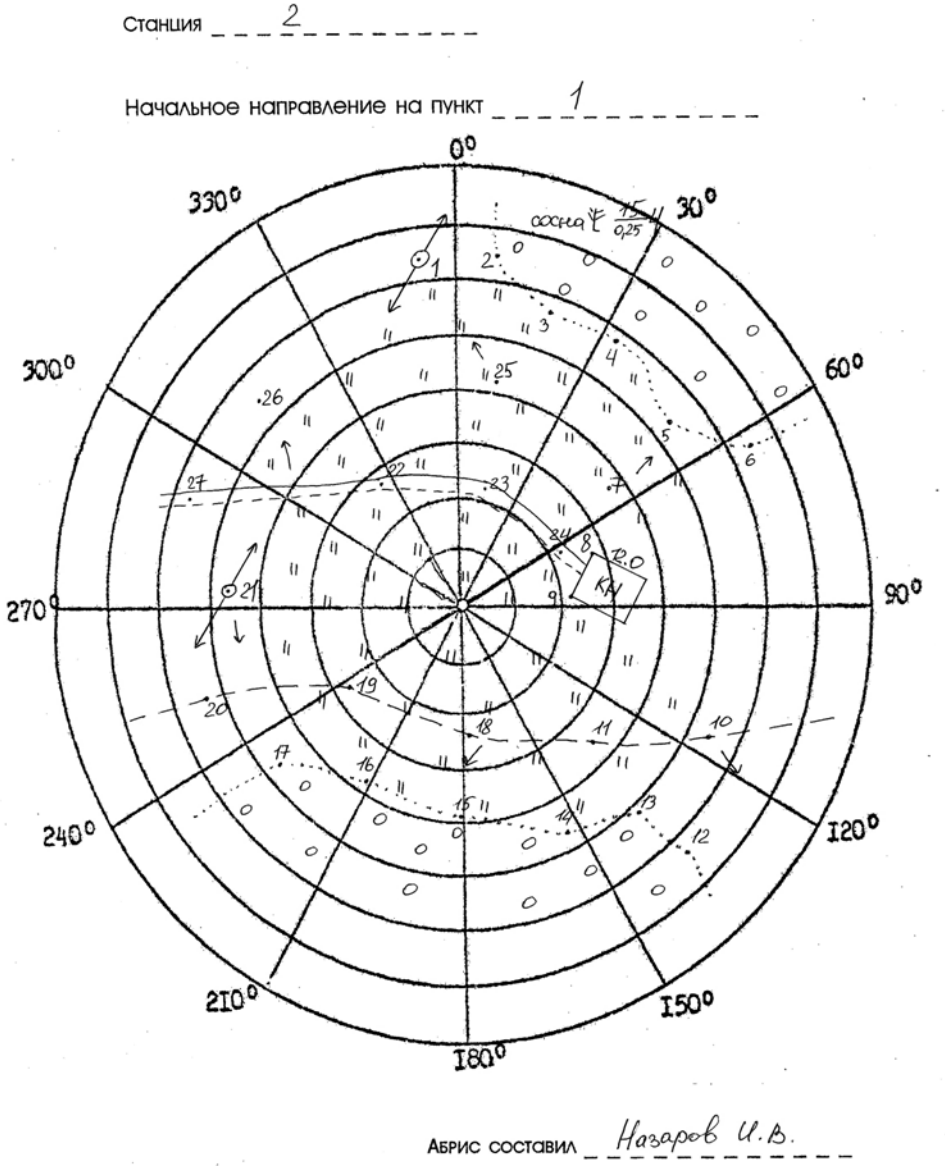


Рис. 4.1 Абрис тахеометрической съемки на п.1

При съемке следят за тем, чтобы нумерация съемочных пикетов на абрисе соответствовала нумерации этих же пикетов в журнале тахеометрической съемки. На абрис наносят все снятые контуры ситуации, сопровождая их пояснительными надписями и условными знаками. На абрисе стрелками показывают направление скатов.

Составление абрисов является ответственной частью тахеометрической съемки, т.к. он в дальнейшем используется для создания топографического плана. Его надо вести аккуратно, все записи делают четко, отточенным карандашом, прямолинейные контуры вычерчивать по линейке. Четкое ведение абриса способствует качественному составлению топографического плана. Абрис сдается вместе с журналом тахеометрической съемки.

Закончив съемку на станции, по абрису проверяют, все ли элементы ситуации и рельефы засняты, нет ли пропусков, достаточно взято ли съемочных пикетов. Съемочные пикеты должны быть расположены не реже, чем через 3 см в масштабе плана, т.е. через 15 м на местности (в масштабе 1:500), их количество зависит от сложности ситуации и сложности рельефа. Кроме того, проверяют, не сбилась ли во время съемки ориентировка теодолита. Для этого в конце съемки снова визируют зрительную трубу по начальному направлению и проверяют неизменность отсчета по лимбу. Допустимое отклонение должно быть не более 3′. Сделав такой контроль, переходят на следующую станцию.

5. СОСТАВЛЕНИЕ ТОПОГРАФИЧЕСКОГО ПЛАНА

При тахеометрической съемке топографический план создается камеральным путем. Размер рамки для планов масштаба 1:500 принят 50*50см. План составляют в масштабе 1:500 и оформляют в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500».

Составление плана выполняют в следующем порядке:

-вычерчивание координатной сетки;

-построение точек по координатам;

-нанесение ситуации и местности на план;

-оформление топографического плана.

5.1. Вычерчивание координатной сетки

Координатную сетку строят на листе чертежной бумаги А1, стороны сетки принимают равными 10*10см. Координатную сетку получают путем ее переноса со стандартных сеток, изготовленных на картографической пленке, через световой стол.

Правильность построения координатной сетки контролируют путем измерения циркулем-измерителем диагоналей всех квадратов сетки. Ошибки в длинах диагоналей не должно превышать 0.2 – 0.3 мм.

5.1.1. Построение пунктов съемочного обоснования по координатам

Для построения пунктов съемочного обоснования по координатам в масштабе 1:500 сетку координат оцифровывают через 50 м. За начало координат принимают юго-западный угол рамки. От него к северу надписывают абсциссы X, к востоку – ординаты Y. Координаты юго-западного угла плана выбирают так, чтобы тахеометрический ход разместился примерно в середине листа. Построение каждой точки съемочного обоснования производят с помощью циркуля-измерителя и

масштабной линейки. Вначале определяют, в каком квадрате сетки располагается данная точка. Затем значение абсциссы откладывают по обеим сторонам квадрата и соединяют тонкой прямой линией. На этой линии откладывают значение ординаты Y. Полученную точку обводят условным знаком (кружочком), рядом надписывают номер пункта планово-высотного хода и его отметку до 0.01 м (справа от пункта).

Построение пунктов съемочного обоснования обязательно контролируют. Для этого значение горизонтального проложения между двумя точками циркулем-измерителем откладывают на масштабной линейке и сравнивают с расстоянием между соответствующими точками на плане. Допустимое расхождение этих величин не должно быть более ±0.5 мм.

5.2. Нанесение ситуации и рельефа местности на план

Ситуацию наносят на план по данным журнала тахеометрической съемки и абрисов. Съемочные пикеты наносят на план по горизонтальному углу и горизонтальному проложению. Горизонтальные углы откладывают при помощи кругового транспортира от начального направления, а горизонтальные проложения – циркулем-измерителем по линейке. Справа от полученной точки подписывают отметку съемочного пикета до 0.1 м, слева – ее номер. Руководствуясь абрисом и подписями, сделанными в примечаниях тахеометрического журнала, рисуют условными знаками элементы ситуации. Виды угодий пока обозначают надписями. По отметкам точек проводят горизонтали с сечением рельефа через 1 м. Интерполирование горизонталей выполняют по тем направлениям, которые указаны в абрисе.

Окончив составление ситуации и рельефа на станции, приступают к нанесению съемочных пикетов следующей станции.

Составленный план представляют на просмотр преподавателю. После просмотра и проверки по указанию преподавателя план оформляют.

5.3.Оформление топографического плана

Порядок оформления следующий:

1) Пункты опорной геодезической сети, пункты съемочной сети, характерные высотные точки, ориентиры и местные предметы.

2) Гидрографическая сеть, урезы воды, подписи, относящиеся к гидрографии.

3) Населенные пункты.

4) Элементы линейной протяженности (границы контуров, дорожная сеть, электролинии, телефонные линии и др.)

5) Рельеф. При этом выделяют утолщенные горизонтали, расставляют бергштрихи, размещают надписи горизонталей, кратные 5 м, вычерчивают формы рельефа, не выражающиеся горизонталями (обрывы, ямы, скалы и др.).

6) Почвенно-растительный покров (виды угодий, которые ранее подписывались, теперь вычерчивают условными знаками).

7) Рамка и зарамочное оформление.

Во избежание пропусков после оформления план тщательно корректируют. Без разрешения преподавателя не следует стирать с плана съемочные пикеты. Все оформление выполняется в соответствии с «Условными знаками для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500».

Перечень сдаваемых материалов: журнал тахеометрической съемки, абрисы для каждой станции, топографический план.

6. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ПО ОСИ ТРАССЫ

Назначение нивелирования по оси трассы - определение отметок точек местности и построение профиля оси будущего инженерного сооружения.

Работы по нивелированию трассы состоят из следующих этапов:

-рекогносцировка трассы;

-разбивка пикетажа и поперечных профилей;

-нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям;

-камеральная обработка результатов нивелирования;

-построение профиля;

-проектирование по профилю.

Инструменты и принадлежности для выполнения работы: нивелир Н-3 со штативом, две рейки, мерная лента, шпильки, колья или штыри для закрепления пикетов, молоток, нивелирный журнал, пикетажный журнал, карандаши.

6.1. Рекогносцировка трассы

Трассу выбирают с учетом следующих условий: число поворотов трассы должно быть минимальным, стороны трассы должны проходить на местности по возможности с малыми углами наклона.

В процессе рекогносцировки закрепляют вершины углов поворота (ВУ).

6.2.Разбивка пикетажа по трассе и поперечных профилей

Стороны трассы измеряют стальной лентой (шпагатом), отмечая на трассе штырями или колышками пикеты – точки, отстоящие одна от другой на 100м. Для трасс, проходящих по участкам со сложным рельефом, пикеты могут разбиваться через 50м.

Количество пикетов на бригаду – 12, количество поперечников – 2.

Если угол наклона местности больше 2°, то расстояние между пикетами увеличивают на величину поправки за наклон. Около каждого пикета забивают сторожок – кол или штырь с табличкой, на котором пишут номер пикета и номер бригады.

Расстояние до плюсовых точек, намечаемых на перегибах местности и пересечении трассы с дорогами и ЛЭП, измеряют от младшего пикета и

отмечают сторожками, например ПК 5 + 65.0 (рис. 6.1).

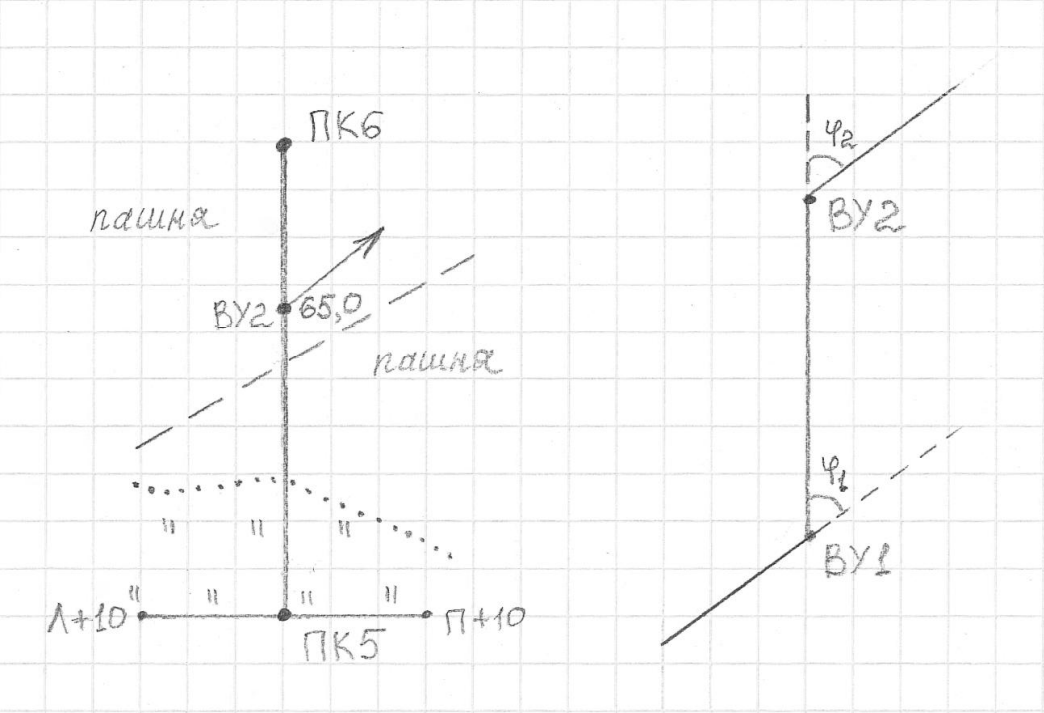


Рис. 6.1 Пикетажный журнал

Разбивают поперечные профили. Для этого перпендикулярно к оси трассы измеряют расстояние от оси трассы влево и вправо до точек перегиба местности. Концы поперечного профиля и точки перегиба отмечают сторожками, на которых надписывают расстояния от оси трассы с добавлением буквы Л (влево) или П (вправо) от оси трассы, например, Л+10.0 или П+5.0. Началом поперечного профиля может быть пикет или плюсовая точка. Его длину принимают по указанию преподавателя (10-20м).

В процессе разбивки пикетажа ведут пикетажный журнал (рис. 6.1), в котором в масштабе 1:1000 показывают ось трассы, пикеты, плюсовые точки, поперечные профили, углы поворота, направление поворота трассы (стрелкой), на глаз зарисовывают контуры местности в полосе шириной по 20м в обе стороны от оси трассы.

6.3. Нивелирование по оси трассы и по поперечным профилям

После выполнения поверок нивелира, результаты которых записывают на первой странице журнала, приступают к нивелированию по пикетажу.

Нивелирование выполняют способом «из середины». Нивелирный ход привязывают к ближайшему реперу. На каждой станции хода две нивелирные точки являются связующими, с их помощью передают высоты по ходу. Остальные точки называются промежуточными. Как правило, связующими точками являются пикеты. Если превышение между пикетами больше длины рейки, то для передачи высот используют дополнительные связующие точки, называемые «икс» точками. «Икс» точки закрепляют колышками или штырями. Между смежными пикетами может быть несколько точек «икс», в зависимости от рельефа. В качестве «икс» точек можно использовать плюсовые точки. Примеры выбора станции и связующих точек показаны на рис. 6.2.

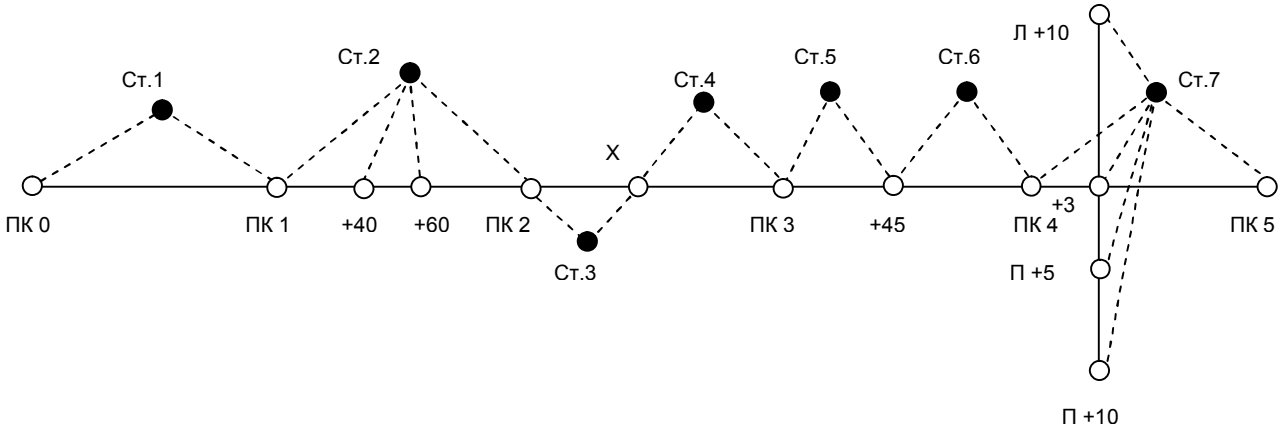


Рис. 1.12 Выбор станций при нивелировании трассы

6.4. Работа на станции при нивелировании

Все записи при нивелировании ведут в полевом журнале карандашом. Работу на станции производят в следующем порядке. Нивелир устанавливают примерно на равном расстоянии от связующих точек. Равенство расстояний определяют на глаз. На связующих точках на колышках устанавливают рейки.

Нивелир горизонтируют с помощью круглого уровня. Наводят трубу нивелира на заднюю рейку, совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по черной стороне рейки (1). Порядок записей и вычислений показан в таблице 6. Поворачивают

рейку, проверяют точность совмещения концов пузырька цилиндрического уровня и берут отсчет по красной стороне (2). Затем нивелир наводят на переднюю рейку, обязательно совмещают элевационным винтом концы пузырька цилиндрического уровня и снова берут отсчеты по черной и по красной сторонам рейки (3), (4).

При нивелировании все отсчеты и превышения записывают в миллиметрах.

Если отсчет по рейке больше 1м, то рейку необходимо слегка покачивать вперед и назад. При этом в нивелир наблюдают и берут наименьший отсчет. Тут же на станции вычисляют превышения h по черной (5) и красной (6) сторонам реек по формуле:

$$h = З - П,$$

где З – отчет по задней рейке; П – отсчет по передней рейке.

Эти превышения не должны отличаться более чем на 5мм. При большем расхождении нивелирование связующих точек повторяют, несколько изменив высоту инструмента.

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Таблица 6

Прямой ход

Дата 27.07.02

Исполнитель *Орлов*

№№ станции	Номер пикетов и промежут. точек	Отсчет по рейке			Превышения		Среднее превышение		Горизонт инструмента	Отметки точек	Номера пикетов и пром. Точек	Примечания
		задний	передний	промежут.	+	-	+	-				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0-1	1861(1)	1363(3)		498(5)							
		6646(2)	6146(4)		500(6)		+2 499(7)			127.115	0	
2	1-2	0430(1)	0656(3)			226(5)			128.046	127.616	1	
		5218(2)	5440(4)			222(6)		+2 224(7)				
	1+40.0			2530(8)						125.516	1+40.0	
	1+60.0			2340(9)						125.706	1+60.0	
3	2-x	2830	420		2410					127.394	2	
		7615	5202		2413		+2 2412					
4	x-3	2131	720		1411							
		6915	5509		1406		+2 1408					
5	3-3+45.0	2752	151		2601					131.218	3	
		7535	4942		2593		+1 2597			133.816	3+45.0	
∑		43933	30549		13832	448	6916	224				
		+13384			+13384		+6692					
					+6692							

Вычислил *Петров*

Проверил *Иванов*

Если разность превышений, вычисленных на станции, не превосходит допуск, то вычисляют среднее превышение (7) до целых мм и записывают в графе 8 или 9.

Одновременно с нивелированием связующих точек нивелируют плюсовые точки и точки поперечного профиля. Для этого после вычисления среднего превышения на станции рейку с задней связующей точками и точки поперечного профиля, устанавливают ее на землю у сторожков нулем вниз, берут по одному отсчету только по черной стороне рейки и записывают отсчет в графу 5 (8), (9).

После этого задний реечник переходит на следующую связующую точку, а передний остается на предыдущей связующей точке, наблюдатель переходит и выбирает следующую станцию. Если в районе трассы есть только один репер, к которому будет привязываться трасса, то для контроля нивелирования студенты на практике прокладывают обратный нивелирный ход, начиная нивелирование с последнего пикета. В обратном ходе нивелируют только связующие точки. Если есть возможность привязать последний пикет к реперу, то обратный ход не прокладывают.

Все записи в журнале должны быть выполнены аккуратно, без подчисток и исправлений. Неправильные записи зачеркивают, а в примечаниях пишут причину зачеркивания.

В полевом журнале дают схему привязки (рис. 6.3) и делают полевую привязку. Для этого выполняют нивелирование от репера до ПКО в прямом и обратном направлениях, вычисляют среднее превышение h ср.

Решают привязку, т.е. вычисляют отметку ПКО ($H_{пко}$) по формуле:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{пр}} + h_{\text{обр}}}{2}$$

если привязка сделана по схеме (а).

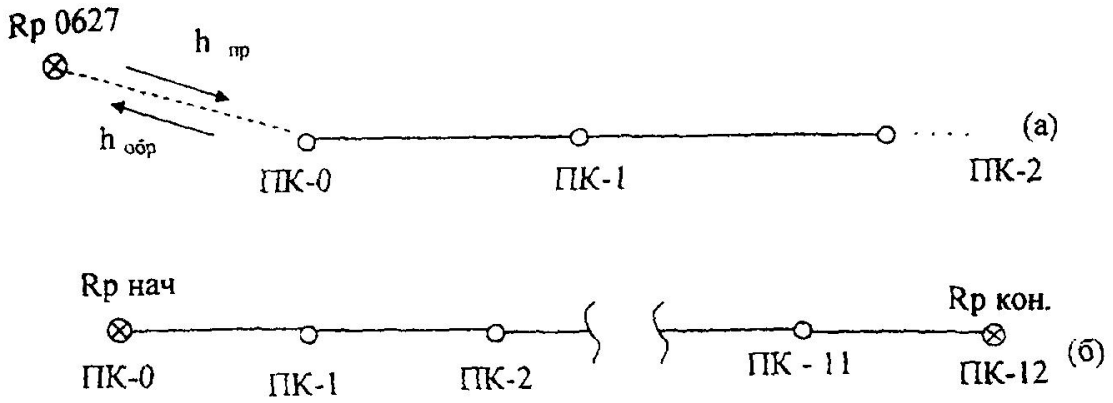


Рис. 6.3 Схемы привязки нивелирного хода: (*а*) – висячий ход, (*б*) – разомкнутый ход

6.5. Камеральная обработка результатов нивелирования

Камеральную обработку производят в таком порядке:

-обработка нивелирного журнала;

-построение профиля;

-проектирование по профилю.

6.5.1. Обработка нивелирного журнала

Для проверки правильности записей и вычислений в журнале производят постраничный контроль по формуле:

$$\sum З - \sum П = \sum h.$$

Для этого на каждой странице журнала находят: суммы отсчетов ∑3, ∑4 по графам 3, 4; суммы превышений ∑6, ∑7, ∑8, ∑9 по графам 6, 7, 8, 9 (Таблица 6). Вычисляют величины:

$$\sum 3 - \sum 4;\ \sum 6 + \sum 7;\ \sum 8 + \sum 9.$$

Соблюдение равенств:

$$\sum 3 - \sum 4 = \sum 6 + \sum 7;\ \frac{\sum 6 + \sum 7}{2} = \sum 8 + \sum 9,$$

показывает, что вычисления на данной странице сделаны верно. Аналогично производят контроль и на следующих страницах журнала. Суммируя величины (∑8+∑9) отдельно по прямому и обратным ходам,

получают суммарное превышения $\sum h_{прям}$ – прямого и $\sum h_{обр}$ обратного ходов. Сумма величин $\sum h$ прямого и обратных ходов дает невязку f_h:

$$f_h = \sum h_{прям} + \sum h_{обр}.$$

Если ход пройден точками с известными отметками $H_{НАЧ}$ и $H_{КОН}$ (Рис. 6.3(б)), невязку вычисляют по формуле:

$$f_h = \sum h_{ср} - (H_{КОН} - H_{НАЧ}).$$

Допустимое значение невязки вычисляют по формуле:

$$f_{h\,доп} = \pm\sqrt{L(км)}\ мм,$$

где L – длина хода (в километрах) от начального до конечного пикета. Вычисляют невязку в полевом журнале, на чистой странице.

Если полученная невязка больше допустимой, то нивелирный ход переделывают. Если полученная невязка допустима, то в случае (а) половину ее распределяют с обратным знаком поровну в превышения прямого хода, округляя при этом поправки до целых километров. Во втором случае (б), вся невязка распределяется поровну с обратным знаком на превышения между связующими точками. Поправки в превышениях δ_h вычисляют по формуле:

$$\delta_h = -\frac{f_h}{n}$$

где n – число превышений.

Записывают поправки над средними превышениями в полевом журнале. Исправленные превышения определяют по формуле:

$$h_1 = h_{ср} + \delta_{h1}.$$

Из привязки хода к реперу вычисляют отметку нулевого пикета $H_{ПКО}$ (в нашем примере $H_{ПКО}$ = 127,115 м). Записывают ее в графе (II) напротив нулевого пикета(0).

Зная эту отметку и исправленные превышения, последовательно вычисляют отметки связующих точек по всему ходу:

$$H_1 = H_0 + h_1,\ H_2 = H_1 + h_2\ \ldots$$

Получив отметку последнего пикета $H_К$, проверяют правильность вычислений по формуле:

$$H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - \frac{f_h}{2} \text{ (а) или } H_{КОН} - H_{НАЧ} = \sum h - f_h \text{(б).}$$

Вычисления в журнале заканчивают нахождением отметок промежуточных точек. Их вычисляют через горизонт инструмента ГИ. Горизонтом инструмента называют отметку визирного луча нивелира на данной станции. ГИ вычисляют по формуле:

$$ГИ = H + a,$$

где Н – отметка связующей точки на данной станции; а – отсчет по черной стороне рейки на этой точке.

Пример: Для станции 2 в таблице 6:

$$ГИ = H_1 + a_1,$$

$H_{ПК1}$ = 127.616 м, a_1 = 0430 мм – отсчет на ПК1,

ГИ = 128.046 м (записывают в графу 10 напротив станции 2).

Отметки промежуточных точек $H_{ПРОМ}$ находят вычитанием промежуточных отсчетов по рейке «с» из горизонта инструмента:

$$H_{ПРОМ} = ГИ - c$$

На этой же станции находим:

$$H_{ПК1+40.0} = 128.046 - 2.530 = 125.516м,$$

$$H_{ПК1+60.0} = 128.046 - 2.340 = 125.706м.$$

6.5.2. Построение профиля трассы

По вычисленным отметкам пикетов, плюсовых точек и точек поперечного профиля на координатной бумаге строят продольный и поперечный профили местности по трассе. Масштабы построения:

- для продольного профиля: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200;

- для поперечного профиля: горизонтальный 1: 200, вертикальный 1:200.

Последовательность построения профиля приведена ниже.

Первоначально вычерчивают сетку профиля. Название граф и размеры

в миллиметрах показаны на рис. 6.4.

В графе «Расстояния» отмечают положения пикетов и плюсовых точек, выписывают расстояния между плюсовыми точками и пикетами. «Икс» точки не строят. Ниже этой графы выписывают номера пикетов.

Пользуясь пикетажным журналом, заполняют графу «План трассы», в которой показывают:

а) ось в виде прямой линии красного цвета;

б) ситуацию (по результатам съемки полосы местности) соответствующими условными знаками.

В графу «Фактические отметки» выписывают из журнала нивелирования отметки всех пикетов и плюсовых точек с округлением до 0.01 м.

Выбирают и надписывают отметку условного горизонта, которая должна быт на 5-8 метров меньше самой низкой отметки по трассе.

В системе прямоугольных координат, где линия условного горизонта – ось расстояний, а вертикальная линия, проходящая через нулевой пикет – ось отметок, строят положение всех пикетов и плюсовых точек.

Полученные точки соединяют прямыми линиями и получают продольный профиль местности по оси трассы. Все построения выполняют карандашом.

Над точками продольного профиля, которые служили началом поперечных профилей, строят сетки поперечных профилей (рис. 6.4).

Заполняют графы «Расстояния» и «Фактические отметки» так же, как это делалось при построении продольного профили. Под сеткой надписывают пикетажные обозначения точек поперечного профиля.

Выбрав условный горизонт, строят положение точек поперечного профиля. Соединив полученные точки, получают поперечный профиль местности.

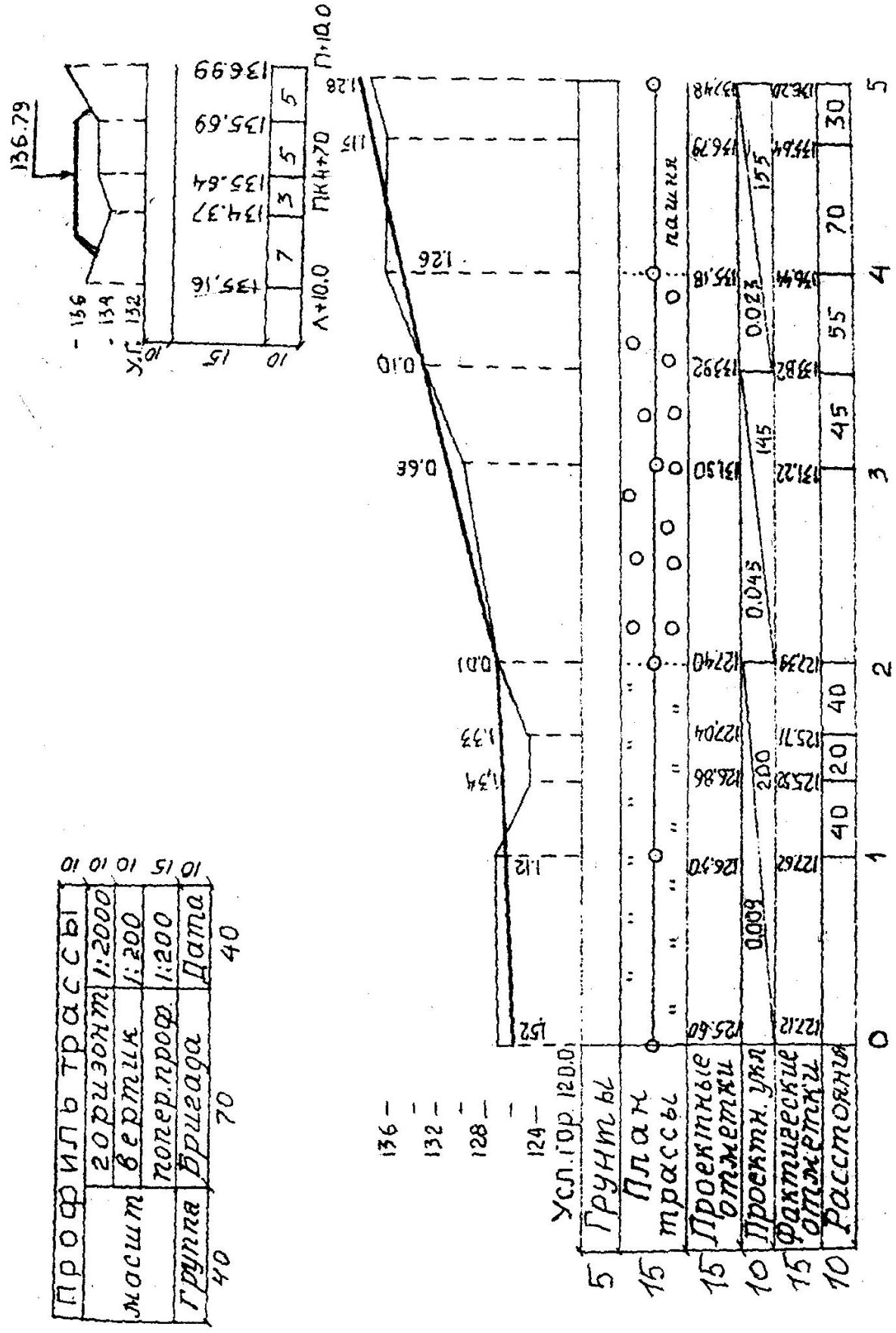


Рис. 6.4 Профиль трассы

Профиль местности – графический документ, позволяющий решать ряд

инженерных задач.

6.5.3. Проектирование по профилю

На практике по продольному профилю студенты проводят проектную линию, которая будет являться профилем оси будущего инженерного сооружения (дороги, канала и т.д.). Проектную линию намечают графически с учетом следующих требований:

- уклоны участков проектной линии не должны превышать допустимых значений (предельный уклон задается преподавателем);

- объем земляных работ должны быть минимальным;

- объемы насыпей и выемок должны быть примерно одинаковы, т.е. на профиле должно соблюдаться примерное равенство площадей насыпей и выемок;

- шаг проектирования принимают от 100 до 600 м;

- измерение уклона проектной линии можно производить на пикетах или плюсовых точках.

Проектная отметка ПКО задается преподавателям или принимается равной фактической отметке этого пикета.

На рис. 6.4 проектная отметка ПКО H_0=125.60 м. участков проектной линии с разными уклонами намечено три: длиной 200, 145 и 155 м; измерение уклона проектной линии предусмотрено в двух точках: на ПК2 и на плюсовой точке ПК3+45.0 расчет и вычерчивание проектной линии производится в следующем порядке:

По профилю определяют приближенно (с точностью 0.1 мм в вертикальном масштабе профиля) проектные отметки точек перелома и конца проектной линии:

$$H_2 = 127.4\text{м};\ H_{3+45.0} = 133.8\text{м};\ H_5 = 137.4\text{м}.$$

Вычисляют превышения по участкам проектной линии:

$$h_1 = H_2 - H_0 = +1.8\text{м};$$

$$h_2 = H_{3\text{-}45.0} - H_2 = +6.4м$$

$$h_3 = H_5 - H_{3+45.0} = +3.6м.$$

вычисляют уклоны i – отношения превышений h к горизонтальным проложениям участков проектной линии d:

$$i = \frac{h}{d}.$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0.009;$$

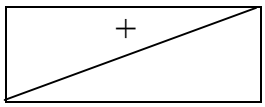
$$i_2 = \frac{6{,}4}{145} = +0.045;$$

$$i_3 = \frac{3{,}6}{155} = +0.023.$$

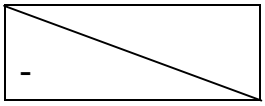
Полученные уклоны округляют до 0.001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

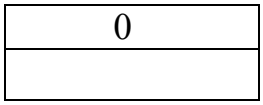
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (а), спуском (б) или горизонтальные (с) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(а)



(б)



(с)

По значениям округленных уклонов вычисляют и выписывают в соответствующую графу продольного профиля проектные отметки концов участков проектной линии по формуле:

$$H_{n\text{-}1} = H_n + i * d.$$

Для нашего примера:

$$H_2 = 125.60 + 0.009 * 200 = 125.60 + 1.80 = 127.40м$$

$$H_{3\text{-}45} = 127.40 + 0.45 * 145 = 127.40 + 6.52 = 133.92м$$

$$H_5 = 133.92 + 0.023 * 155 = 133.92 + 3.56 = 137.46м$$

На профиле уточняют по вычисленным отметкам положение точек перелома и конца проектной линии, соединяют полученные отрезки линиями и получают проектный профиль оси будущего инженерного сооружения.

Вычисляют и выписывают проектные отметки всех остальных пикетов и плюсовых точек трассы по той же формуле (здесь «*d*» - это расстояние между пикетами, или расстояние от пикета до плюсовой точки). $H_1 = H_0 + i*100 = 126.50$м, $H_{1\text{-}40} = H_1 + i * 40 = 126.86$ м. Контролем вычислений служат выписанные проектные отметки конца участков проектной линии.

Вычисляют рабочие отметки как разности проектных и фактических отметок соответствующих точек профиля. Рабочие отметки выписывают около проектной линии: положительные (высота насыпи) – выше, а отрицательные (глубина выемки) – ниже проектной линии.

В заключении по вычисленной отметке точки оси поперечного профиля наносят положение проектной линии на поперечном профиле. Над проектной линией выписывают ее отметку. Проектную линию наносят горизонтально, по 10м влево и вправо от оси трассы. Показывают кюветы (если линия идет в выемке) и откосы (если линия идет по насыпи). Уклон откосов и бортов канав 45°, ширина дна кювета – 0.6 м. Над продольным профилем вычерчивают штамп.

Перечень сдаваемых материалов: отчет по нивелированию (раздел в общем отчете по практике), пикетажный журнал, журнал нивелирования, профиль местности по оси трассы.

7. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

На геодезической практике студенты выполняют следующие инженерно-геодезические задачи:

- вынос в натуру точки с заданными координатами;
- вынос на местность точки с заданной отметкой;
- вынос в натуру линии с заданным уклоном.

Проектные данные для выполнения этих задач (отметки, длины линий, уклон, координаты) задает преподаватель.

Подготовительные работы для решения инженерно-геодезических задач выполняются по топографическому плану масштаба 1:500, составленному студентами по результатам тахеометрической съемки.

Вынос проекта в натуру (геодезические разбивочные работы) осуществляются от имеющихся на участке пунктов геодезической сети с использованием следующих геодезических приборов: теодолита Т-30, нивелира Н-3 или Н-10, мерной ленты, рулетки.

7.1. Элементы геодезических разбивочных работ

Разбивочные работы можно представить как совокупность отдельных простых операций. Рассмотрим основные из них.

7.1.1. Вынос в натуру проектного горизонтального угла

Над вершиной угла О устанавливают теодолит и ориентируют его лимб вдоль заданного направления ОА. Вращением алидады откладывают проектный угол β и по направлению визирной оси трубы забивают колышек C_1. Для исключения влияния коллимационной ошибки проводят трубу через зенит и откладывают величину угла β при другом положении вертикального круга, забивают колышек в точке C_2. Расстояние C_1-C_2 делят пополам, полученный угол АОС и будет проектным углом. После построения проектного угла производят контрольные измерения этого угла.

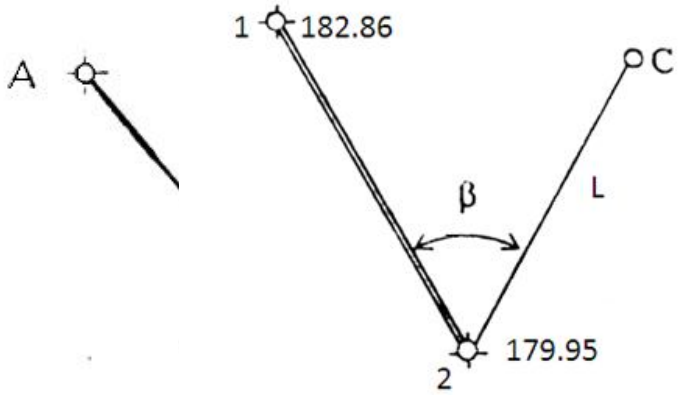


Рис 7.1 Построение на местности проектного горизонтального угла

7.1.2. Вынос в натуру проектного расстояния

Для выноса проектного расстояния по заданному направлению мерной лентой откладывают наклонную длину, конец линии закрепляют колышком. Для контроля длину линии измеряют второй раз – обратно. Наклонное проектное расстояние находят по формуле:

$$L = \sqrt{D^2 + h^2},$$

где D – горизонтальное проложение линии, м; h – превышение между точками концами линии, м.

D и h определяют по топографическому плану.

7.2. Вынос в натуру точки с заданными координатами (полярным способом)

На топографическом плане запроектирована буровая скважина (С), которую необходимо вынести в натуру от ближайших пунктов геодезической сети (в примере пункты 1 и 2 на рис. 7.2).

Рис. 7.2 Схема выноса в натуру запроектированной точки

Прямоугольные координаты и отметки пунктов геодезической сети 1 и 2 выписывают из ведомостей вычисления координат и высот точек съемочного обоснования, а координаты и отметку точки С студенты определяют графически с топографического плана (таблица 7).

Таблица 7

Исходные данные

	X	У	H
1	3833.62	2950.42	182.86
2	3771.20	2838.80	179.95
C	3764.42	2858.20	184.50

Для переноса запроектированной точки в натуру применим способ полярных координат.

Вначале выполняют геодезическую подготовку проекта. Для этого необходимо вычислить разбивочные элементы, т.е. полярный угол β и полярное расстояние L по формулам:

$$\beta = \alpha_{2\text{-}C} - \alpha_{2\text{-}1},$$

$$r(\alpha_{2-C}) = arctg\frac{Y_C - Y_2}{X_C - X_2},$$

$$r(\alpha_{2-1}) = arctg\frac{Y_1 - Y_2}{X1 - X_2},$$

$$L = \sqrt{D^2 + h^2}\ ,\ D_{2-C} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}\ ,\ h = H_C - H_2,$$

где X_1, X_2, Y_1, Y_2 – прямоугольные координаты исходных пунктов; X_C, Y_C – прямоугольные координаты запроектированной точки С; H_2, H_C – отметки точек 2 и С; $D_{2\text{-}C}$ – горизонтальное проложение линии 2 – С; L – наклонное проектное расстояние от пункта 2 до точки С; $\alpha_{2\text{-}C}$, $\alpha_{2\text{-}1}$ – дирекционные углы линий 2-С и 2-1.

В нашем примере:

$$r(\alpha_{2-1}) = arctg\frac{2950.42 - 2838.80}{3833.62 - 3771.20} = arctg\frac{+111.62}{+62.42} = 1.78821(1 - \textit{ячетверть}),$$

$$r(\alpha_{2-1}) = \alpha_{2-1} = 60°47'07'',$$

$$r(\alpha_{2-C}) = arctg\frac{2858.20 - 2838.80}{3764.42 - 3771.20} = arctg\frac{+19.40}{-6.78} = 2.86136(2 - \textit{ячетверть}),$$

$$r_{2-C} = 70°44'10'',$$

$$\alpha_{2-C} = 180° - 70°44'10'' = 109°15'50'',$$

$$\beta = 109°15'50'' - 60°47'07'' = 48°28'43'',$$

$$D_{2-C} = \sqrt{19.40^2 + 6.78^2} = 20.55\textit{м},$$

$$h = 184.50\textit{м} - 179.95\textit{м} = 4.55\ \textit{м},$$

$$L = \sqrt{20.55^2 + 4.55^2} = 21.05\textit{м}.$$

Затем составляют разбивочный чертеж в масштабе топографического плана, на котором запроектирован объект (рис. 7.3).

На разбивочный чертеж наносят: пункты геодезической сети (1, 2); величины углов и линий, которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектированной точки.

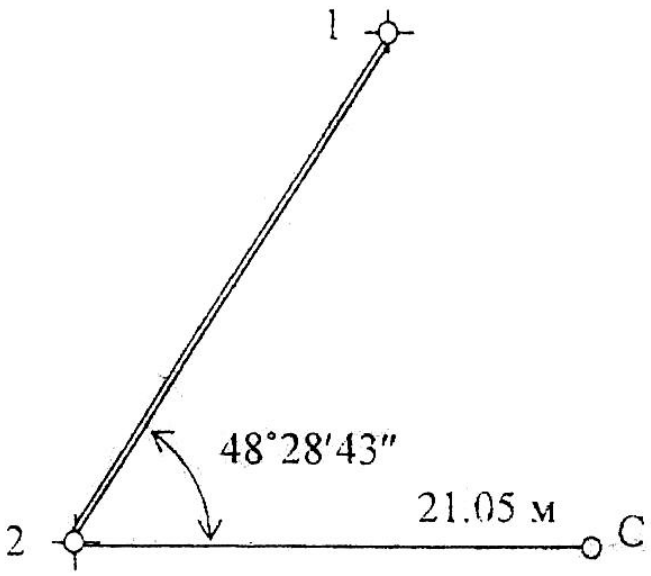


Рис. 7.3 Разбивочный чертеж

На местности в точке 2 устанавливают теодолит и способами изложенными выше (7.1.1, 7.1.2), отмеряют величины, указанные на разбивочном чертеже. Для контроля можно вычислить полярные координаты точки С от пункта 1.

7.3. Вынос в натуру точки с заданной отметкой

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0=49.347м необходимо вынести на местность точку В с проектной отметкой $H_{пр}$=48.000м. Сначала точку В выносят и закрепляют на местности в соответствии с ее плановым положением.

Для выноса проектной отметки в точке В между исходной точкой А и проектной точкой В устанавливают нивелир (рис. 1.18).

Установив рейку на т. А, берут по ней отсчет «а» (пусть а = 0.572м).

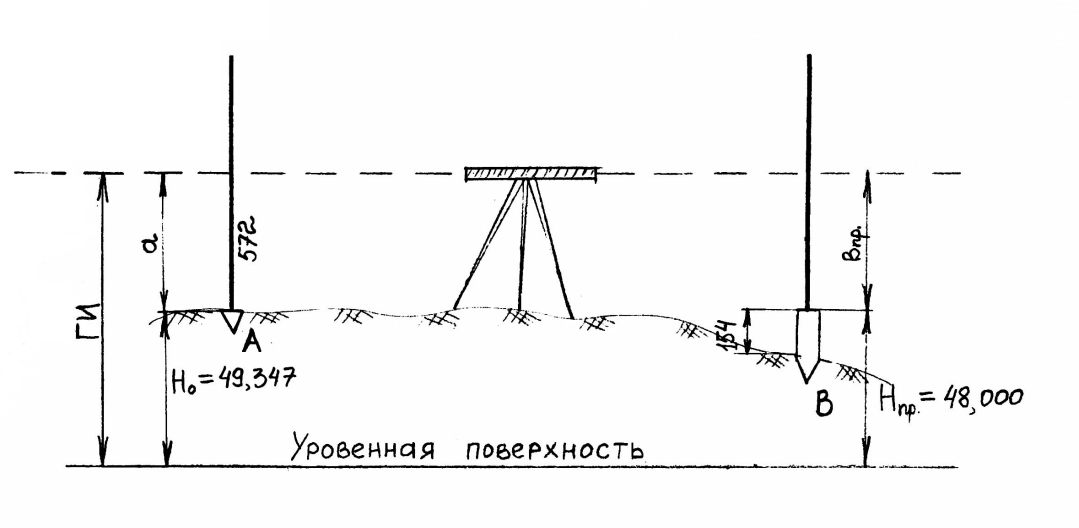


Рис. 7.4 Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + a = 49.347 + 0.572 = 49.946м.$$

Вычисляют проектный отсчет по рейке $в_{пр}$, соответствующий проектной отметке точки В.

$$в_{пр} = ГИ - H_{пр} = 49.946 \text{ м} - 48.000 \text{ м} = 1946мм.$$

Затем, наблюдая в трубу нивелира по рейке установленной в точке В, забивают колышек на такую глубину, чтобы отсчет по рейке, установленной пятой на колышке, был равен вычисленному значению «в пр» = 1946мм.

Допустим, отсчет по рейке в т. В равен 2100мм, тогда 2100 – 1946 = 154 мм, это величина, на которую надо приподнять колышек, чтобы получить проектную отметку, соответствующую верху колышка.

7.4. Вынос в натуру линии с проектным уклоном

От пункта геодезической сети А с отметкой H_0= 50.20м (рис 7.5(а)) требуется разбить линию длиннойD= 30 м с уклоном i= 0.040.

Проектное направление линии выносят на местность, закрепляют точками, расположенными через 10 м (1, 2, В).

Вычисляют проектные отметки точек 1, 2, В по формуле:

$$H_{пр} = H_0 + i * d,$$

где $H_{пр}$ – проектная отметка точки, закрепленной на линии АВ; i –

проектный уклон; *d* - расстояние от исходной точки А до определенной точки.

$$H_{пр1} = 50.20+0.040*10= 50.20 + 0.04= 50.24м.$$

$$H_{пр2} = 50.20 + 0.040*20 = 50.20+0.08= 50.28м.$$

$$H_{прВ} = 50.20 + 0.040*30= 50.20+0.12= 50.32м.$$

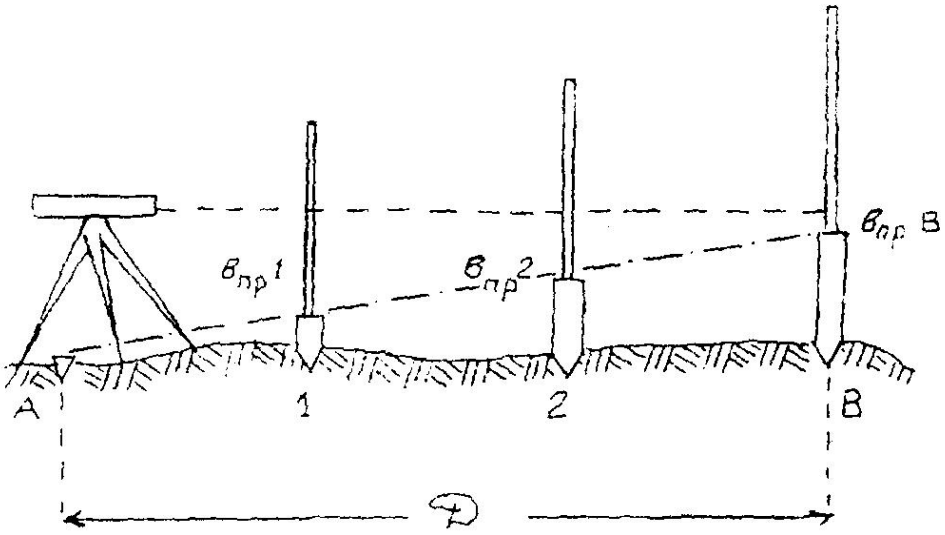


Рис. 7.5 *(а)*. Построение заданного уклона

Вычисленные проектные отметки точек 1, 2, В выносят в натуру изложенным выше способом. На рис. 7.5 (*а*) $в_{пр}1$, $в_{пр}2$, $в_{пр}В$ – проектные отсчеты по рейке в точках 1, 2, В.

При другом способе разбивки проектного уклона подъемными винтами нивелира наклоняют трубу нивелира до тех пор, пока отсчет по рейке на вынесенной проектной точке В не станет равен высоте инструмента. В результате линия визирования будет параллельна линии заданного уклона. Промежуточные точки линии определяют установкой рейки в точках 1 и 2 и получением на них того же отсчета, что и на точке В (рис. 7.5 (*б*)).

Материалы, прилагаемые к отчету в главе «Инженерно-геодезические задачи».

В отчете по геодезической практике в главе «Инженерно-геодезические задачи» дается описание решения задачи, все вычисления по определению разбивочных элементов и разбивочные чертежи с указанием углов и длин,

которые необходимо отложить на местности от исходных пунктов до проектных точек; на топографическом плане бригады указывают проектные точки.

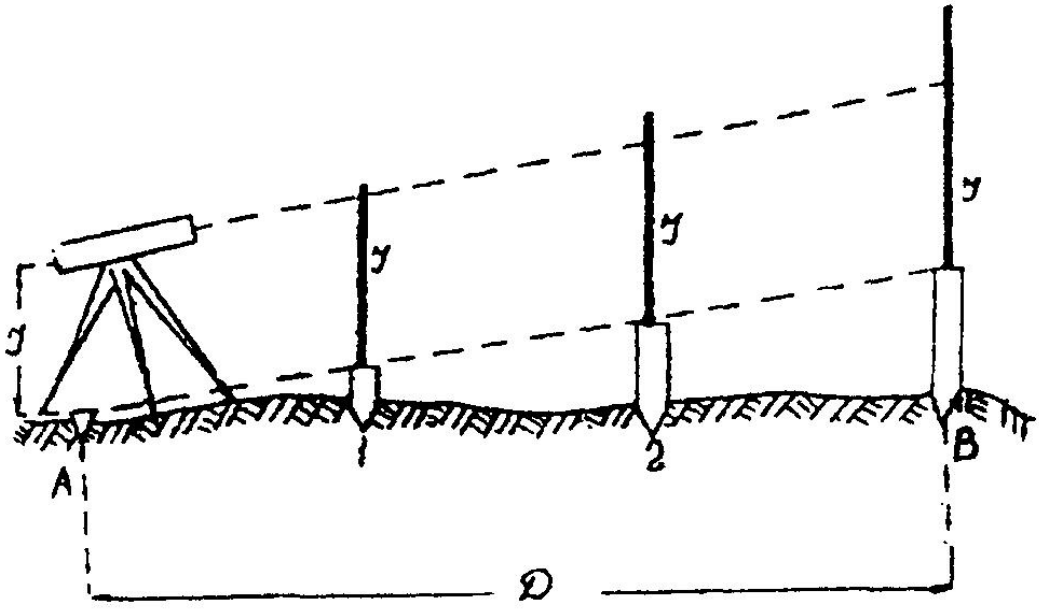


Рис. 7.5(*б*) Построение заданного уклона

8. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ПРАКТИКЕ

По итогам геодезической практики студенты пишут бригадный отчет. Отчет оформляется на листах А-4. В отчете отражаются следующие вопросы:

- описание участка работ: местоположения, рельеф, растительность, гидрография, дорожная сеть, наличие населенных пунктов, промышленных предприятий и т.п.;

- виды геодезических работ, поверки приборов, камеральная обработка результатов полевых измерений, результаты и допуски;

- виды работ, выполненные отдельными студентами.

Содержание отчета:

1. Общие сведения
2. Физико-географическая характеристика района работ
3. Рекогносцировка местности и закладка центров
4. Поверки теодолита
5. Измерение горизонтальных и вертикальных углов и измерение расстояний
6. Вычисление координат и отметок съемочного обоснования
7. Тахеометрическая съемка
8. Поверки нивелира
9. Геометрическое нивелирование
10. Инженерно-техническое нивелирование по оси трассы
11. Решение инженерно-геодезических задач
12. Вычерчивание топографического плана

К отчету прилагаются:

1. Схема съемочного обоснования и привязки в произвольном масштабе (на схему выписывают средние значения измеренных углов и длин)

2. Журналы измерения углов и длин сторон

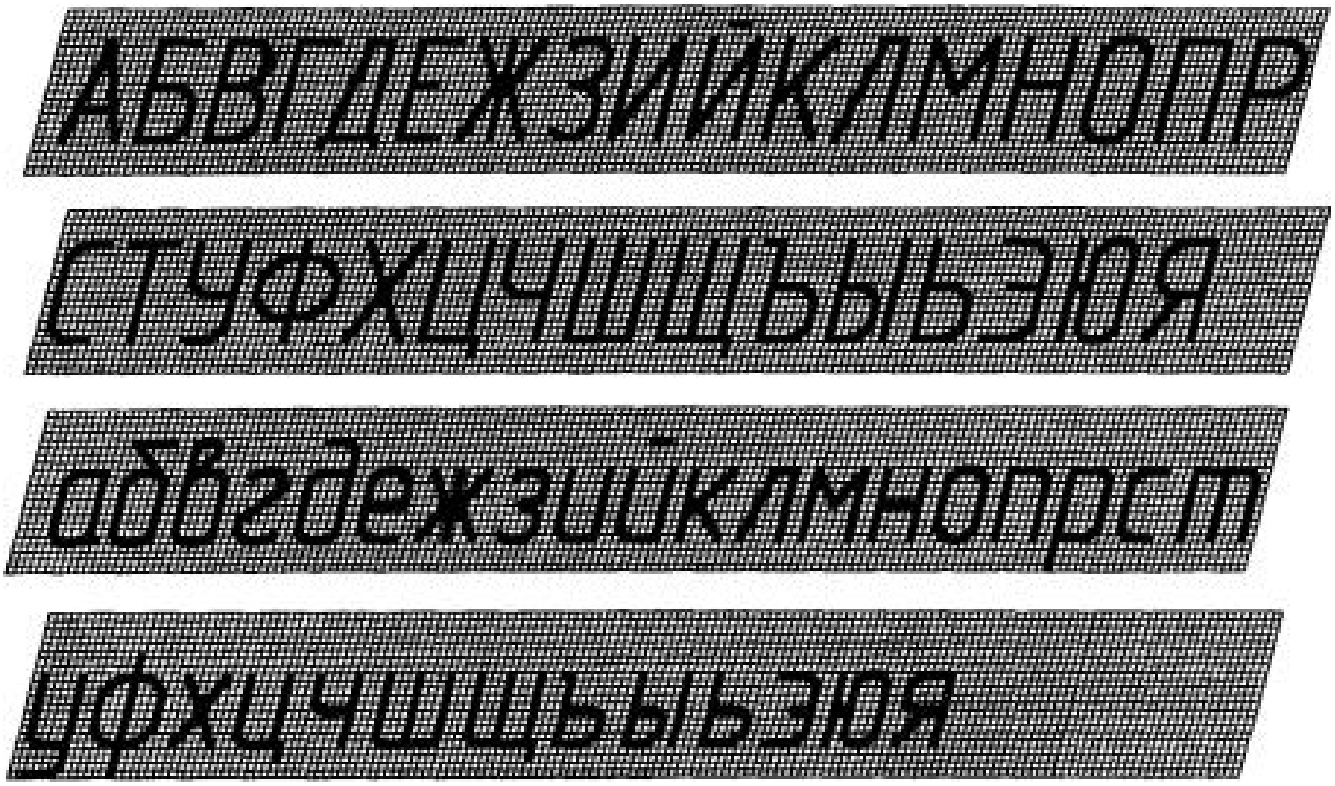
3. Ведомости вычисления отметок точек съемочного обоснования

4. Ведомость вычисления координат точек съемочного обоснования
5. Журнал тахеометрической съемки
6. Абрисы
7. Топографический план масштаба 1:500.
8. Пикетажный журнал
9. Журнал нивелирования
10. Профиль местности по оси трассы

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Стандартный шрифт

Стандартный шрифт (по ГОСТу 2.304-81 – чертежный шрифт) пишется от руки с наклоном 1:3. Применяется для ведения записей в журнале и оформления документации.



СХЕМАПрофиль План

147°25' 638,9 70,241 139°57'

Студент Преподаватель

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вычислительный шрифт

Вычислительный шрифт имеет прямое начертание. Он применяется при полевых и вычислительных работах. Шрифт легко запоминается и читается, прост в исполнении.



МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых
_____В.А.Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ПО УЧЕБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Душин В.А., профессор, д.г.-м.н.

Одобрены на заседании кафедры
Геологии, поисков и разведки МПИ
(название кафедры)
Протокол № 1 от 10.09.2020
(Дата)

Екатеринбург

Содержание

		Стр.
	Введение	3
1.	Организация и методика проведения практики	-
1.1.	Организационные вопросы	-
1.1.1.	План проведения практики	-
1.1.2.	Снаряжение учебных групп	4
1.1.3.	Устройство и ликвидация лагеря	5
1.1.4.	Правила техники безопасности при геологических исследованиях	-
1.2.	Методические вопросы проведения практики	6
1.2.1.	Рекогносцировочный этап практики	-
1.2.1.1.	Методика проведения рекогносцировочных маршрутов	7
1.2.1.2.	Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики	-
1.2.1.2.1.	Требования к составлению и оформлению отчета	-
1.2.1.2.2.	Содержание разделов пояснительной записки	8
1.2.1.3.	Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики	12
1.2.2.	Площадная геологическая съемка	-
1.2.2.1.	Составление опорной сети наблюдений	13
1.2.2.2.	Изучение коренных пород	-
1.2.2.3.	Изучение рыхлых отложений	14
1.2.2.4.	Гидрогеологические наблюдения	-
1.2.2.5.	Составление полевой документации	15
1.2.2.6.	Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков	-
1.2.2.7.	Эколого-геологические наблюдения	-
1.2.2.8.	Составление отчета по площадной съемке	16
1.2.2.9.	Аттестация работ по площадной съемке	17
2.	Приемы полевых геологических наблюдений	-
2.1.	Ведение полевой книжки	18
2.2.	Работа с горным компасом	-
2.2.1.	Устройство горного компаса	-
2.2.2.	Понятие элементов залегания горных пород	19
2.2.3.	Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей	21
2.2.4.	Определение превышений точек рельефа	22
2.2.5.	Привязка точек наблюдения	23
2.3.	Изучение обнажений горных пород	26
2.3.1.	Типы обнажений горных пород	-
2.3.2.	Привязка обнажений	-
2.3.3.	Описание горных пород	27
2.3.4.	Наблюдение структурных элементов	-
2.3.5.	Отбор образцов горных пород	28

2.3.6. Зарисовка обнажений 29
2.4. Первичная обработка полевых материалов 33
2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек -
2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов 34
3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района 35
3.1. Физико-географический очерк -
3.2. История геологического изучения района 36
3.3. Геологическое строение района 38
3.3.1. Стратиграфия -
3.3.1.1. Палеозойская эратема -
3.3.1.2. Мезозойская эратема 42
3.3.1.3. Кайнозойская эратема 44
3.3.2. Интрузивные образования 51
3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии -
3.3.2.2. Раннеордовикские интрузии -
3.3.2.3. Среднедевонские интрузии 52
3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии -
3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии 53
3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии -
3.3.3. Тектоника -
3.3.4. Гидрогеология 54
3.3.5. Геоморфология 55
3.3.5.1. Речные террасы 56
3.3.5.2. Карстовые формы рельефа 57
3.3.6. Полезные ископаемые -
3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые 58
3.3.6.2. Металлические полезные искоаемые -
3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые 59
3.3.6.4. Строительные материалы -
3.3.6.5. Подземные воды -
3.4. Экологическая характеристика района -
Рекомендуемая литература 62
Приложение 1 63

Введение

Учебно-методическая геологосъемочная практика студентов 2-го курса геологических и геофизических специальностей Института геологии и геофизики Уральского государственного горного университета проводится в Сухоложском районе Свердловской области в 120 км к востоку от г. Екатеринбурга. База практики расположена на правом берегу р. Пышмы в 500 м. ниже брода против села Рудянского.

В геологическом отношении район расположен на стыке складчатых структур Урала с горизонтально залегающими отложениями чехла Западно-Сибирской платформы, что позволяет познакомить студентов не только с палеозойскими образованиями Уральской складчатой системы, но и с мезозойскими и кайнозойскими отложениями платформенного чехла.

Учебная практика имеет целью закрепить теоретические знания полученные студентами при прохождении курсов структурной геологии и геологического картирования, минералогии, петрографии, палеонтологии и исторической геологии. Ее задачи сводятся к выработке у студентов навыков полевых геологических исследований, приобретаемых в процессе изучения и описания горных пород, руд, ископаемых остатков и дислокаций горных пород во время рекогносцировочных маршрутов по району практики и при самостоятельной геологической съемке.

Руководство практикой осуществляется коллективом кафедры геологии, поисков и разведки МПИ с привлечением преподавателей других кафедр ИГиГ УГГУ.

1. Организация и методика проведения практики

1.1. Организационные вопросы

1.1.1. План проведения практики

План проведения практики проводится в стенах университета. Не позднее одного месяца до начала практики проводится организационное (первое) собрание, на котором рассматривается состояние противознцифалитных прививок, представляются руководители групп, объявляется перечень продуктов, снаряжения, деталей экипировки, которые студенты должны взять на практику.

Во время второго организационного собрания студентам объявляются: сроки, задачи практики, место прохождения практики, порядок проезда до базы практики, проводится вводный инструктаж по охране труда, бытовой санитарии, и противопожарной безопасности.

Длительность практики составляет 4 недели и время, отводимое на проведение различных видов работы распределяется следующим образом:

Отъезд и устройство на базе	- 2 дня
Вводные установочные лекции и инструктаж по охране труда на рабочем месте	- 1 день
Рекогносцировочные маршруты студентов	- 8 дней
Камеральные работы и аттестация рекогносцировочного этапа практики	- 5 дней
Площадная геологическая съемка (с камеральными работами и защитой отчетов)	- 7 дней
Ликвидационные работы	- 1 день

Итого: 24 раб. дня (4 недели)

Цикл установочных лекций включает следующие темы:

1. Геологическое строение района практики.

2. Геоморфология и гидрогеология района практики.

3. Инструктаж на рабочем месте при устройстве полевого лагеря и проведении геологических исследований.

После чтения установочных лекций и инструктажа по охране труда при ведения полевых исследований студенты совместно с руководителем академической группы решают внутригрупповые организационные вопросы: разбиваются на бригады по 5-6 человек, договариваются о закупках продуктов, посуды и снаряжения, необходимого для полевой жизни. Группа обеспечивает себя билетами для проезда по железной дороге от ст. Свердловск до ст. Кунара. По прибытии на базу практики студентам отводится два дня (включая день прибытия) для устройства лагеря, организации быта и получения со склада полевого снаряжения и методической литературы. В конце второго дня проводится первое практическое занитие, во воремя которого студенты обучаются ориентировке на местности, измерению расстояний шагами, описанию обнажений горных пород.

Геологическая практика начинается с прохождения рекогносцировочных маршрутов, во время которых студенты знакомятся с геологическим строением района практики и с методикой описания естественных и искусственных обнажений горных пород, проявлений полезных ископаемых и керна буровых скважин, с методикой геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

После прохождения рекогносцировочных маршрутов каждая бригада составляет отчет, который включает общую характеристику геологического строения Сухоложского района. Отчет защищается перед комиссией, состоящей из преподавателей, находящихся на практике. Защитившие отчет, бригады приступают к проведению площадной и маршрутной съемок.

Практика считается пройденной после защиты отчетов по самостоятельным съемкам.

1.1.2. Снаряжение учебных групп.

Обеспечение групп необходимым снаряжением и оборудованием проводится через старосту и бригадира. Староста получает на базе снаряжение, общее для всех групп: палатки, постельные принадлежности, лопаты, кайла, топоры. Бригадир получает снаряжение на бригаду: чертежные доски, планшеты, методическую литературу, молотки, компасы, лупы и различные графические материалы.

Каждая бригада должна заранее позаботиться о том, чтобы иметь набор цветных карандашей, тушь (красную, черную, синюю, зеленую), иметь ластик, транспортир, рейсфедер, ручки ученические, линейки, угольники, тетрадь для написания отчета, фотоаппарат, пленки, фотобумагу и реактивы.

Каждая группа должна себя обеспечить посудой, необходимой для приготовления пищи на кострах, запасом продовольствия.

Студент должен быть экипирован применительно к работе в полевых условиях. Минимальный перечень необходимых вещей должен включать:

- костюм из плотной ткани для полевой работы;
- смену белья;
- обувь на рифленой резиновой подошве (туристические ботинки, кеды);
- хлопчатобумажные и шерстяные носки;
- легкую одежду для теплой погоды;
- теплую одежду для прохладной погоды (свитер, теплая кофта, телогрейка, вязаная шапочка);
- плащ и резиновые сапоги на случай непогоды;

- посуду (миску, ложку, кружку);
- туалетные принадлежности;
- складной нож;
- фонарик с запасом батареек;
- средство против комаров и клещей.

Снаряжение учебной группы и ее готовность к прохождению геологических маршрутов проверяется руководителем группы перед выходом в поле.

1.1.3. Устройство и ликвидация лагеря

Каждая академическая группа несет полную ответственность за правильную организацию и оформление места своей стоянки. Основные требования, предъявляемые к полевому геологическому лагерю, сводятся к следующему:

- палатки ставятся выходом на подветренную сторону:
- вокруг палатки должна быть вырыта канавка для стока воды;
- пол в палатке должен быть покрыт специальными щитами, сделапнными из досок, или устлан хвойными (или другими) ветками;
- костер должен располагаться с подветренной стороны на расстоянии не менее 10 м. От ближайшей палатки;
- за пределами лагеря должна быть вырыта яма для пищевых отходов и мусора;
- в обязанность группы входит сооружение своими силами обеденного стола с навесом от дождя;
- внутри палаток должна постоянно поддерживаться чистота и порядок.

По завершению практики лагерь должен быть ликвидирован. На территории бывшего лагеря наводится чистота. Колья, крепившие палатки, выдергиваются, все временные сооружения ликвидируются, ямы для пищевых отходов аккуратно засыпаются землей.

Прием убранной территории производится комиссией во главе с руководителем практики.

1.1.4. Правила техники безопасности при геологических исследованиях

Перед выездом на практику все студенты должны сделать противоэнцефалитные прививки.

На базе практики, перед началом рекогносцировочных маршрутов проводится смотр готовности группы к полевым работам: просматриваются снаряжение, обувь, одежда и пр., а также проверяются знания студентами природных условий и правил безопасности производства полевых работ.

В процессе прохождения геологических маршрутов движение перемещающейся группы должно быть компактным, обеспечивающим постоянную видимость или голосовую связь между людьми на случай оказания им необходимой помощи.

В ясный день нельзя уходить в геологический маршрут не защищенным от солнечных лучей. Каждый бригадир обязан в маршруте иметь при себе индивидуальный санитарный пакет.

Во избежание укусов змей передвижение по базе и вне ее производить в обуви. Воду для питья и приготовления пищи брать только из указанных источников.

При передвижении на автомашине запрещается перегруз машины и превышение нормальных габаритов груза. Груз должен быть распределен равномерно; колющие и

режущие инструменты (топоры, вилы, колья) уложены на днище кузова и прочно закреплены; люди расположены с максимально возможными удобствами. Запрещается: стоять в кузове автомашины, сидеть на бортах, перемещаться без надобности, соскакивать и садиться на ходу, курить и т. д.

При передвижении по крутым скалистым откосам запрещается сбрасывать камни, отваливать без надобности неустойчивые глыбы и т.п. Хождение по крутым тропам и карнизам должно быть осторожным. Особое внимание следует обращать на выступающие камни, ветви деревьев, мешающие передвижению. При передвижении по осыпям всегда следует иметь в виду возможность внезапного срыва сверху камней.

При сильной грозе не рекомендуется находиться вблизи одиноких деревьев, а также у металлических матч, держать вблизи себя геологический молоток и прочие металлические предметы.

Отбивание образцов твердых горных пород геологическим молотком должно производиться с предосторожностями, исключающими попадание осколков в лицо.

При проходке легких горных выработок запрещается раскачивать, сдвигать с места крупные валуны и нависшие камни. Во всех случаях работа должна производиться с помощью лома, кирки, лопаты таким образом, чтобы валун, глыба или отслоившийся пласт не могли причинить работающему травму.

Костры разрешается разводить только в защищенных местах, исключающих возможность возникновения пожара. Место костра необходимо окапывать. После ухода с места стоянки костры должны быть потушены.

Купаться разрешается группами, не менее трех человек так, чтобы умеющие плавать вели наблюдение за купающимися. Категорически запрещается купание в ночное время.

Рекомендуется проводить взаимоосмотр ежедневно на предмет наличия клещей.

Руководство практик (группы) должно знать, где находятся люди, и ежедневно проверять их наличие в лагере. Все отлучки из лагеря или из маршрута должны производиться только с ведома и разрешения руководителя практики (группы).

В случае установления факта отсутствия в лагере по неизвестным причинам кого-либо из сотрудников и студентов или невозвращения группы из маршрута в контрольный срок, руководитель практики (группы) обязан немедленно принять розыскные или спасательные меры.

Только после проведения со студентами инструктажа по охране труда ведения полевых работ и при соответствующей экипировки студентов группа допускается к проведению полевых работ.

1.2. Методические вопросы проведения практики

1.2.1. Рекогносцировочный этап практики

Целью рекогносцировочного этапа практики является ознакомление студентов с главнейшими особенностями геологического строения района практики и привитие студентам навыков описания естественных и искусственных обнажений горных пород, производства геоморфологических и гидрогеологических наблюдений. Выполнение этих задач осуществляется путем проведения маршрутов по наиболее информативным геологическим объектам, изучение которых способствует созданию представлений о строении всего района в целом.

1.2.1.1. Методика проведения рекогносцировочных маршрутов

В соответствии с программой учебной практики студенты проходят 8 рекогносцировочных маршрутов. Перед началом маршрутов каждая бригада получает нераскрашенную геологическую карту района практики, на которую она должна нанести пройденные маршруты и дооформленную и раскрашенную приложить к отчету по рекогносцировочному этапу практики.

Маршруты ведет руководитель учебной группы. По ходу движения он знакомит студентов с конкретными обнажениями (или с другими какими-либо геологическими объектами) путем демонстрации слагающих их пород, возрастных и пространственных взаимоотношений этих пород, а также разрывных и складчатых дислокаций (если таковые имеются). После этого руководитель дает описание обнажения, которое студенты записывают в свои индивидуальные полевые книжки. По рекомендации руководителя студенты отбирают образцы горных пород, измеряют ориентировку текстурной неоднородности пород и контактов, а также ориентировку дислокаций горных пород. Параллельно с вышеуказанным, руководитель обучает студентов делать привязку обнажения, измерять шагами, производить зарисовки обнажений.

После возвращения из маршрута, в указанные в распорядке дня часы, под руководством руководителя группы студенты проводят камеральную обработку полевых материалов: заполняют журнал образцов горных пород, раскрашивают геологическую карту на участке пройденного маршрута, выносят на карту элементы залегания горных пород, либо объекты, описанные в маршруте, но не отмеченные на карте.

Данные, полученные во время прохождения рекогносцировочных маршрутов, наряду с имеющимся в Методических указаниях описаниям района, кладутся в основу представлений о геологическом строении района практики и составляют основной фактический материал по рекогносцировочному этапу практики.

1.2.1.2.Составление отчета по рекогносцировочному этапу практики

После завершения геологических маршрутов каждая бригада распределяет обязанности по составлению отчета и составляет отчет за рекогносцировочный этап практики. Отчет должен включать: 1 – геологическую карту района практики в масштабе 1 : 50 000, 2- карту фактического материала, 3 - пояснительную записку к геологической карте (текстовая часть отчета), 4 – коллекцию горных пород, 5 – индивидуальные полевые книжки.

1.2.1.2.1. Требования к составлению и оформлению отчета

Геологическая карта.

Геологиченская карта, выданная бригадам перед рекогносцировочными маршрутами доложна быть раскрашена в соответствии с требованиями к оформлению геологических карт. Раскрашиваются также условные обозначения и геологический разрез. В правом верхнем углу карты должен быть указан шифр учебной группы, номер бригады и вписан состав бригады. На карту должны быть нанесены пройденные маршруты, элементы залегания горных пород, проявления полезных ископаемых и другие объекты, описанные во время маршрутов, но отсутствующие на карте.

Карта фактического материала.

Карта фактического материала составляется на кальке. На карту должны быть нанесены ручкой или тушью пройденные маршруты и номера точек наблюдений; номера

и места: отбора образцов горных пород, сколков шлифов, находок фауны и флоры, проб на различные лабораторные исследования, микрополигонов для изучения трещиноватости; элементы залегания разрывных нарушений, интервалы (или точки) гидротермальных или метасоматических изменений, зоны (ареалы, точки) рудной минерализации. Линии маршрута должны сопровождаться литологическими знаками горных пород (литологическими «дорожками»).

Пояснительная записка.

Пояснительная записка к геологической карте района должна включать следующие разделы и главы:

Введение

1. Физико-географический очерк.
2. История геолого-геофизических исследований района.
3. Методика маршрутных исследований
4. Геологическое строение района

4.1. Стратиграфия

4.2. Интрузивные образованеия

4.3. Тектоника

5. Геоморфология
6. Гидрогеология
7. Полезные ископаемые
8. История геологического развития
9. Экологическая характеристика

Заключение

1.2.1.2.2. Содержание разделов пояснительной записки

Введение

Во «Введении» указываются: 1 – цели и задачи практики, 2 – место проведения практики, 3 – административное положение, экономика и пути сообщения района практики, 4 – перечень выполненных работ, 5 – состав бригады, 6 – распределение обязанностей по составлению отчета, с указанием авторов глав отчета и его графических приложений.

Физико-географический очерк

Физико-географический очерк должен содержать сведения об особенностях рельефа Сухоложского района, его гидрографической сети, растительности, животном мире и климате. Здесь же указывается степень обнаженности и проходимости района, категория дешифрируемости аэрофотоснимков.

История исследований района

Эта глава должна содержать краткую характеристику ранее проведенных в районе геологических и геофизических исследований. В хронологической последовательности должны быть раскрыты основные результаты проведенных работ.

Методика проведенных маршрутных исследований

В главе приводится перечень пройденных рекогносцировочных маршрутов и их цели, методика полевых наблюдений, виды проведенных камеральных работ.

Геологическое строение района практики

В основе этого раздела должны лежать сведения о геологическом строении района практики, изложенные в соответствующем разделе данных Методических указаний и почерпнутые с геологической карты района м-ба 1:50 000. Студенты только дополняют этот каркас конкретным фактическим материалом, собранным во время рекогносцировочных маршрутов.

Стратиграфия

Глава начинается с общей характеристики стратифицированных образований района: перечисляются развитые в районе стратиграфические подразделения в ранге эратем, приводятся общие сведения об их составе, площадном распространении и условия залегания слагающих их пород. Затем развертывается последовательная характеристика эратем с соблюдением принятой рубрикации излагаемого материала. Описание ведется в хронологической последовательности от наиболее древних к более молодым и заканчивается характеристикой отложений четвертичной системы. Очень важно, чтобы при описании стратиграфических подразделений соблюдалась четкая их рубрикация с указанием группы, системы, отдела, яруса, зоны. Все заголовки внутри главы должны отражать соподчиненность выделенных стратиграфических единиц, исключающую ненужные повторения. Названия стратиграфических подразделений необходимо сопровождать их индексацией.

Характеристика каждой толщи горных пород, выделенных в самостоятельную стратиграфическую единицу, должна приводиться по определенной стандартной форме, облегчающей поиск и усвоение необходимой информации : вначале указывается, какими горными породами сложено данное стратиграфическое подразделение, отмечаются особенности площадного распространения пород данного возраста, положение в главнейших тектонических структурах района, затем характеризуется их состав, текстурные и структурные особенности, после чего дается обоснование возраста и характеристика контактов с подстилающими образованиями. Обязательно приводится перечень руководящих палеонтологических форм, подтверждающих возраст данного стратиграфического подразделения. Заканчивается глава указанием мощности стратиграфического подразделения.

Эффузивные тела покровного типа включаются в состав стратиграфического разреза, и приводится их петрографическая характеристика.

Глава должна быть проиллюстрирована фотографиями и зарисовками, показывающими характер обнажений горных пород того или иного стратиграфического подразделения, особенности его внутреннего строения и характер дислокаций составляющих его пород.

Интрузивные образования

Эта глава начинается с указания интрузивных комплексов, представленных на описываемой территории (совокупностей интрузивных тел, объединенных общностью состава, возраста, условий образования и залегания), которые известны в районе по литературным данным, указаны на геологической карте, а также были встречены при изучении опорных обнажений во время рекогносцировочных маршрутов. Характеристика интрузивных комплексов производится в последовательности: от древних к молодым и от основных (ультраосновных) к кислым.

Относительно каждого интрузивного комплекса указывается следующее: 1 – минеральный состав, структурные и текстурные особенности пород; 2 – количество, форма (дайка, шток, нэкк и пр.) размеры и внутреннее строение интрузивных тел

(наличие, состав и строение экзо- и эндоконтактовых зон, элементы прототектоники); 3 – относительный возраст интрузивных тел.

Все интрузии одного интрузивного комплекса описываются сообща, с указанием каких-то особенностей отдельных тел. Крупные интрузии описываются индивидуально.

Тектоника

В начале главы дается самая общая характеристика структурных особенностей изучаемого района, отмечаются условия залегания стратифицированных образований (складчатое, моноклинальное, горизонтальное). Затем приводится тектоническое районирование территории (то есть указывается положение района в крупных тектонических структурах). После этого дается подробная характеристика сначала складчатых, а затем и разрывных структур последовательно от крупных к мелким.

Описание **складчатых дислокаций** включает в себя указание: 1 – морфологического и генетического типов складок; 2 – ориентировки складок (простирания относительно сторон света); 3 – ориентировки шарниров складок. На геологической карте, при этом, необходимо показать оси складок и значками показать направления погружения шарниров складок.

Описание **разрывных дислокаций** включает в себя: 1 – разделение всех разломов на группы по ориентировке, кинематическому типу и возрасту; 2 – описание каждой группы разломов (или единичных разломов) с указанием размера; направления и амплитуды перемещения блоков; вида пород, слагающих шовную зону разломов; характера взаимоотношений разломов со складчатыми дислокациями и другими геологическими структурами. При этом, для облегчения поиска на карте описываемых в тексте разломов, рекомендуется надписывать наиболее крупным и характерным разломам (как и складкам) собственные названия, указанные в тексте данного Методического руководства, а не поименованным давать свои названия, или хотя бы номера.

Завершается глава описанием **трещиноватости** пород района. Характеристика трещиноватости сопровождается сводной таблицей замеров трещин и круговой диаграммой ориентировки трещин. В конце описания должны быть сделаны выводы о преобладающих направлениях трещиноватости и её генетических типах.

Геоморфология

В этой главе приводится описание генетических типов рельефа и отдельных его элементов (речных долин и оврагов, уступов, водоразделов), дается детальная характеристика речного террасового комплекса с указанием вида террас (эрозионные, аккумулятивные, эрозионно-аккумулятивные), высоты уступа и размеров площадок каждой террасы. Указывается состав горных пород, слагающих террасы. Производится определение высоты склонов долины реки, вычисляются углы наклонов тальвега логов и оврагов.

Глава сопровождается геоморфологическим разрезом (обычно поперечным профилем долины реки Пышмы), на котором должны быть отражены взаимоотношения различных элементов рельефа и генетических типов четвертичных отложений.

Гидрогеология

В главе «Гидрогеология» описываются подземные воды района практики. Указываются типы развитых в районе подземных вод и закономерности их пространственного размещения. Указываются коллекторские свойства разных видов пород, средний дебит приуроченных к ним выходов подземных вод и их химизм. Приводится описание встреченных во время рекогносцировочных маршрутов родников и их дебит.

Полезные ископаемые

Глава начинается с перечня главнейших типов месторождений полезных ископаемых, известных в Сухоложском районе. Далее приводится краткая характеристика месторождений по выделенным типам. При написании главы должна соблюдаться четкая рубрикация текста. Вначале описываются горючие полезные ископаемые, затем металлические (черные, цветные, благородные металлы), неметаллические, подземные и минерализованные воды, строительные материалы. Кроме описания известных в районе месторождений (эксплуатируемых в настоящее время или законсервированных и отработанных), следует охарактеризовать все зафиксированные в районе рудопроявления и пункты минерализации. Известные в районе месторождения должны быть вынесены специальными условными знаками на геологическую карту Сухоложского района .

При написании главы следует использовать литературные источники и личные наблюдения, произведённые во время рекогносцировочных маршрутов.

Глава иллюстрируется разрезами месторождений, показывающими главнейшие особенности форм залегания рудных тел.

История геологического развития

Характеристика истории геологического развития района должна опираться на вертикальное расчленение горных пород, указанное в стратиграфической колонке. По составу горных пород, их текстурным и структурным особенностям восстанавливаются условия образования осадков, реконструируется палеогеографическая обстановка. Особое внимание уделяется характеристике магматических (эффузивных и интрузивных) процессов и тектонических движений земной коры на различных этапах её развития. Обосновывается последовательность внедрения интрузий различного состава. Производится выделение главнейших фаз складчатости, указывается место появления тех или иных месторождений полезных ископаемых в ходе геологического развития Сухоложского района. Приводятся сведения о геотектонической обстановке.

Глава заканчивается характеристикой признаков проявления неотектонических движений и историей формирования современного рельефа.

Экологическая характеристика

В главе приводятся сведения о эколого-геологической ситуации района по личным наблюдениям при проведении маршрутов. Дается характеристика природных неблагоприятных геологических объектов и процессов. В начале главы приводятся сведения об объектах экзогенного происхождения: оползнях, обвалах, осыпях, оврагах, селях, выходах скальных пород, карстовых формах, участков вспучивания грунтов либо проседания, границы паводковых затоплений, заболачивания, участках активной аккумуляции речных и временных водотоков, участках эрозии русловой (интенсивное врезание) и боковой (подмыв берегов).

Далее приводятся сведения о техногенных объектах, нарушающие и загрязняющие среду, а также потенциально опасные для жизни. К таковым относятся карьеры, отвалы, хвостохранилища, заводы и фабрики, очистные сооружения, свалки, склады ГСМ, минеральных удобрений и ядохимикатов, населенные пункты, животноводческие фермы, навозохранилища, участки лесозаготовок, железные и автомобильные дороги, пахотные земли, линии ЛЭП, газопроводы, нефтепроводы.

Приводятся сведения о загрязненности водотоков.

В заключение главы дается характеристика ландшафтов: природных – лесных, луговых, болотных; техногенных: техногенно-образованных (карьерные поля, свалки, отстойники) и техногенно-измененных (промышленные зоны городов и рабочих поселков,

загрязненные участки почвогрунтов и поверхностных вод). Сведения о ландшафтах рекомендуется представлять в табличной форме (в процентах от площади развития).

Заключение

В "Заключении" даются основные выводы о геологическом строении изученного района. Указывается, что остаётся неясным и вызывает сомнения, даются рекомендации о направлении дальнейших исследований.

К отчету по рекогносцировочному этапу практики прикладывается коллекция горных пород, собранная во время маршрутов. Коллекция должна включать главные виды горных пород района практики, образцы минералов и ископаемых органических остатков. Правила отбора и маркировки образцов и заполнения журнала образцов приведены на стр. настоящего пособия.

К отчету прикладываются также индивидуальные полевые книжки членов бригады. Они должны быть оформлены в соответствии с предъявленными требованиями (стр. настоящего пособия) и содержать описания всех пройденных бригадой маршрутов. Неаккуратно заполненные или имеющие пробелы в описании маршрутов полевые книжки возвращаются на доработку.

Отчет за рекогносцировочный этап практики защищается перед комиссией состоящей из преподавателей проводящих учебную практику.

1.2.1.3. Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики

Аттестация студентов за рекогносцировочный этап практики проводится по двум аспектам: сдача коллоквиума и защита отчета. Аттестация проводится путём собеседования раздельно по каждому аспекту, или одновременно по обоим.

Коллоквиум включает опрос студентов на предмет знания методики полевых наблюдений, порядка изложения содержания глав отчета и просмотр индивидуальных полевых книжек. Аттестация за коллоквиум индивидуальна. Студент, не показавший достаточных знаний вопросов коллоквиума, приглашается на повторное собеседование.

Защита отчета включает общую оценку отчета, как результирующего отчетного материала за пройденный рекогносцировочный этап практики, и оценку знаний членами бригады геологического строения и горных пород района практики.

Оценка конкретно отчета включает: полноту содержания глав отчета; полноту использования материалов, полученных во время рекогносцировочных маршрутов; содержание и правильность оформления внутритекстовой графики, геологической карты и журнала образцов.

Защита отчета принимается при общей положительной оценке отчета как результирующего документа и при знании студентами геологии района (каждым персонально).

Не принятый отчет возвращается на доработку, а студент, не знающий геологии района, приглашается на повторное собеседование. Бригада, не аттестованная за рекогносцировочный этап практики, не допускается к выполнению следующего задания - площадной геологической съёмки.

1.2.2. Площадная геологическая съёмка

После аттестации рекогносцировочного этапа практики студенты приступают к проведению площадной геологической съёмки. С этой целью каждой бригаде выделяется участок, контуры которого задаются руководителем группы. Учитывая в общем плохую обнажённость района практики, участки для съёмки выделяются по долинам реки Пышмы

и её крупным притокам. Размер участка, выделяемого бригаде для самостоятельного картирования при масштабе съёмки 1:1000 составляет 500х500 м.

1.2.2.1. Составление опорной сети наблюдений

Перед проведением площадной геологической съёмки каждой бригаде выдаётся топографическая основа будущей геологической карты. Руководитель группы указывает каждой бригаде на местности начало и конец участка на одном из берегов реки и направление линий, ограничивающих участок. Далее студенты сами прокладывают на местности (вдоль берега реки) линию опорных пикетов, к которой будут привязывать в последующем точки наблюдений и геологические маршруты. Рекомендуется пикеты располагать на таких расстояниях друг от друга, чтобы они (пикеты) совпадали с профилями сети наблюдений. Требуемый размер сети наблюдений - 50х50 м (расстояние между профилями, вдоль которых будут проходиться геологические маршруты - 50 м, расстояние между пикетами в профилях - также 50 м). Координаты углов полигонов определяются с помощью топопривязчика.

1.2.2.2. Изучение коренных пород.

Главной задачей геологической съёмки является установление особенностей геологического строения выделенного бригаде участка. Бригада в начале работ производит рекогносцировку местности с целью выявления всех естественных обнажений, которые могут быть детально изучены и описаны. Главным методом съёмки в конкретных условиях является сплошное оконтуривание обнажений и прослеживание контактов. На участках сплошного выхода горных пород, после их оконтуривания, можно ставить на карте точки с указанием номера обнажений и привязывать к ним произведенные в поле наблюдения. Вблизи этих точек на полевой карте указываются, элементы залегания слоистости, сланцеватости и пр.

Первая задача, которая стоит перед бригадой, заключается в выделении главнейших типов горных пород. При этом следует иметь в виду, что диагностика горных пород в поле - дело нелегкое, требующее определённых навыков и предварительного изучения образцов под микроскопом. В первую очередь необходимо обнаружить признаки сходства или различия выделенных разновидностей и положить их в основу определения типа горных пород. В поле можно дать предварительное (условное) название породы, но очень важно, чтобы одинаковые по видимым признакам горные породы назывались одинаково.

Вторая задача, которую приходится решать бригаде, заключается в установлении последовательности напластований. Решение этой задачи становится возможным при детальном изучении контактов между различными типами горных пород. Особенно это трудно делать при картировании чередующихся между собой лавовых покровов, потоков и их туфов. Однако в любых случаях приходится опираться на имеющийся Фактический материал и составлять на его основе представление о стратиграфической последовательности напластований, мощности стратифицированных толщ. Выводы, сделанные в результате проведенных на участке наблюдений, кладутся в основу стратиграфической колонки изученного участка.

Третья и наиболее сложная задача, стоящая перед бригадой, сводится к выявлению структуры закартированного участка. Сложность этой задачи заключается в том, что представления о структурах обычно рождаются на базе отрывочных сведений. В обнажениях горных пород встречаются лишь элементы той цельной структуры, которая должна быть осмыслена и отражена на геологической карте. Часто возникают такие

ситуации, когда нельзя дать однозначной интерпретации структурных наблюдений и приходится останавливаться на том или ином варианте, с которым наиболее полно согласуется имеющийся фактический материал.

В процессе проведения структурных наблюдений рекомендуется шире использовать проходку канав и расчисток. На территории участков, задернованных и покрытых лесом, контакты между различными типами горных пород экстраполируются с учётом элементов залегания в изученных обнажениях и общей структуры участка. В связи с недостаточной обнажённостью и невозможностью проходки нужных объёмов горных выработок, составленная бригадой геологическая карта обычно несёт в себе элементы гипотетичности.

Бригада не имеет права закончить полевые работы, пока не будет составлена и принята руководителем академической группы полевая геологическая карта. Бригада обязана также провести необходимый комплекс геоморфологических и гидрогеологических наблюдений.

1.2.2.3. Изучение рыхлых отложений

Кроме изучения коренных пород, при геологической съёмке выделенного бригаде участка производится детальное изучение рыхлых отложений. Главной задачей, стоящей перед бригадой, является выделение основных генетических типов пород четвертичной системы и установление их возрастных соотношений. На некоторых участках встречаются реликты мезозойской коры выветривания. Особое внимание обращается на возрастное расчленение аллювиальных отложений и оконтуривание поймы, высокой поймы, первой, второй и более высоких надпойменных террас. При наличии аллювиальных галечников определяется петрографический состав, размерность, формы, степень окатанности для 100 галек, непредвзято отобранных (лучше ведром). По процентным соотношениям строятся диаграммы, пригодные для корреляции одновозрастных отложений, а также для определения пригодности галечников в качестве полезного ископаемого (строительного материала). При отсутствии естественных обнажений рекомендуется на уступе террасы пройти канаву или сделать расчистку и дать детальное описание слоев, слагающих террасовый комплекс. Кроме выделения аллювиальных отложений, необходимо оконтурить площади развития и составить описание элювиальных, делювиальных и элювиально-делювиальных, а также озёрно-болотных отложений. Осыпи выделяются как коллювиальные отложения.

Обязательным для бригады является составление геоморфологического профиля с показом на нём всех особенностей пространственно-возрастных соотношений четвертичных отложений различных генетических типов.

1.2.2.4. Гидрогеологические наблюдения

В процессе геологического изучения выделенного бригаде участка должно быть обращено внимание на обследование всех выходов на поверхность подземных вод (источников). В пикетажных книжках необходимо дать описание каждого источника с указанием его относительной отметки, характера проявления (небольшой родник или общее просачивание подземных вод, группа родников и т.д.). В обязанность бригады входит определение расхода воды (дебита),в источниках путем заполнения мерной емкости. Поделив объём ёмкости на время ее заполнения, получают величину расхода воды в л/сек

1.2.2.5. Составление полевой документации

При проведении самостоятельной геологической съёмки обычно заполняется одна полевая книжка на двух членов бригады (на маршрутную пару). Требования к описанию обнажений те же, что и при проведении рекогносцировочных маршрутов. Нумерация точек наблюдений сквозная для всех маршрутных пар. Это значит, что каждая маршрутная пара имеет свой интервал номеров, не перекрывающийся с номерами других маршрутных пар.

Полевая геологическая карта составляется на стратиграфической основе с использованием цветной легенды. Горные породы обозначаются крапом (штриховыми знаками), а интрузивные также и цветом состава. Измеренные элементы залегания текстурной неоднородности пород или контактов показываются соответствующими условными знаками.

На полевой геологической карте четвертичные отложения должны быть расчленены по генезису и по возрасту. Кроме этого на карте должны быть указаны и формы рельефа: низкая и высокая поймы, надпойменные террасы, гребни водоразделов.

Полевая геологическая карта выполняется на миллиметровке, прикреплённой для удобства пользования к фанерному планшету.

Канавы должны документироваться в виде развертки, отражающей особенности строения слоистой толщи на каждой её стенке. При расчистках документируются лишь коренные породы. Обязательно должен быть указан масштаб и ориентировка (азимут) одной из стенок горной выработки.

1.2.2.6. Составление коллекции горных пород, минералов и органических остатков

В отличие от коллекции горных пород за рекогносцировочный этап практики коллекция при площадной съёмке состоит из образцов двух типов - демонстрационных и рабочих.

Во время площадной геологической съёмки, рекомендуется брать образцы всех разновидностей пород из всех обнажений. Это помогает объективно выделить площади развития различных пород при просмотре образцов всеми маршрутными парами, участвующими в съёмке участка. Это позволяет также проконсультироваться с руководителем по любому обнажению или фрагменту участка, тем более что он не всегда может осмотреть (вместе со студентами) весь участок. В итоге получается большое количество образцов, многие из которых дублируют друг друга. По этой причине коллекцию пород, собранную при площадной съёмке, рекомендуется делить на две части - демонстрационные образцы и рабочие. Демонстрационные образцы (как представители группы пород) представляются на защиту отчета, а рабочие оставляются (и предназначаются) для решения спорных вопросов. Рабочие образцы могут иметь меньшие размеры и нестандартную форму.

1.2.2.7. Эколого-геологические наблюдения

Эколого-геологические наблюдения проводятся попутно при геологических маршрутах. Встреченные объекты экзогенного, либо техногенного происхождения отображаются на полевых картах в значковой форме. В полевой документации дается характеристика каждому объекту: параметры, степень опасности для людей и животных,

генезис. В полевых книжках фиксируются также границы ландшафтов и дается краткая их характеристика: растительность, микрорельеф, почвы.

При составлении карты четвертичных образований окантуриваются ландшафты, селитебные зоны (жилая застройка), рекреационные (участки, действующие или рекомендуемые для отдыха населения).

1.2.2.8. Составление отчета по площадной съёмке

Отчёт по площадной съёмке строится по тому же плану, что и отчёт по рекогносцировочному этапу практики. Можно упустить лишь главу "История геолого-геофизических исследований" и дать сокращённое описание главы "Физико-географический очерк" - упустить сведения о климате и экономическую характеристику описываемого участка. Не нужно смущаться, что содержание глав при описании геологии участка будет отличаться небольшим объёмом. Важно, чтобы в их основе лежали материалы личных наблюдений, собранные бригадой при изучении горных пород данного участка. Полнота глав, их насыщенность фактическим материалом, по сути, и характеризуют собой качество самостоятельной работы бригады, творческую инициативу и пытливость её членов, степень их общей теоретической подготовки.

Текст отчёта должен быть иллюстрирован фотографиями и зарисовками обнажений, таблицей замеров трещин и круговыми диаграммами трещиноватости, ритмограммами слоистых толщ и стратиграфическими колонками составленными в поле по обнажениям.

Внутритекстовые графические приложения выполняются на ватмане, в туши. Фотографии также должны быть аккуратно оформлены на вкладных листах. Зарисовки и фотографии необходимо сопровождать подрисуночным текстом, раскрывающим смысл помещения в отчёт данной иллюстрации. Фотографии, зарисовки, схемы и диаграммы должны иметь единую нумерацию (рис. и цифра). Таблицы нумеруются отдельно.

По каждому закартированному участку составляются три чертежа:

1. Геологическая карта.
2. Карта четвертичных отложений.
3. Карта фактического материала.

Геологическая карта выполняется на ватмане. На неё наносятся горизонтали рельефа, гидрографическая сеть и прослеженные в поле геологические границы: литологические, стратиграфические, интрузивные и тектонические. Выделенные на участке стратиграфические подразделения раскрашиваются цветом, соответствующим возрасту горных пород. При этом более древние образования одной системы должны иметь более темные тона, а более молодые образования - более светлые. .Литологический состав стратифицированных толщ указывается штриховыми условными обозначениями. Геологическая карта сопровождается стратиграфической колонкой, разрезом и условными обозначениями. Раскраска интрузивных тел производится соответственно их составу. Обязательно указываются элементы залегания слоистости, кливажа и геологических границ, если их ориентировка была измерена.

Составители геологической карты должны обращать внимание на строгое соответствие изображения структур в плане с их конфигурацией на разрезе. Последовательность напластований, показанная на разрезе, должна соответствовать данным стратиграфической колонки. При оформлении геологической карты должны соблюдаться требования, предъявляемые к размерам шрифта, типам условных обозначений и пр.

Карта четвертичных (или рыхлых) отложений выполняется на ватмане. Разными цветами раскрашиваются площади распространения различных генетических

типов отложений четвертичной системы (аллювиальные, делювиальные, пролювиальные и др.). Оконтуриваются и раскрашиваются одинаковым цветом выходы коренных пород. Наносятся уступы речных террас.

Карта сопровождается геологическим разрезом и схемой возрастных взаимоотношений генетических типов пород четвертичной системы.

На карте отражаются элементы геолого-экологической обстановки (штриховкой, значками).

Карта фактического материала выполняется на кальке на топографической основе. На неё наносятся все точки наблюдения с учетом степени обнаженности (обнажения, элювий, делювий) с указанием их номера. Пройденные геологические маршруты указываются линиями. Выходы коренных пород оконтуриваются пунктирными линиями. На карту наносятся основные геологические границы и пункты отбора и номера фауны и флоры, образцов, проб.

1.2.2.9. Аттестация работ по площадной съемке

Аттестация этапа площадной съемки проводится путем защиты отчета. Отчет защищается перед создаваемой для этих целей комиссией. Отчет комиссией оценивается по тем же критериям, что и отчет по рекогносцировочному этапу практики.

2. ПРИЁМЫ ПОЛЕВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

Полевые геологические наблюдения проводятся с целью изучения горных пород, их взаимоотношений и особенностей залегания. Это изучение в условиях учебной геологической практики заключается, в основном, в описании обнажений горных пород, состоящем из ряда операций: 1 - привязка обнажения; 2 - определение состава и строения горных пород, формы и условий их залегания; 3 - выяснение пространственных и временных соотношений горных пород; 4 - отбор образцов и остатков ископаемых организмов; 5 - зарисовка или фотографирование обнажения (или его части). Все эти операции могут быть проделаны только при наличии соответствующих предметов и инструментов, составляющих личное снаряжение геолога.

В **личное снаряжение геолога** при полевых исследованиях входят: полевая книжка с карандашом или шариковой ручкой, транспортир и резинка, геологический молоток, горный компас, лупа (или несколько, с разным увеличением), рюкзак и мешочки для сбора образцов, этикетки для образцов, полевая сумка для хранения топографических карт и аэрофотоснимков, рулетка.

Осуществление операций по изучению обнажений требует знания и выполнения определенных правил и приемов пользования предметами личного снаряжения, а также правил текстового и графического изображения полученной при изучении обнажения геологической информации.

К ним относятся: 1 - приемы работы с горным компасом, 2 - правила ведения полевой книжки и выполнения зарисовок геологических объектов, 3 - способы привязки точек наблюдения (в т.ч. топопривязчиком) и другие операции, сопровождающие изучение обнажений.

2.1. Ведение полевой книжки

Полевая книжка (пикетажная книжка) служит для занесения в неё результатов наблюдений, сделанных во время полевой работы и является основным документом, отражающим работу геолога. В книжке должны быть записаны все полевые наблюдения, выводы, сведения об отобранных образцах и сделаны необходимые зарисовки. Записи производятся аккуратно, карандашом или шариковой ручкой, на правой стороне, а рисунки - на левой стороне. Желательно делать выносы, подчеркивания, облегчающие чтение и просмотр пикетажной книжки.

Запись полученных сведений рекомендуется вести в следующем порядке: 1 - номер точки наблюдения (обнажения); 2 - указание о местоположении обнажения (привязка обнажения), 3 - тип обнажения (коренной выход, развал, высыпки); 4 - форма и характер выхода; 5 - указание состава пород, слагающих обнажение, их возрастные и пространственные взаимоотношения; 6 - сведения о трещиноватости горных пород и о разрывах со смещением; 7 - сведения о проявлениях рудной минерализации и пр.

На титульном листе полевой книжки указывается: название института, группа и фамилия студента, год прохождения практики, а также сроки начала и окончания записей.

Во время рекогносцировочного этапа практики полевая книжка ведется каждым студентом персонально и прилагается затем к соответствующему отчету.

Во время выполнения самостоятельных заданий полевая книжка ведется одна на маршрутную пару, занимающуюся геологической съёмкой.

2.2. Работа с горным компасом

Для ориентировки на местности и привязки обнажений, для определения элементов залегания горных пород, а также при проведении ряда других вспомогательных работ, сопровождающих геологические исследования, используется горный компас.

2.2.1. Устройство горного компаса

Устройство горного компаса показано на рис. I.

У компаса есть два независимых друг от друга направления. Одно из них, параллельное установившейся магнитной стрелке, постоянно и не зависит от поворотов корпуса, поскольку магнитная стрелка при отсутствии возмущавших магнитных масс всегда ориентируется по направлению север-юг. Второе направление, проходящее через деления 0 и 180 шкалы лимба, может быть, по желанию наблюдателя, ориентировано параллельно любому направлению на местности. Поскольку эти два направления пересекаются в центре лимба, то с его помощью можно измерять углы между направлением на север (показываемым северным концом магнитной стрелки) и любым другим направлением, параллельно которому устанавливается второе направление компаса

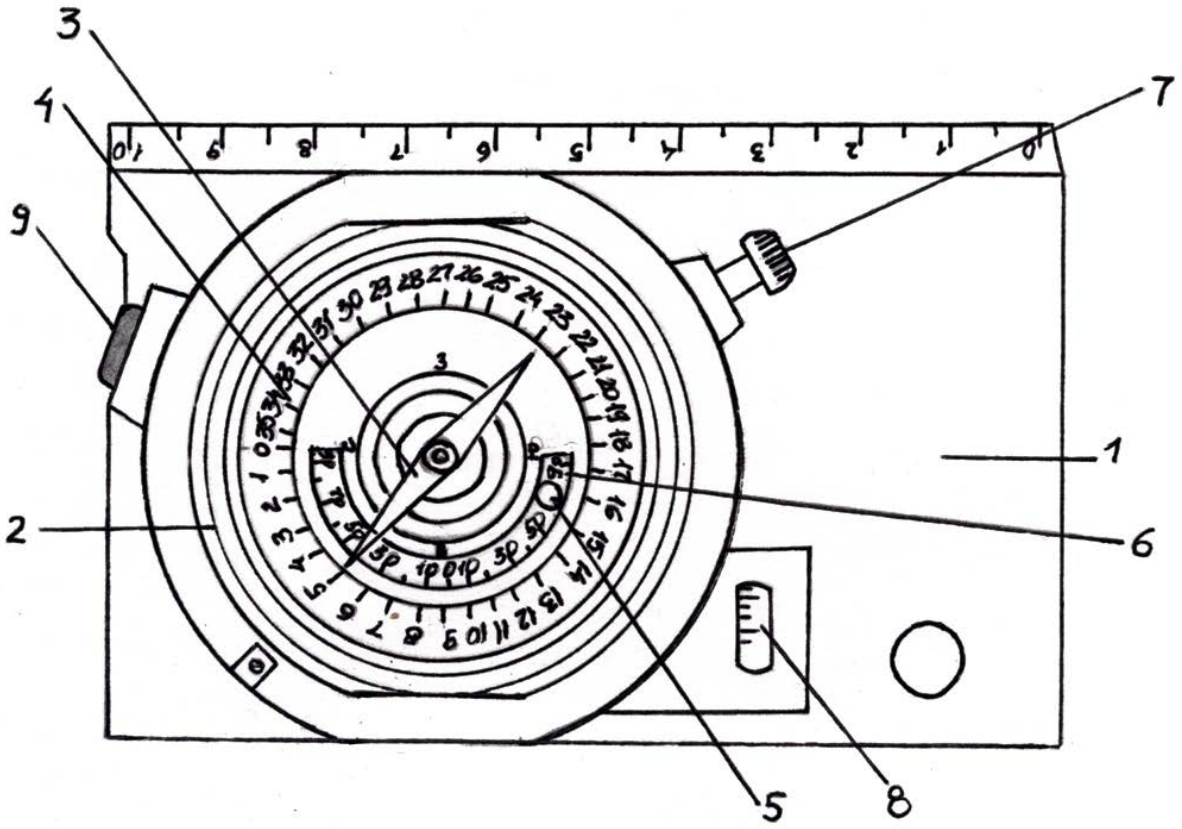


Рис. I. Устройство горного компаса.
1 - основание компаса; 2 - коробка компаса; 3 - магнитная стрелка; 4 - лимб, с помощью которого измеряются горизонтальные углы; 5 - клинометр (отвес); 6 - шкала клинометра; 7 - винт; 8 - уровень; 9 - кнопка

2.2.2. Понятие элементов залегания горных пород

Слоистость, сланцеватость, контакты интрузивных и жильных пород, трещины и сместители разрывных нарушений - все это различного рода геологические поверхности (а на локальных участках, в первом приближении - плоскости).

Элементы залегания поверхности - это выраженная в принятых понятиях ориентировка данной поверхности относительно сторон света и горизонта. В общем случае положение наклонной поверхности в пространстве характеризуют три компоненты: простирание, падение и угол падения.

Простирание - это направление распространения наклонной поверхности в горизонтальном срезе.

Падение - это направление погружения (направление понижения абсолютных отметок) наклонной поверхности.

Угол падения - это двугранный угол между данной наклонной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

В частном случае одна из компонент ориентировки поверхности в пространстве может отсутствовать или терять смысл. Так, в случае вертикального положения поверхности у нее нет направления погружения, а при горизонтальном положении поверхности она (поверхность) простирается "во все стороны".

В практике полевых исследований, при измерении ориентировки геологических поверхностей часто пользуются понятиями: линия простирания и линия падения.

Линия простирания - это линия пересечения геологической поверхности с горизонтальной плоскостью. То есть, это любая горизонтальная линия на данной поверхности (ориентируется она по направлению её простирания).

Линия падения - это вектор, перпендикулярный к линии простирания, лежащий на геологической поверхности и направленный в сторону её погружения. Иными словами, это проекция направления погружения на геологическую поверхность.

Примеры использования линий простирания и падения при измерительных операциях будут рассмотрены несколько позже.

Поскольку сами по себе простирание и падение, без привязки их к какой-либо системе отсчёта, не имеют содержательной нагрузки, на практике, для характеристики ориентировки геологических поверхностей, пользуются понятиями азимут простирания и азимут падения.

Азимут простирания - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением простирания (или линией простирания). Может изменяться от 0 до 360°.

Азимут падения (погружения) - это правый векториальный угол между направлением на север и заданным направлением погружения (или между направлением на север и проекцией линий падения на горизонтальную плоскость). Может также изменяться от 0 до 360°,

Азимут простирания и азимут падения одной геологической поверхности отличаются на 90°.

Понятие угла падения было дано выше (на стр.). Он изменяется от 0 до 90° и не зависит от простирания и падения.

Так как азимут простирания - это угол между двумя направлениями, одно из которых величина векторная (направление на север), другое - величина не векторная (направление простирания), то цифровое значение азимута простирания может быть выражено двумя числами, отличающимися друг от друга на 180° (рис. 2).

В этом отражается некоторая неопределенность данной компоненты элементов залегания, по которой нельзя определить без дополнительных измерений азимут падения (хотя угол между ними известен и равен 90°).

В противоположность азимуту простирания, азимут падения, как угол между двумя векторами (направление погружения величина векторная), является величиной строго определенной и позволяет вычислить (путем прибавления или вычитания 90°) азимут простирания без дополнительного его измерения. Это обстоятельство позволяет вместо 3-х компонент элементов залегания измерять только две - азимут падения и угол наклона, при необходимости, азимут простирания может быть вычислен.

Ввиду того, что топографические и геологические карты строятся в истинных азимутах, а с помощью горного компаса измеряются магнитные азимуты, во время полевых работ часто приходится переходить от магнитных азимутов к истинным (при нанесении данных на карту) и от истинных к магнитным (при движении по маршруту, проложенному по карте).

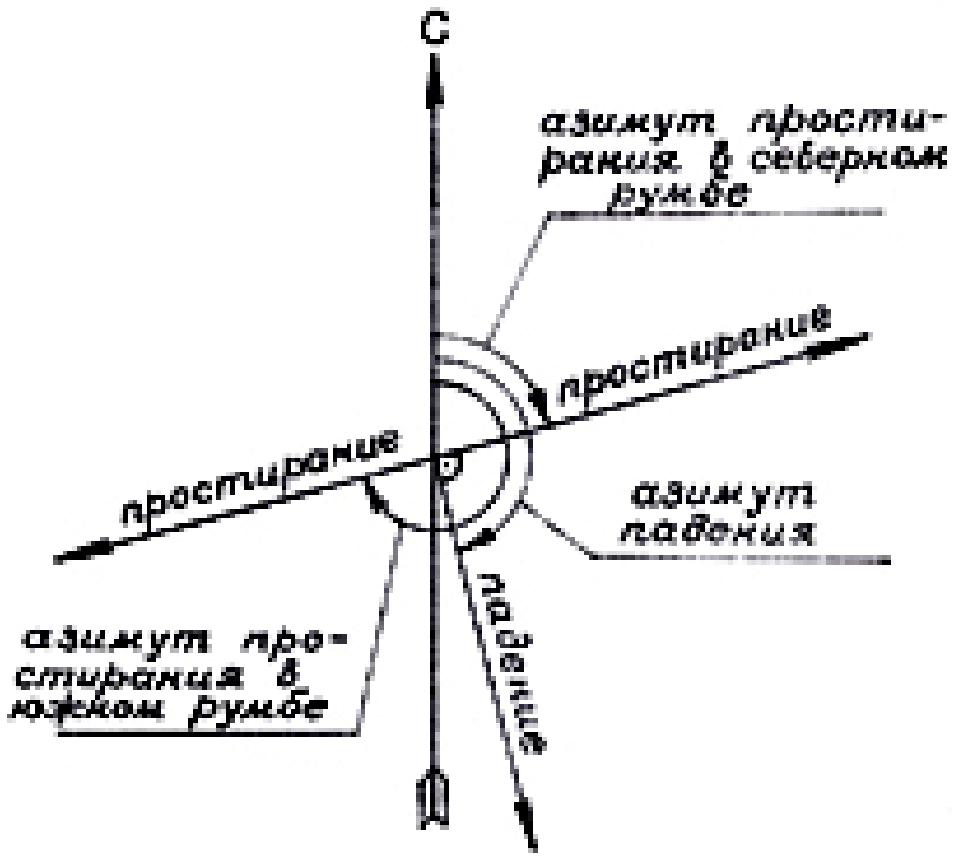


Рис. 2. Схема, поясняющая понятия азимута простирания, азимута падения и соотношения между ними.

Поскольку склонение магнитной стрелки в Сухоложском районе: восточное 13°, то зависимость между магнитным и истинным азимутами приобретает вид:

$$А_и = А_м + 13,$$

где $А_и$ - истинный азимут; $А_м$ - магнитный азимут.

2.2.3. Правила определения элементов залегания наклонных поверхностей

Чтобы определить азимут падения наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба, приложить компас короткой стороной основания к измеряемой поверхности так, чтобы ноль лимба был направлен в сторону погружения данной поверхности и против северного конца магнитной стрелки снять отсчёт. При этом необходимо обращать внимание на направление увеличения числовых значений градусных делений шкалы лимба.

Чтобы определить азимут простирания наклонной поверхности, необходимо: при горизонтальном положении лимба приложить компас длинной стороной основания измеряемой поверхности и против одного из концов магнитной стрелки снять отсчёт. Предпочтение отдаётся отсчёту в северных румбах.

Чтобы определить угол падения поверхности, необходимо: компас поставить «на ребро» так, чтобы свободно висел его клинометр и прижать основание компаса длинной стороной к измеряемой поверхности; покачивая компас, определить максимальный угол отклонения клинометра. Это и будет угол падения данной поверхности.

Горизонтальность лимба магнитной стрелки является обязательным условием правильного определения азимутов падения и простирания геологических поверхностей. В некоторых моделях компасов (восновном в старых) горизонтальность лимба достигается "на глаз"; в новых - с помощью уровня, вмонтированного в корпус компаса.

Для начинающих, во избежание больших ошибок (особенно при измерении ориентировки полого залегающих поверхностей) рекомендуется предварительно проводить на изучаемой поверхности линию простирания, а затем при определении азимутов падения и простирания к ней прикладывать компас. При такой установке компаса легче достигается горизонтальность лимба.

Линия простирания легко проводится с помощью компаса. Компас ставится "на ребро", прижимается к измеряемой поверхности в положении, при котором клинометр показывает нулевой отсчёт, и параллельно длинной стороне основания проводится линия.

При измерении угла падения, в таком случае, компас в положении "на ребро" прикладывается длинной стороной основания к измеряемой поверхности перпендикулярно к линии простирания.

Запись замерянных элементов залегания ведётся сокращённо в следующем виде: Аз. пр. 55; Аз. пад. 145, /. 60 {Азимут простирания - 55°, азимут падения - 145°, угол падения - 60°).

При сокращённой записи знак градусов около цифр не ставится. Иногда перед значением азимута буквенными знаками указываются румбы: Аз. пр. СВ 55. Аз. пад. ЮВ 145, 60.

Как указывалось выше, в записях можно ограничиться двумя компонентами - азимутом падения и углом наклона. Но на первом этапе практики студенты, в целях приобретения навыков в определений элементов залегания и для контроля точности определения, измеряют все три компоненты.

2.2.4. Определение превышений точек рельефа

Определение превышений точек рельефа с помощью горного компаса можно производить двумя способами: I) путём последовательного подъёма по склону с фиксированием точек стояния через известный вертикальный интервал; 2) путём измерения угла наклона поверхности и расстояния до точки, превышение которой необходимо определить.

При первом способе превышение между двумя точками определяется следующим образом: начиная с точки, имеющей более низкую относительную отметку, исполнитель визирует длинную сторону вертикально расположенного компаса в направлении второй точки, следя при этом, чтобы клинометр находился "на нуле". Таким способом провешивается горизонтальная линия и на рельефе местности замечается место, куда она «уткнулась». Перейдя на это место, исполнитель провешивает новую горизонтальную линию, снова переходит на место её "утыкания" в склон и так делает необходимое количество раз, пока не дойдёт до второй точки. Превышение между точками равно количеству стоянок между ними, помноженному на высоту исполнителя до глаз плюс ещё какой-то отрезок, если последняя провешенная линия уткнулась в склон ниже или выше второй точки).

При втором способе определения превышений с помощью эклиметра компаса измеряется угол наклона склона вдоль направления, соединяющего точки, затем

измеряется расстояние между точками по склону, и по табличке, приложенной к компасу (или путём расчёта по формуле: $h = l \sin a$, где h - превышение между точками; l - расстояние между точками по склону; а - угол наклона склона), определяется искомое превышение между точками.

2.2.5. Привязка точек наблюдения

Необходимым условием проведения полевых работ является достаточно точное определение положения в пространстве всех точек наблюдения - обнажений горных пород, пунктов геоморфологических, гидрогеологических и других наблюдений.

Привязкой точки наблюдений называется совокупность операций по определению положения её относительно тех или иных реперов, обозначенных на топографической карте и опознанных на местности и нанесение ее на карту.

В зависимости от необходимой точности определения положения точки наблюдений на карте, привязка может быть схематичной, глазомерной и инструментальной. Первые два вида привязок применяют, главным образом, при маршрутных геологических исследованиях, а инструментальную – для привязки скважин, горных выработок и сети геофизических наблюдений.

Во время геологической практики привязку точек наблюдений студенты осуществляют схематически или глазомерно.

Схематическая привязка состоит в определении «на глаз» местоположения точки наблюдений среди характерных элементов рельефа и гидросети (а также объектов, созданных природой или человеком), и в нанесении точки наблюдений среди этих же объектов, опознанных на топографической карте.

Как видно из приведённого положения, использование компаса при схематической привязке точек наблюдений не обязательно. Компас используется при глазомерной привязке, которая может быть осуществлена двумя способами.

При первом способе **глазомерная привязка** состоит в определении местоположения точки наблюдений относительно характерного элемента рельефа или объекта путём проведения вспомогательного хода на местности и в последующем нанесении этого хода и точки обнажения на топографическую карту. Направление хода определяют горным компасом, а длину - шагами (см. стр.). Если привязка точки наблюдений при помощи одного измерения почему-либо невозможна (репер закрыт лесом или горой), то привязочный ход разбивают на несколько, используя промежуточные пикеты. Запись измерений производят в полевой книжке по форме (см. ниже Схему привязочного хода).

При привязке глазомерным способом во время проведения детальной геологической съёмки следует избегать "висячих" незаконченных ходов; нужно заканчивать их либо на другом нанесённом на карту репере, либо делать ходы замкнутыми.

Глазомерная привязка точек наблюдения вторым способом (способом «засечек») осуществляется следующим образом: с точки наблюдения на реперы (характерные формы рельефа или иные объекты) берутся обратные азимуты (азимуты направлений с репера на себя), затем на карте с этих же реперов проводятся лучи (с учетом магнитного склонения) по направлению обратных азимутов и на их пересечении наносится искомая точка наблюдения.

Схема привязочного хода

Направление хода	Азимут хода	Угол превышения пикета, град.	Расстояние между пикетами, м.	Проложение между пикетами, м.
Репер-пикет 1	ЮЗ 250	+ 5	100 п.ш. (165 м.)	165
Пикет 1-пикет 2	СЗ 300	+ 15	200 п.ш. (330 м.)	318
Пикет 2- пикет 3	СВ 40	+ 5	80 п.ш.(133 м.) (п.ш. - пары шагов)	133

Удобство этого способа привязки состоит в том, что не требуется измерять расстояния. Для соблюдения достаточной точности нанесения точки наблюдений на карту необходимо следить, чтобы углы между лучами засечек были возможно ближе к прямым. При наличии тупых или острых углов возможны значительные ошибки в нанесении точки наблюдений.

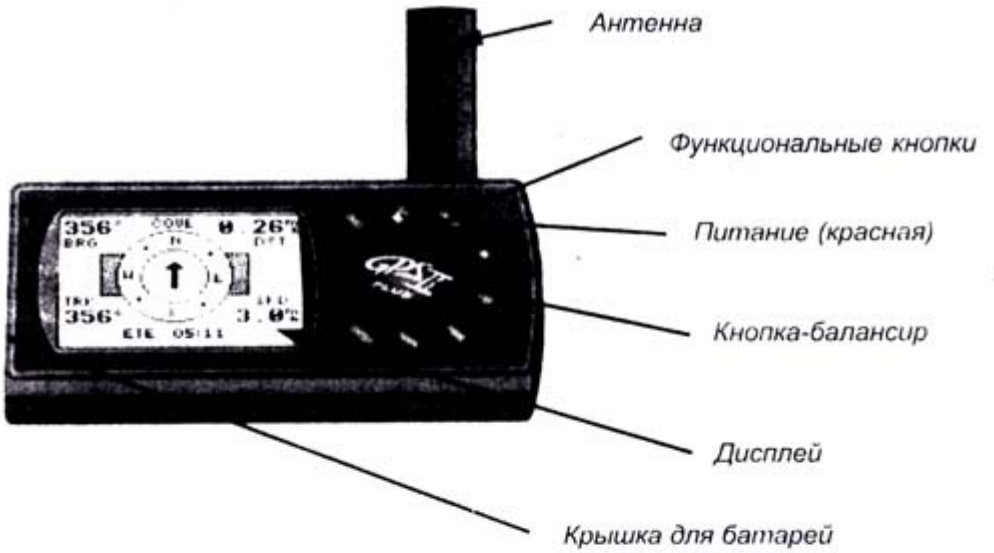
Как было сказано выше, при глазомерной привязке, расстояния между пикетами (или точкой наблюдений и репером) измеряются шагами. С этой целью определяется масштаб шагов, для чего на местности рулеткой или мерной лентой измеряется расстояние, равное 100 м., а затем определяется количество пар шагов, уложившихся в это расстояние. Желательно также определить количество пар шагов, укладывающихся в стометровый интервал при спуске и подъеме по склону. Выполненные измерения целесообразно свести в таблицу (см. табл. 1).

Таблица 1

Пример масштаба шагов

	На ровном месте							
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	62,0	31,0	18,5	12,5	6,2	3,1	1,9	1,2
	Вверх по склону (10^0)							
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	65,0	32,5	19,5	13,0	6,5	3,2	2,1	1,3
	Вниз по склону (10^0)							
Метры	100	50	30	20	10	5	3	2
Пары шагов	59,0	29,5	17,7	11,8	5,9	2,9	1,5	1,2

Инструментальная привязка осуществляется топопривязчиком (рис. 3) по прилагаемой инструкции.


Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплей
Крышка для батарей


Антенна
Функциональные кнопки
Питание (красная)
Кнопка-балансир
Дисплей
Крышка для батарей
COVE
356° 0.24
BRG DST
TRK SPD
356° 3.0
ETE 04:52

2.3. Изучение обнажений горных пород

Обнажением называется всякий выход горных пород на поверхность земли.

Обнажения массивных (кристаллических или сцементированных) горных пород называются коренными выходами, если они не разбиты трещинами выветривания на отдельные кусочки и блоки, претерпевшие перемещение на дневной поверхности.

2.3.1. Типы обнажений горных пород

Обнажения бывают естественными и искусственными.

Естественные обнажения (те, что возникли без вмешательства человека) могут быть самых различных типов: сплошные площадные выходы коренных и рыхлых пород; скальные выходы коренных пород; выходы коренных и рыхлых пород в обрывах склонов речных долин; выходы коренных и рыхлых пород в руслах рек, ручъев, промоин и рытвин, в карстовых воронках, провалах и в оползневых обвалах; каменные россыпи (развалы); высыпки (скопления мелких обломков пород на поверхности подстилающих их коренных пород того же состава).

Искусственными обнажениями называются всякие следы деятельности человека, приводящие к вскрытию горных пород. Сюда относятся специальные горные выработки, проходимые с целью вскрытия горных пород: шурфы, канавы, штольни, шахты, карьеры, различные котлованы, колодцы, траншеи. Нередко искусственные обнажения являются единственно возможными пунктами изучения горных пород.

Все обнажения по их значению для геологической съёмки можно подразделить на опорные (или главные) и промежуточные.

Опорными называются обнажения, по которым составляется представление о характере геологического разреза, фациальных изменениях слагающих его толщ, о возрастных соотношениях между ними, о расположении основных геологических границ и маркирующих горизонтах, о различных видах тектонических нарушений; обнажения с признаками полезных ископаемых.

Промежуточными можно назвать все остальные обнажения, фиксирующие распространение той или иной толщи пород.

В процессе полевых работ документируются как опорные, так и промежуточные обнажения, но приёмы документирования их несколько отличны. Опорные обнажения изучаются подробно, промежуточные - более схематично.

Документирование опорных обнажений слагается из следующих операций: I - привязка обнажения; 2 - определение пород, слагающих обнажение, и их взаимоотношений, 3 - определение элементов залегания пород, 4 - составление зарисовки обнажения, 5 - взятие образцов пород, 6 - отбор полезных ископаемых.

2.3.2. Привязка обнажений

Привязка обнажений ничем не отличается от изложенной выше привязки точек наблюдений, поскольку очень часто обнажение идентифицируется с точкой наблюдений (хотя необходимо отметить, что понятие "точка наблюдений" более широкое, чем понятие "обнажение"). Нередко крупное обнажение может включать несколько точек наблюдений, и тогда его привязка будет выглядеть, как привязка некоторого количества точек, расположенных по контуру обнажения. Именно с такой ситуацией часто встречаются студенты во время ведения площадной геологической съёмки. Нередко также точка наблюдений включает несколько небольших сближенных обнажений. Так же, как и

привязку точек наблюдений, привязку обнажений студенты осуществляют **схематически либо глазомерно** (обоими рассмотренными ранее способами), либо топопривязчиком.

2.3.3. Описание горных пород

При осмотре обнажения прежде всего нужно убедиться, что оно не представляет какую-либо глыбу, скатившуюся сверху, или оползень, так как в этом случае все наблюдения относительно условий залегания горных пород могут привести к ложным заключениям. Затем нужно обойти всё обнажение, чтобы получить общее представление об обнажённых породах и структурах и решить, какую часть выхода следует изучать наиболее детально. После этого можно приступить к определению и описанию породы или пород, которыми сложено обнажение.

При описании обнажений осадочных пород указывается следующее: наблюдается ли в породах слоистость; если да, то какие её разновидности - по форме слоев (параллельная, линзовидная или косая), по мощности отдельных слоев (грубая, мелкая, тонкая), по соотношению мощности слоев (равномерная, неравномерная), указывается характер границ слоев (чёткие или нечёткие); строение поверхностей наслоения (наличие знаков ряби или гиероглифов); текстурно-структурные особенности всех разновидностей горных пород и мощность сложенных ими прослоев.

При описании обнажений вулканогенных пород указывается следующее: фациальный тип пород (пирокластическая или лавовая фация); наличие или отсутствие слоистости в пирокластических породах и полосчатости, флюидальности или пористости в лавах; форма и строение кровли и подошвы лавовых потоков и покровов; наличие отдельности, её вид (шаровая, подушечная, плитчатая, столбчатая) и ориентировка; структура и состав пород, состав вкрапленников и обломков; размеры и ориентировка тел.

При описании интрузивных и жильных пород отмечается форма и размер тела, тип контактов (магматический, стратиграфический или тектонический); строение эндо- и экзоконтактовых зон; наличие, форма, размер и ориентировка шлиров и ксенолитов.

Для всех пород, наблюдаемых в обнажении, указывается их цвет и облик в свежем сколе и на выветрелой поверхности. Обязательно фиксируются элементы залегания слоистости и контактов.

2.3.4. Наблюдение структурных элементов

Параллельно с описанием горных пород на обнажении производятся наблюдения над складчатыми и разрывными дислокациями

При описании складчатых дислокаций указываются: форма и размер складок, форма их замков (плавная или угловатая, а также угол сочленения крыльев в замке), форма и ориентировка осевых поверхностей и шарниров складок, симметрия - асимметрия крыльев, соотношение мощности слоев на крыльях и в замках складок; характер мелких осложняющих складок и их ориентировка, генетический тип складок.

При описании разломов, если таковые замечены в обнажении, отмечается следующее: тип разрыва и направление смещения блоков вдоль сместителя; строение шовной зоны (интенсивная трещиноватость, дробление, рассланцевание или смятие); наличие глинки трения и поверхностей скольжения в шовной зоне; наличие оперяющих трещин и их ориентировка; тип коры выветривания над разрывным нарушением (структурная, зона каолинизации и пр.); характер проявления разрывного нарушения в рельефе (лог, уступ, гряда); ориентировка сместителя и штрихов скольжения на поверхности сместителя.

Описание трещиноватости горных пород ведётся по-разному в зависимости от поставленной задачи. При проведении рекогносцировочных маршрутов и в процессе проведения маршрутной съёмки даётся только общая характеристика систем трещин с указанием их ориентировки, кинематического типа (отрыва или скалывания), ориентировки штрихов скольжения, минерального заполнения, удельной плотности (количества трещин на I метр длины в направлении, перпендикулярном плоскостям трещин) и возрастных соотношений.

Если в задачу исследования входит детальное описание трещиноватости с последующим специальным анализом, то наблюдения ведутся по указанной выше схеме над каждой встреченной в обнажении трещиной. Наблюдения заносятся в таблицу (см. табл.2).

Таблица 2

№ п.п.	Азимут и угол падения	Кине-матиче-ский тип	Ориенти-ровка штрихов скольже-ния	Минераль ное заполне-ние	Сте - пень приотк-рыва - ния	Сведения о пересечении с другими трещинами	Примечания
1	132, 48	Скалы-вания	Аз. погруж. 120, 42	__	Закры-тая	___	Сопровождается незначительным рассланцеванием параллельно стенкам
220	220, 85	Отры-ва	____	Крупнок-ристали-ческий кальцит	До 3см	Пересекает 1-ю	

2.3.5. Отбор образцов горных пород

Одновременно с изучением обнажения производится отбор образцов пород и встречающейся в них ископаемой фауны и флоры. Отбираемые образцы должны дать полное представление о характере пород и об их изменениях вследствие различных геологических процессов.

Каждый образец представляет собой ту или иную породу, слагающую данный пласт, прослой, жилу и т.п. Отбор образцов не должен быть случайным, искажающим действительные соотношения между породами в обнажении. Необходимо отбирать образци, характерные для данного слоя, жилы, в которых были бы представлены обычные для них соотношения минералов, текстурные и структурные особенности, минерализация и т.п. Место отбора образцов определяют только после внимательного изучения обнажения. В качестве образца берут свежую, не измененную процессами выветривания, породу. Не обязательно придавать образцу правильную изометрическую форму. Естественная форма обломков является важным текстурным признаком породы. Нужно лишь притупить молотком острые режущие края образца. Образцы берутся различных размеров, в зависимости от их назначения. Обычный размер образцов

колеблется от 4х 6 до 9х12 см. Однако при необходимости проиллюстрировать переход одной породы в другую, изменение минерализации пород около рудных жил, распределение ископаемой фауны и т.п. приходится отбирать штуфные образцы размером до 30х30 см и даже больше.

Отобранные образцы этикетируются на месте их отбора. При этом на образец наклеивается кусочек лейкопластыря с указанием номера образца, номера бригады и наименования учебной группы (рис. 4).

В целях облегчения поиска привязки образца, его номер должен соответствовать номеру обнажения, на котором взят образец. При отборе нескольких образцов из одного обнажения, им присваивается один номер с добавлением буквенных или цифровых индексов, служащих для различия образцов между собой.

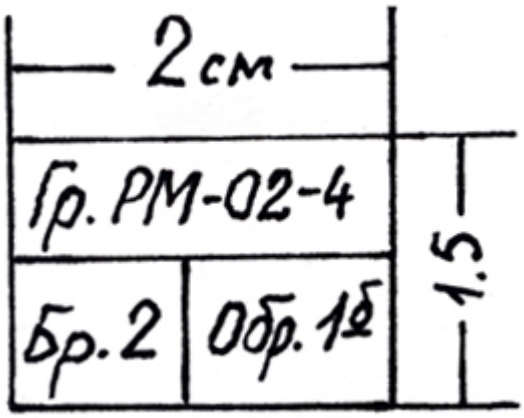


Рис. 4. Форма и содержание этикетки, наклеиваемой на образец.

При документировании опорных обнажений образцы отбирают из каждой литологической разновидности пород.

Часто студенты бывают в затруднительном положении при определении достаточного и необходимого количества образцов, отбираемых за время выполнения самостоятельного задания: нельзя оставить ни одной разновидности пород, не представленной образцом; нежелательно иметь и несколько образцов из каждой разновидности пород. Запомнить же, из какой разновидности уже взяты образцы, не всегда удаётся. А поэтому лучше брать образцы из всех разновидностей пород обнажения, а уже на базе, при камеральной обработке, лишние сократить.

2.3.6. Зарисовка обнажения

В целях лучшего восприятия другим лицом описания обнажения, а также, в какой-то мере, в качестве компенсации субъективизма при его описании, наиболее информативные обнажения или их фрагменты зарисовываются или фотографируются. Чаще всего зарисовку или фотографию делают по фронту обнажения.

При простом строении обнажения достаточно провести через него несколько мысленных вертикальных линий, на которых определяется положение геологических границ и структура обнажения относительно какого-то принятого базиса (подножия склона, границы зарисовываемого фрагмента). Эти вертикальные линии в определённом масштабе наносятся на зарисовку, а затем, по мысленно отмеченным на них точкам {пересечениям этих линий с геологическими границами и контурами обнажения), рисуется контур обнажения и геологическая ситуация (см. рис. 5).

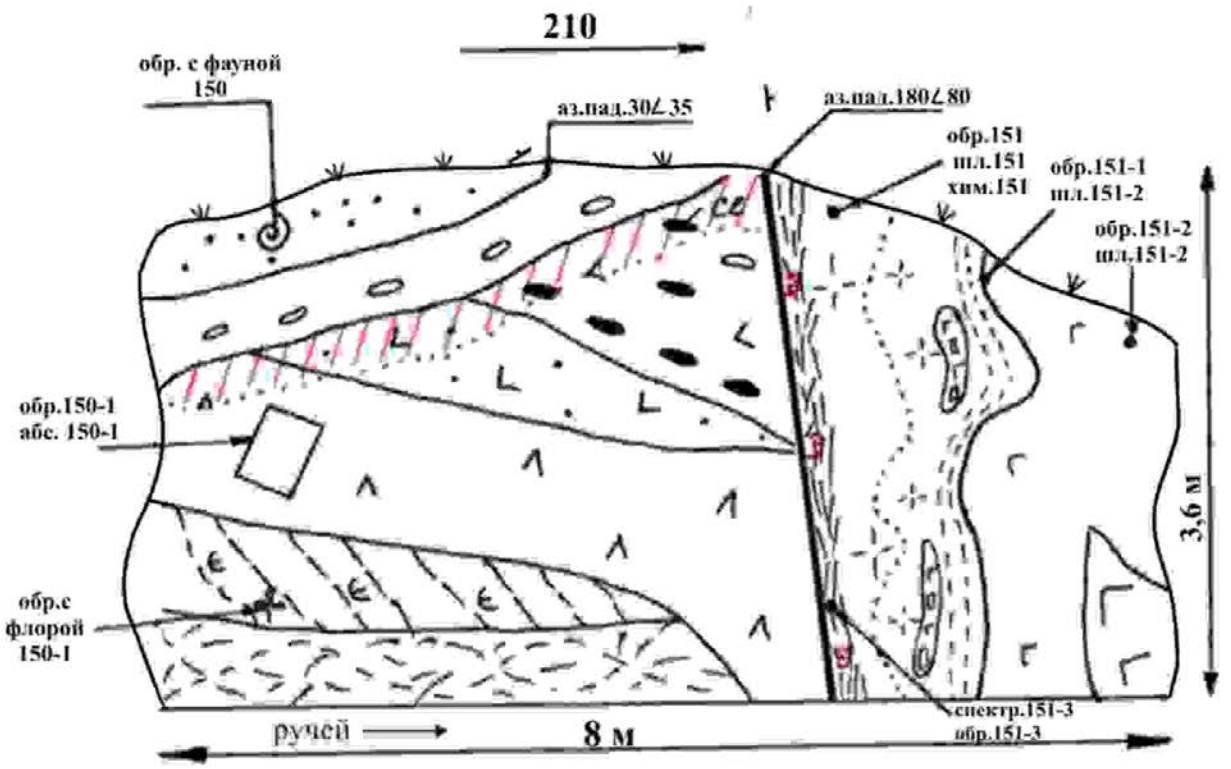


Рис. 5. Пример зарисовки обнажения

При сложном строении обнажения его необходимо разделить на квадраты удобной величины. Сетку можно нанести мелом или каким-либо подсобным материалом. Такая же сетка в определённом масштабе наносится на зарисовку и по ней, как и в предыдущем случае, отрисовывается геологическая ситуация.

При исполнении зарисовки следует широко пользоваться условными значками, отражающими состав горных пород, их текстурные и структурные особенности. Используемые условные знаки должны иметь пояснения.

Зарисовка обнажения может быть дополнена или заменена его фотографией. Фотография имеет некоторые преимущества перед зарисовкой: малые затраты времени, точность воспроизведения объекта, объективность изображения геологической ситуации. К недостаткам относятся: невозможность отражения состава пород, невозможность получения качественного фотоснимка в случае плохого или неудачного освещения, трудность в отображении на фотографии слабо заметных, но важных деталей.

С другой стороны, зарисовка по некоторым аспектам имеет преимущества перед фотографией: полное отражение особенностей строения объекта на основе его углубленного изучения, возможность подчеркнуть главное в воспроизводимом объекте.

Если обнажение сфотографировано, то в полевой книжке и в журнале образцов обязательно должны быть сделаны пометки, указывающие номер пленки и кадра.

Пример ведения дневника маршрутов

Этикетка

Уральский государственный горный университет
Название организации

ГПР МПИ, РМ-03-1, № 2
Название кафедры (партии), группы, отряда

Полевой дневник № 1
Документация маршрутов
т.н. 1-52
Студент Трешкин П.И.

2005г.

Титульный лист
Название организации
Название кафедры (партии), отряда, группы

Дневник № 1

Номенклатура планшета (ов): W-49-43-Б
Родин Иван Петрович
Фамилия, имя, отчество исследователя
Начат 30 мая 2005г.
Окончен 23 июля 2005г.
С т.н. 1 по т.н. 52
Примечание: В случае нахождения дневника просьба вернуть по адресу:
620144 г.Екатеринбург, ул.Куйбышева 30, ОХНИР
к.3319 Родину И.П.
Азимуты магнитные (или истинные с учетом поправки).

Оглавление

№ мар-шру-та	Дата	№ точек набл.	Стр.	Привязка	Объемы				
					Протяжен-ность маршрута, км	Пешие переходы, км	пробы		
							на спектр. ан.	на химич. ан	для опред. абс. возраста
1	15.07.05	1-7	2-5	Северный склон г.Крутой в бассейне руч. Верного	4,5	3	26	5	2
2	16.07.05	8-12	6-11	Верхнее течение руч. Кривого к югу от д. Слюдянки	5,0	4	20	3	1
				Итого:	9,5	7	46	8	3
1			3	Рисунки в дневнике					
2			8						

Условные обозначения и сокращения, применяемые при описании маршрутов

Описание маршрута

Дата
04,08,05

Участок: Савинский
Масштаб работ: 1: 10 000

Маршрут № 1

Цель: Уточнение геологического строения в бассейне руч. Верного, опробование измененных пород, сбор фауны для уточнения возраста известняков.

Привязка маршрута: Проходит на северном склоне горы Крутой в бассейне руч. Верного, в 120 м от высоты 435,0 по аз. 320.

Номенклатура карты: W-49-43-Б

Аэрофотоматериалы (АФС):

Фотоснимки: №№ 4109-4211

Т.н. 05-1 находится в устье руч. Крутого, впадающего в р. Пышму (правый приток) (по топопривязчику: северная широта…., восточная долгота….).

Коренной выход базальтов темно-зеленого цвета массивной текстуры (рис.№ 1).

Вкрапленники (15%) – плагиоклаз таблитчатой субизометричной формы, размером 1-3 мм; роговая обманка – черного цвета вытянутой формы. Основная масса – скрытокристаллическая, зеленого цвета. Миндалины – округлой формы, диаметр 1-3 см, выполнены кальцитом и хлоритом. Наблюдается 2 системы трещин: замеры трещин, густота, характеристика (поверхности трещин, формы, материал заполнения, соотношения по возрасту) обр. 1, шл.1.

Далее ход по аз. 50.

0-150 м в интервале глыбовые развалы (делювий) аналогичных миндалекаменных базальтов. К концу интервала (со 100 м) базальты имеют брекчиевую текстуру обр.1-1, шл.1-1.

150-200 м крупноглыбовый делювий андезитов (характеристика андезитов) – обр. 1-2, шл. 1-2.

200-350 м задернованно. Пойма мелкого ручья, заросшего густой травой.

В 360 м – на правом борту ручья коренной выход темно-серых до черных битуминозных известняков тонкослоистых. Породы катаклазированы, трещины катаклаза выполнены ветвящимися жилками мелкозернистого кальцита с редкой вкрапленностью бледно-фиолетового флюорита (рис.2) обр. 1-3, проба на спектр. ан. – 1-3, шл. 1-3.
Аз. пад. слоистости 120∠ 20-30

360-450 м редкие делювиальные глыбы светло-серых известняков нечеткослоистых с обильной фауной брахиопод. Образцы с фауной отобраны: обр. 1-4 с 380 м
обр. 1-5 с 450 м

450-500 м кора выветривания по гранитам. В высыпках нор сусликов – дресва крупнозернистых гранитов биотитовых и щебень мелкозернистых аплитов.

Т.н. 05-2 находтся в 500 м от т.н. 1 по аз. 50

Вершина сопки. Останец выветрелых крупнозернистых гранитов. В породах отчетливо выражена матрасовидная отдельность – обр.2.
Аз. пад. отдельности 360∠ 20.

В гранитах ксенолиты мраморизованных известняков.

Маршрут окончен. Пройдено:…..км

Отобрано: образцов - …. .
шлифов - ……
проб - ……

Подпись исполнителя.

Вывод по маршруту № 1

В маршруте встречены три комплекса пород: вулканогенная толща среднего-основного состава, представленная фацией текучих лав; толща известковистого состава (морские отложения) и интрузивные породы кислого состава. Наличие катаклазированных пород указывает на тектонический контакт известняков и вулканитов. Предположительно разлом имеет северо-восточное простирание (судя по прямолинейной долине ручья). Предварительно возраст известняков – девонский. Такой вывод можно сделать по комплексу встреченной фауны. Известняки прорываются гранитами. Контакт активный. Возраст гранитов моложе возраста осадочной толщи (постдевонский).

По гранитам развита кора выветривания, представленная зоной дезинтеграции. В поисковом отношении интерес представляет зона разлома, к которому приурочен ручей. Рекомендуется провести шлиховое опробование по данному водотоку.

2.4. Первичная обработка полевых материалов

Первичная обработка полевых материалов в условиях учебной геологосъемочной практики производится на базе после возвращения из маршрута или с участка площадной съемки. Она заключается в обработке коллекций горных пород и полевых книжек, а так же в обработке замеров ориентировки различных структурных элементов.

2.4.1. Обработка коллекций горных пород и корректура полевых книжек

Предварительная обработка коллекций горных пород включает в себя: 1 – окончательные определения горных пород и ископаемых органических остатков, собранных при полевых исследованиях; 2 – принятие одного названия для одних и тех же горных пород, задокументированных различными съемочными парами; 3 – сокращение

излишних образцов; 4 – занесение оставшихся образцов в специальный журнал (каталог образцов).

В первую очередь окончательного определения требуют те породы, при описании которых у практикантов были сомнения в точности данных им названий. Эти сомнения могли возникнуть по причине недостаточной выразительности структуры или текстуры пород, либо из-за трудности определения их минерального состава. На базе, при наличии бинокулярного микроскопа, соляной кислоты, а также эталонной коллекции горных пород со шлифами, диагностику пород можно сделать более точно.

Затем сравниваются породы, задокументированные всеми съемочными парами и при наличии одинаковых признаков, породе дается одно название.

На базе, в стационарных условиях, производится препарирование ископаемых органических остатков и дается окончательное определение их с помощью атласов ископаемых форм.

Результаты полевых наблюдений должны быть показаны руководителю практики, при необходимости откорректированы при его участии, и только после этого они становятся пригодными для дальнейшей камеральной обработки. Возможные лишние образцы пород сокращаются, а оставшиеся заносятся в каталог, составленный по стандартной форме (Табл. 3).

Таблица 3

№ п/п	№ образца	Название породы	Привязка обнажения	Примечание
31	12/а	Тонкослоистый зеленовато-серый псаммитовый туф	Левый берег р. Пышмы в 900 м выше устья рч. Рудянки	Сопоставить с обр. 4/е

В результате первичной обработки полевых материалов в полевую книжку вносятся исправления с учетом изменений в диагностике пород и, возможно, в интерпретацию полевых наблюдений.

2.4.2. Обработка замеров ориентировки плоскостных структурных элементов

Первичная обработка массовых замеров ориентировки различных структурных элементов состоит в построении диаграмм их ориентировки. В настоящее время наиболее широкое применение в изображении ориентировки структурных элементов приобрели круговые точечные диаграммы.

Нанесение замеров на круговую диаграмму производится с помощью трафарета, представляющего собой окружность, разбитую на 360 градусов и проградуированную в направлении против часовой стрелки, с радиусом, разбитым на 90 градусов и проградуированным в направлении от центра окружности к периферии. Радиус трафарета проведен через точку начала отсчета азимутов на трафарете.

Диаграмма ориентировки трещин строится на кальке, которая накалывается на иглу в центре трафарета. На кальке по трафарету проводится окружность, а на окружности черта начала отсчета азимутов («север» диаграммы). Для нанесения на диаграмму ориентировки трещины «север» диаграммы устанавливается на окружности трафарета против цифры, соответствующей азимуту падения трещины, а на радиусе трафарета

ставится точка против цифры, соответствующей углу наклона трещины. Эта точка на диаграмме называется полюсом данной конкретной трещины и отражает ее элементы залегания. Трафарет может быть заменен стереографической проекцией (сеткой Шмидта или Вульфа).

После нанесения всех замеров диаграмма имеет вид круга с расположенными на нем полюсами трещин. Если полюса расположены неравномерно, то каждому участку их сгущения соответствует система трещин.

Для достижения большей наглядности и определенности диаграммы, на ней проводят изолинии плотности полюсов трещин, подсчитывая количество полюсов на 1 процент площади диаграммы.

Для этого в квадратике из плотной бумаги или тонкого картона вырезается круглое отверстие, размером в 1/10 радиуса диаграммы. Затем диаграмма с нанесенными на нее полюсами трещин накладывается на квадратную сетку со стороной ячейки, равной радиусу малого кружка; накрывается сверху еще одной чистой калькой; на каждое перекрестие подложенной сетки накладывается малый кружок (центром в перекрестье); подсчитывается количество полюсов, попавшее в кружок и в перекрестии ставится точка, а рядом с ней цифра, соответствующая количеству полюсов, попавших в кружок.

Определение плотности полюсов на периферии диаграммы производится с помощью приспособления, состоящего из двух малых кружков, расположенных на расстоянии друг от друга, равном диаметру диаграммы. В центре полоски есть узкая прорезь, через которую приспособление одевается на иглу трафарета. Для определения плотности полюсов трещин, при насаженном на иглу приспособлении, один из его кружков устанавливается центром в перекрестие сетки около ее периферии, и в этом перекрестии ставится точка и пишется цифра, отвечающая количеству полюсов, попавших в оба кружка.

После того, как по всему кругу определена плотность полюсов, на верхней кальке через точки с известной плотностью (а между точками методом интерполяции) проводятся изолинии плотности полюсов. При проведении изолиний на периферии диаграммы (где изолинии обрываются) необходимо помнить, что «выход» за пределы контура диаграммы и «вход» внутрь контура одой и той же изолинии должны располагаться на противоположных сторонах диаграммы, симметрично относительно ее центра. С помощью изолиний определяются центры тяжести максимумов полюсов трещин, по которым определяется ориентировка выделившихся систем трещин.

Для определения элементов залегания системы трещин диаграмма накалываетя на трафарет, центр максимума полюсов системы трещин совмещается с радиусом трафарета и на окружности трафарета, против отметки «север» диаграммы, снимается отсчет, соответствующий азимуту падения данной системы трещин, а на радиусе трафарета, против центра тяжести максимума, снимается отсчет, соответствующий углу ее падения.

3. Физико-географическая и геологическая характеристики Сухоложского района.

3.1. Физико-географический очерк

Сухоложский район Свердловской области расположен на восточном склоне Среднего Урала в переходной зоне от холмисто-увалистого рельефа Зауралья к Западно-Сибирской низменности. Поверхность района представляет собой всхолмленую

равнину с общей тенденцией погружения на восток с абсолютными отметками водоразделов 240 м. Граница крупного водораздела проходит северо-восточнее р Пышма.

Обнаженность района неравномерная. Палеозойские образования в виде коренных выходов наблюдаются преимущественно по долинам рек. Мезозойские отложения можно наблюдать в карьерах по добыче строительных материалов и в естественных разрезах в восточной части площади.

Главной водной артерией района является река Пышма с притоками Рефт и Кунара, принадлежащая к бассейну р. Оби.

По характеру растительности район относится к лесной и лесостепной зонам с уменьшением степени залесенности с севера на юг и со сменой сосновых лесов на лиственные.

Климат района континентальный с холодной зимой и прохладным летом. Среднегодовое количество осадков 500 мм. , из них на весенне-осенний период (апрель-октябрь) приходится 360 – 375 мм. Основными ветрами являются западные, средняя скорость ветра 4,4 м/с.

В административном отношении территория входит в состав Сухоложского района Свердловской области. Кроме города Сухого Лога на описываемой территории имеется ряд сел и деревень - Знаменское, Рудянское, Кашино, Курьи, Шата, Брусяна, Глядены, Мокрая. Город Сухой Лог связан с городом Екатеринбургом железной дорогой и асфальтированным шоссе. Населенные пункты в пределах площади связаны автобусным сообщением.

В экономическом отношении район является промышленно-сельскохозяйственным. Основные промышленные предприятия сосредоточены в г.СухойЛог – комбинат асбоцементных изделий, завод по переработке вторичных металлов, авторемонтный завод, бумажная фабрика. Цементный завод располагается за юго-восточной окраиной города.

Основное направление сельского хозяйства – земледелие и животноводство.

3.2. История геологического изучения района

Геологические исследования в Сухоложском районе были предприняты еше в позапрошлом столетии в связи с изучением углей, содержащихся в угленосной толще карбона. Они проводились под руководством А.П.Граматчикова. Результаты этих работ были опубликованы в 1852 году.

В 1880 году в “Горном журнале” была опубликована заметка о находке следов деятельности первобытного человека, населявшего известняковые пещеры на левом берегу р. Пышмы в районе г. Сухого Лога. Наиболее крупная из этих пешер носит имя Гебауэра.

Более полные сведения о геологии Сухоложского района содержатся в трудах А.П.Карпинского. Предварительные результаты работ были изложены им в кратких статьях в “Горном журнале” за 1880 год. Более полные данные его работ были опубликованы в монографии “Геологические исследования и разведки на восточном склоне Урала”, изданной в 1949 году. Наибольший интерес из них представляют описания обнажений по рекам Пышме, Шате, Брусяне Кунаре. А.П.Карпинским, в частности, был определен силурийский возраст известняков в верховьях р. Шаты, девонский возраст известняков на северо-восточной окраине с. Знаменского и в низовье р. Шаты, каменноугольный возраст известняков и песчаниково-сланцевых пород на р. Пышме в окрестностях тогдашнего с. Сухоложского. В пределах окрестностей с. Сухоложского

А.П.Карпинским отмечены признаки медных руд, описаны месторождения каменного угля, минеральных красок, каолиновых глин, трепела и других полезных ископаемых.

С 1920 по 1924 годы по поручению Геологического комитета в окрестностях села Сухоложского детальную геологическую съемку проводил И.И.Горский. Результатом этой съемки явилась геологическая карта окрестностей с. Сухоложского масштаба 1:21000. В отчете об этих работах приведены детальные описания обнажений по рр.Пышме, Шате, Ключ, Усолке и логам, впадающим в долину р. Пышмы.

В послевоенные годы изучением каменноугольных отложений района занимался А.А.Пронин. Результаты исследований вошли в монографию “Карбон восточного склона Среднего Урала”, опубликованную в 1960 г.

С начала 30-ых годов в окрестностях Сухого Лога проводится учебная геологическая практика студентов Свердловского горного института, а ныне Уральского государственного горного университета. Коллективом преподавателей кафедры Общей и динамической геологии под руководством А.А.Малахова и В.Е.Засыпкина на основе накопившегося материала о геологическом строении района было подготовлено и издано в 1954 году “Методическое руководство по учебной геологической практике в окрестностях Сухого Лога”, длительное время являвшееся основным пособием при проведении геологичской практики.

В 60-е годы Т.В.Диановой, а в 70-е и 90-е К.П.Плюсниным изучались вулканогенные образования района. Этими исследоватлями были предложены схемы расчленения вулканогенных толщ и определены наиболее крупные вулканические постройки.

В 1961 году под руководством Ю.П.Алексеева была закончена разведка Кунарского месторождения известняков, интенсивно разрабатываемого в последующие годы.

В 1972 году коллективом, возглавляемым М.Т.Собоевым, были закончены работы по составлению геологической карты масштаба 1: 50 000 восточной части Сухоложского района.

С 1973 по 1978 годы в западной части района под руководством В.П.Олерского проводилась геологическая съемка и доизучение масштаба 1 : 50 000. В результате работ составлены: геологическая карта полезных ископаемых, карта четвертичных образований. Эти материалы были положены в основу Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (автор Грабежева Т.Г.), изданную в 1983 году.

Детальная разведка участка аргиллитов Ново-Сухоложского месторождения цементных глин проводилась в 1991 г. Б.М.Новоселовым.

С 1999 по 2002 годы на листе О-41-XXVI, в состав которого входит западная часть Сухоложского полигона, геологическое доизучение масштаба 1 : 200 000 производилась под руководством В.А. Рыбалко. Был составлен комплект карт и отчет по состоянию изученности на 01.01.2002г.

Сведения о глубинном строении территории (в т.ч. Сухоложского полигона) изложены А.Г.Кислицыным в отчете по теме «Переинтерпретация материалов гравиметрических съемок масштаба 1 : 50 000 на Среднем Урале» (1999г.).

Е.М.Ананьева завершила составление карты глубинного строения верхней части земной коры в масштабе 1 : 200 000 листа О-41-XXVI (Е.М.Ананьева, 2001).

Параллельно продожались исследования, проводимые сотрудниками кафедр Структурной геологии и Общей и исторической геологии и палеонтологии Свердловского горного института. По результатам работ производственных организаций и указанных кафедр СГИ были составлены “Учебная карта Сухоложского района” и учебное пособие “Учебная геологосъемочная практика”. Последующие работы сотрудников тех же кафедр по изучению строения вулканогенных и осадочных толщ, а также по фациальному и

петрохимическому расчленению вулканогенных пород района позволили составить более детальную геологическую карту, соответствующую современным геологическим представлениям, а также учебные пособия “В краю потухших вулканов” и “Учебная геологосъемочная практика”, 2004, «Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье», 2004. К Всероссийскому симпозиуму по вулканологии и палеовулканологии профессором В.Н.Огородниковым подготовлен путеводитель Среднеуральской геологической экскурсии, 2003.

3.3. Геологическое строение района

Территория Сухоложского полигона расположена в пределах Восточно-Уральской мегазоны, претерпевшей длительную эволюцию геологического строения.

Геополигон располагается в Алапаевско-Теченской зоне на границе двух подзон: Рефтинско-Каменской (западной) и Алапаевско-Айбыкульской (восточной).

Границей подзон принято считать Тыгишский разлом (ограничивающий с запада бекленищевскую свиту нижнего карбона).

В геологическом строении района практики принимают участие преимущественно осадочные и вулканогенные образования палеозойского возраста, в восточной части района перекрытые чехлом мезозой-кайнозойских недиагенизированных или слабо диагенезированных континентальных и морских отложений.

Интрузивные образования развиты в меньшей степени и представлены Рефтинским массивом раннедевонского возраста, а также малыми телами гипабиссального и субвулканического уровня глубинности девонского и каменноугольного возраста.

Район характеризуется напряженной тектоникой, следствием этого является складчато-чешуйчато-блоковое геологическое строение. Наиболее интенсивно дислоцированы и метаморфизованы дочетвертичные образования.

3.3.1. Стратиграфия

Стратиграфический разрез района представлен осадочными и вулканогенными образованиями палеозойской, мезозойской и кайнозойской эратем.

3.3.1.1. Палеозойская эратема

Палеозойская эратема представлена девонской и каменноугольной системами. Эти образования под покровом маломощных рыхлых четвертичных отложений развиты в западной и центральной частях района, а в восточной части района перекрыты мезо-кайнозойским чехлом. Значительную роль в составе палеозойских стратонов играют вулканогенные образования. Анализ строения, состава и последовательности залегания вулканогенных пород района позволяет выделить среди них разнотипные вулканогенные формации, которые по фациальному и петрохимическому составу и возрасту параллелизуются с типоморфными для Урала вулканогенными формациями Магнитогорского мегаблока.

Девонская система

Девонская система представлена средним и верхним отделами. Образования среднего отдела выделены под названиями: базальт-дацитовая толща (D_2bd) – в Рефтинско-Каменской подзоне; сухоложская толща (D_2sh) – в Алапаевско-Айбыкульской подзона. Средний-верхний отделы представлены маминской толщей (D_{2-3}mm). Верхний

отдел представлен кодинской свитой (D_3kd). Возраст стратонов определен по ископаемой фауне и флоре.

Средний отдел D_2

Базальт-дацитовая толща (D_2bd). Данная толща в пределах Сухоложского полигона имеет ограниченное распространение и тектонические контакты как с габброидами Рефтинского массива, так и с нижнекаменноугольными осадочными породами бекленищевской свиты.

На территории полигона толща представлена базальтами (в том числе миндалекаменными) и туфами базальтов. Породы интенсивно дислоцированы. Вторичные изменения представлены альбитизацией, хлоритизацией, актинолитизацией. Участками породы превращены в зеленые сланцы.

Сухоложская толща (D_2sh). Породы, слагающие сухоложскую толщу, обнажаются в северо-западной и юго-восточной частях геополигона. Толща локализована в пределах тектонических блоков, ориентированных в субмеридиональном направлении.

Нижняя часть толщи представлена осадочным типом разреза. В бассейне р. Шата скважинами К-331, К-348 вскрыты переслаивающиеся известняки с конгломератами, кремнистыми сланцами, песчаниками и алевролитами, гальки конгломератов представлены темно-серыми почти черными известняками. В алевритовом цементе конгломератов содержится микрофауна эйфельского возраста. Мощность пачки 350 м.

Верхняя часть сухоложской толщи представлена преимущественно вулканогенными образованиями. Толща сложена эффузивными, пирокластическими, осадочно-пирокластическими породами непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, а также вулканогенно-осадочными и осадочными породами. В строении преобладают базальты, андезибазальты, андезиты и их туфы. Преобладающим развитием пользуются эксплозивно-обломочные породы (туфы). По размерности обломков состав туфов изменчив – от алевритовых до псефитовых. Часто наблюдается переслаивание туфов с потоками лав того же состава, как правило, имеющими подушечное и шаровое строение. Потоки базальтов и андезибазальтов афирового строения редки. Вулканиты кислого состава имеют подчиненное значение в разрезах. Кислые лавы – это преимущественно порфировые разности, часто с лавобрекчиями в краевых частях. Пирокластические образования дацитового, риодацитового и риолитового состава представлены алевритовыми, ляппиллевыми и бомбовыми туфами.

В целом, сухоложская толща представлена вулканитами пестрого состава, характеризующихся быстрой фациальной сменой.

В южном направлении характер разреза сухоложской толщи изменяется, что выражается в увеличении объема осадочно-вулканогенных (менее 50% осадочного компонента) и вулканогенно-осадочных ассоциаций в комплексе с рифогенными известняками, песчаниками, кремнистыми сланцами биогенного происхождения.

В пределах развития сухоложской толщи сохраняются фрагменты вулканотектонических построек разного ранга.

В соответствии с петрографическим кодексом (1995г.) по имеющимся геолого-геофизическим данным в пределах геополигона выделяется два вулканических массива. Первый из них располагается в бассейне р. Рефт и его притока Винокурка. Ранее в 1975 году К.П.Плюснин выделил здесь Винокуровскую вулкано-тектоническую структуру центрального типа., которой соответствует положительная гравитационная аномалия. Винокуровский вулканический массив представлен миндалекаменными базальтами, андезитами и их туфами. На территории Сухоложского полигона располагается только южная часть Винокуровского массива. К югу от него выделяется Пышминский массив, характеризующийся слабо аномальным гравитационным полем. В пределах Пышминского

массива сохранятся фрагменты трех вулкано-тектонических структур центрального типа с признаками кальдерообразования и системой радиально-дуговых разломов. В пределах Пышминского вулканического массива исследованиями прошлых лет выделены вулканические постройки центрального типа (стратовулкан «Дивий камень» и другие). На геологической карте они выделены особым знаком. Жерловые и прижерловые фации представлены экструзивными и субвулканическими образованиями, агломератовыми бомбовыми туфами. В прижерловых образованиях наиболее часто проявлены процессы окварцевания, пиритизации, серицитизации. Промежуточные фации представлены преимущественно лавами в ассоциации с псаммитовыми пирокластическими отложениями. Удаленные (периферические) фации вулканитов развиты на геополигоне на южном склоне вулканогенной гряды. Они представлены вулканогенными обломочными породами, алевритовыми туфами в переслаивании с рифогенными и аккумулятивно-рифогенными известняками и морскими мелководными терригенно-осадочными отложениями.

Последние наблюдаются на руч. Брусяны ниже «Белого лога», в карьере у западной окраины села Знаменского, на левом склоне долины р. Пышмы между устьями руч. Брусяны и руч. Знаменка. Живетский возраст кремнистой пачки определен по остаткам фораминифер из известняковых прослоев.

Мощность сухоложской толщи составляет 750м.

Средний-верхний отделы D_{2-3}

Маминская толща (D_{2-3}mm). Толща представлена углисто-глинисто-кремнистыми породами темно-серого и черного цветов с прослоями известняков. Разрезы этих образований наблюдаются на р. Брусяна ниже «Белого Лога», в левом склоне долины р. Пышмы между устьями р. Брусяна и руч. Знаменка, а также в карьере у западной окраины села Знаменское. Мощность кремнистых сланцев 70 м. Взаимоотношения с нижележащими образованиями не ясны. Живетский возраст определен по остаткам фораменифер из прослоев известняков.

К югу от р. Шата разрез маминской толщи представлен светло-серыми и темно-серыми глинистыми известняками, живетский возраст отложений определен по фауне.

Южнее Сухоложского полигона в районе с. Кунарского и юго-западнее оз. Куртугуз в аналогичных кремнистых породах обнаружены конодонты верхнего девона (сборы А.В.Коровко, В.А.Рыбалко, определения Г.Н.Бороздиной).

Мощность маминской свиты – 150 м.

При современной степени изученности определить объем маминской толщи не представляется возможным. В стратотипических разрезах кремнистые породы переслаиваются с вулканитами неконтрастной базальт-андезитовой формации.

Верхний отдел D_3

Кодинская свита (D_3kd). Осадочные породы кодинской свиты локализованы в линейном тектоническом блоке и прослеживаются от южной до северной границы Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать на р. Ключ и в борту р. Пышма. Состав свиты: алевролиты, алевропелиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, линзы известняков. Цвет пород – серый, бурый, зеленоватый, черный. Характерно частое переслаивание пород. Слоистость параллельная. Состав терригенного материала: кварц, плагиоклаз, кремнистые породы, риолиты, дациты, пемзы.

Возраст свиты определен по брахиоподам, фораминиферам, водорослям, спорам растений как позднедевонский в объеме франа.

Мощность свиты 700 м.

Каменноугольная система

Каменноугольная система сложена преимущественно терригенными и карбонатными отложенияи с небольшим количеством вулканогенных образований в западной части района и представлена нижним и средним отделами.

Нижний отдел C_1

Стратоны нижнего отдела каменноугольной системы представлены бекленищевской (C_1bk), егоршинской и бурсунской (**(**C_1eg+C_1br), исетской (C_1is) свитами.

Бекленищевская свита (C_1bk). Свита располагается в западной части Сухоложского полигона и прослеживается в пределах тектонического блока близмеридиональной ориентировки от оз. Куртугуз до приустьевой части р. Рефт. Свита представлена пестрым фациальным комплексом осадочных и вулканогенно-осадочных пород морского генезиса.

Нижняя часть разреза бекленищевской свиты не имеет естественных выходов на дневную поверхность. Свита изучена несколькими профилями скважин, где наблюдалось сложное переслаивание темно-серых до черных алевролитов и аргиллитов с маломощными прослоями песчаников и редкими отпечатками обугленного растительного детрита. Фаунистически эта часть разреза не охарактеризована.

Вверх по разрезу постепенно увеличивается карбонатность пород. Эта часть представлена переслаивающимися серыми и темно-серыми глинистыми и глинисто-известковистыми аргиллитами, полимиктовыми песчаниками, реже конгломератами, а также прослоями туфов и туффитов, мергелей и известняков.

Карбонатно-терригенный разрез свиты фациально замещается вулканогенно-осадочным комплексом пород. Наиболее представительные выходы этих пород располагаются в приустьевой части р. Рефт. В обломках из конглобрекчий определены фораминиферы, свидетельствующие о визейском возрасте (определения Т.Н.Степановой).

Мощность бекленещевской свиты составляет 800 м.

Егоршинская и бурсунская свиты объединенные (C_1eg+C_1br). Континентальные угленосные образования егоршинской и бурсунской свит прослеживаются в узком клиновидном тектоническом блоке вдоль железной дороги. Разрез этих свит можно наблюдать по р. Пышма между ручьями Ключ и Крутой Лог.

Егоршинская свита сложена переслаивающимися темно-серыми до черных глинистыми, углисто-глинистыми и углистыми аргиллитами, алевролитами, серыми и темно-серыми песчаниками и конгломератами. Характерно обилие флористических остатков, наличие маломощных пластов угля, быстрая смена фаций и сложное тектоническое строение. Мощность свиты 350-500 м.

Безугольные отложения *бурсунской свиты* залегают согласно на угленосных породах егоршинской свиты, представлены зеленовато-сероцветными грубообломочными отложениями с бедными органическими остатками. Характерно появление известковистых разновидностей. Мощность свиты 300-500 м.

Возрастная датировка объединенных егоршинской и бурсунской свит – верхнее турне – низы верхнего визе (включая жуковский горизонт). Данные свиты являются возрастным аналогом средней и верхней частей бекленищевской свиты.

Исетская свита (C_1is). Свита имеет широкое площадное распространение в восточной части Сухоложского полигона. Разрез свиты можно наблюдать по р.р. Пышма, Кунара, в Кунарском карьере известняков, в приустьевой части р. Рефт. Вблизи железнодорожного моста через р. Пышма наблюдалось согласное налегание известняков на терригенные породы бурсунской свиты. В пределах листа О-41-XVI взаимоотношения бурсунской и исетской свит установлено в ряде скважин (Олерский, 1978).

Исетская свита представлена преимущественно известняками. В известниках встречается обильная фауна одиночных и колониальных кораллов и брахиопод. Известняки слоистые и массивные, в верхней части разреза породы доломитизированы и брекчированы (известняковые брекчии) с прослоями мергелей. В нижней части разреза преобладают битуминозные известняки с линзами кремней.

По комплексу фауны возраст исетской свиты установлен как визейский – серпуховский.

Мощность свиты – 450 м.

Средний отдел C_2

Щербаковская свита (C_2šc). Свита имеет ограниченное распространение в бассейне р. Кунара. Породы свиты локализованы в мелких тектонических блоках среды известняков исетской свиты. Щербаковская свита представлена алевролитами, аргиллитами, сероцветными известковистыми песчаниками с прослоями конгломератов, мергелей, битуминозных известняков.

Возраст пород свиты установлен по брахиоподам и соответствует башкирскому и московскому веку.

Мощность щербаковской свиты - 350 м.

3.3.1.2. Мезозойская эратема

Коры выветривания

Территория Сухоложского полигона располагается в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала на границе с континентально-морской цокольной равниной, что и определило широкое развитие кор выветривания. В пределах геополигона выделяется два морфологических типа – площадная и линейная. Площадные коры развиты преимущественно на водоразделах. Традиционно выделяется три зоны профиля коры выветривания: дезинтеграции, промежуточных продуктов, глинистых продуктов. На Сухоложском полигоне зона глинистых продуктов развита только в восточной части, в западной части имеет место двухзональный профиль коры. Линейные коры выветривания обычно развиваются в зоне разломов либо по контактам геологических тел.

Выделяется два генетических типа кор – остаточные и переотложенные. В районе резко преобладает первый тип.

Окраска пород, слагающих профиль коры выветривания, обычно в верхней глинистой зоне неоднородная: пятнистая, пятнисто-полосчатая с преобладанием буроватых и красноватых оттенков. С глубиной окраска выветрелых пород приближается к цвету материнских. К востоку происходит понижение кровли остаточной коры выветривания с 206 м до 160 м. В восточной части полигона коры выветривания перекрываются палеоценовыми отложениями серовской свиты. Среди глинистых продуктов по вещественному составу преобладающим является каолинитовый тип. Состав тяжелой фракции шлихов обычно зависит от состава материнских пород. В площадных корах постоянно присутствуют гидроокислы железа, реже марганца.

Мощность площадных кор в Сухоложском районе в среднем составляет 18-20 м.

Триасовая система, верхний отдел - юрская система, нижний отдел

Челябинская серия (T_3-J_1čl). Нерасчлененные триасово-юрские отложения района представлены вулкаогенно-осадочными породами. Они приурочены к протяженному грабену, пересекающему восточную часть района в субмеридиональном направлении и перекрытому кайнозойским чехлом. Нижнюю часть разреза слагают преимущественно вулканогенные породы разного состава (от базальтов до риолитов) с незначительным количеством пестроцветных конгломератов, песчаников и аргиллитов. Верхнюю часть разреза слагают преимущественно осадочные сероцветные мелко- и тонкообломочные породы.Обломочные породы по составу относятся к полимиктовым. В прибортовых частях грабенов широким развитием пользуются краснобурые конгломераты и гравелиты (фации конусов выноса).

Мощность триасово-юрских отложений на описываемой территории достигает 200 м. Выходы их наблюдаются только в глубоко врезанных долинах крупных рек Пышмы и Кунары.

Меловая система

Меловая система в районе представлена обоими своими отделами. Ее отложения обычно перекрыты более молодыми осадками и не имеют широкого развития на земной поверхности.

Нижний отдел $К_1$

Нижний отдел меловой системы представлен **аптским и альбским ярусами $К_1а$,** состоящим из двух стратонов – алапаевской и синарской.

Алапаевская толща представлена каолинит-гидрослюдитыми серыми, бурыми, кирпично-красными глинами с песком, хорошо окатанной кварцевой галькой и щебнем окремнелого известняка. За белый цвет породы названы “беликами”. Мощность беликовой толщи редко превышает 10 м. В основании “беликов”, как правило, наблюдаются бурые железняки инфильтрационного происхождения в форме линз, гнезд, пластов. Состав бурых железняков: гидрогетит, гидрогематит, сидерит. Алапаевская свита обычно приурочена к понижениям древнего рельефа – эрозионным или карстовым воронкам. Возраст алапаевской толщи предполагается на уровне апского яруса.

Синарская свита нижнего мела сложена пестроцветными и белоцветными континентальными (аллювиально-озерными) глинами каолинитового состава с прослоями лигнитов марказитсодержащих и кварцевых песков. Приурочена к эрозионным депресиям, не имеет широкого площадного распространения и повсеместно перекрыта кайнозойскими отложениями. Синарская свита несогласно залегает на алапаевской толще, либо на известняках. Выходы пород свиты наблюдались только в карьере “Белая глина”, который после прекращения в нем работ по добыче огнеупорных глин затоплен. Мощность свиты достигает 15 м. Апт-альбский возраст отложений установлен по результатам споро-пыльцевого анализа.

Верхний отдел $К_2$

Верхний отдел меловой системы представлен **коньякским ярусом.**

Камышловская свита (K_2km). Отложения камышловской свиты представлены зеленовато-серыми и светлосерыми мелкозернистыми кварц-глауконитовыми слабо сцементированными песчаниками и песками морского происхождения. Пески хорошо отсортированы. Эти породы имеют широкое площадное распространение, но перекрыты кайнозойскими осадками. Выходы пород наблюдались в карьере “Белая глина” и известны в верховьях рч. Каменки, левого притока р. Пышмы, впадающего в нее

восточнее пос. Курьи. Возраст пород определен по остракодам, фораминиферам, зубам акул. Мощность свиты не превышает 10 м.

3.3.1.3. Кайнозойская эратема

Кайнозойская эратема на описываемой территории представлена всеми тремя системами – палеогеновой, неогеновой и четвертичной.

Палеогеновая система ●

Палеогеновая система в Сухоложском районе представлена верхним палеоценом-нижним эоценом. На восточном склоне Урала эти отложения известны под названием **серовской свиты.**

Серовская свита ●$_{1-2}$ sr.

Свита сложена опоками, песчаниками и алевролитами на опоковом цементе, трепелами. Преобладают опоки. Песчаники имеют глауконит-полевошпат-кварцевый состав. Эти морские отложения имеют спорадическое развитие в восточной части района, перекрывая собой все более древние отложения в углублениях палеозойского фундамента. Коренные выходы опок встречаются в глубоких логах и в карьерах по добыче глин, известняков и самих опок. Возраст пород свиты определен по ископаемым остаткам фораминифер, моллюсков и гексакораллов.

Мощность свиты достигает 12 м.

Неогеновая система N

Светлинская свита (N_1sv). Отложения неоеновой системы представлены пролювиально-делювиальными песчано-алевритистыми глинами красновато-бурого цвета с редкой галькой кварца. Слоистость выражена не отчетливо. Свита залегает с размывом на более древних образованиях. Неогеновые отложения повсеместно наблюдаются в бортах карьеров на водоразделе рр. Пышмы и Кунары. Мощность отложений неогеновой системы не превышает 4 м. Возраст пород принят по аналогии с подобными отложениями Зауралья, где он был определен по остаткам речных моллюсков в аллювии верхних цокольных террас крупных рек.

Четвертичная система Q

Образования четвертичной системы принадлежат различным генетическим типам и покрывают значительную часть площади в виде маломощного чехла. Возраст аллювиальных, озерных, палюстринных отложений определяется по ископаемым остаткам (фауне и флоре), а также по споро-пыльцевым комплексам. Возраст элювиальных, делювиальных и прочих образований определяется (условно) по геоморфологическому положению.

Эоплейстоцен

Нижнее звено

Отложения этого возраста на площади представлены аллювиальными и озерными (a,l) генетическими типами. В возрастном отношении они приурочены к увельской свите. Встречаются локально в западной части площади (Зауральская цокольная равнина).

Аллювиальные и озерные отложения увельской свиты (a,lEI*uv*) вытянуты в меридиональном направлении.

Фрагмент этих отложений выделен к юго-востоку от оз. Беткулово, на абсолютной отметке 200 м. Отложения представлены известковистыми глинами зеленовато-серого, желтовато-зеленого, зеленовато-бурого, серовато-бурого цвета, песками мелкозернистыми, полимиктовыми с рыхлым железисто-марганцовистым бобовником. На одних участках, аллювиальные и озерные отложения залегают на склоне, на других участках – в переуглублении под аллювиальными отложениями батуринской свиты и выхода на поверхность не имеют. Мощность отложений более 8,4 м . Залегают на мезозойских корах выветривания, перекрыты аллювиальными отложениями батуринской свиты, полигенетическими и делювиальными образованиями среднеуральского надгоризонта.

Неоплейстоцен
Неоплейстоцен нерасчлененный

Отложения этого возраста представлены элювиальными и делювиальными образованиями (e,dNP). Распространены очень широко в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Развиты на возвышенностях и их пологих склонах.

Представлены глинами и суглинками со слабо выветрелым щебнем подстилающих пород и редким полимиктовым гравием.

В большинстве случаев они залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность до 3 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

Возраст отложений определен как нерасчлененный неоплейстоцен.

Нижнее звено

Отложения этого возраста представлены аллювиальными отложениями батуринской свиты (al*bt*).

Аллювиальные отложения батуринской свиты (al*bt*) развиты в западной части геополигона в виде участков меридионального и субмеридионального простирания, фиксирующих фрагменты древних речных долин, потерявших связь с современной гидросетью. Они приурочены к контакту приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала и континентально-морской цокольной равнины Зауралья. Фрагменты древнего аллювия выделены от озера Куртугуз к северу, его протяженность 11 км при ширине от 800 до 1300 м. Разрез изучен скважинами мотобурения.

Аллювиальные отложения представлены песками полимиктовыми с гравием, глинами гидрослюдистыми, известковистыми, серыми, зеленовато-серыми, зеленовато-голубыми, серовато-бурыми. Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом и цоизитом – 54%, роговой обманкой – 20%, ильменитом – 6%, лимонитом – 8%, цирконом – 6%, рутилом – 2%, сфеном – 2%, апатитом – 1%, хромитом – 1%. Выход 3%. Палеогеографический коэффициент 0,9.

В спорово-пыльцевых комплексах этих отложений преобладает пыльца ели, сосны, пихты.

Путем отстройки поперечных профилей через древние речные долины было установлено, что реки текли с юга на север.

К нижнему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения (в разрезе залегают выше аллювиальных и озерных отложений уйско-

убоганской свиты среднего звена и ниже аллювиальных и озерных отложений увельской свиты нижнего эоплейстоцена). Отложения сопоставляются по литологии с аллювиальными отложениями, описанными и изученными в угольном карьере Батурино Еманжелинского района Челябинской области.

Аллювий батуринской свиты перекрыт аллювиальными и озерными отложениями уйско-убоганской свиты среднего звена, делювиальными отложениями среднего и верхнего звена, торфами голоцена. Залегает на аллювиальных и озерных отложениях увельской свиты нижнего эоплейстоцена, отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания и известняках палеозоя. Мощность отложений более 9,2 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В этих отложениях было установлено наличие россыпного золота (Рыбалко, 2002).

Среднее звено

Отложения этого возраста представлены аллювием исетской ($a^{i}II$) и уфимской ($a^{u}II$) террас, озерными (III*uu*), аллювиальными и озерными (a,III*uu*) отложениями уйско-убоганской свиты, делювиальными отложениями среднеуральского надгоризонта (dIIsr).

Аллювиальные отложения уфимской террасы ($a^{u}II$) выделены по рекам Рефт и Пышма. Отложения прослеживаются по правому берегу р. Рефт до устья , в виде полосы шириной 200-300 м, и по правому берегу р. Пышмы между пос. Рудянское и Знаменское. Они слагают четвертую эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 22,4 до 40 м и высотой цоколя от 18 до 35 м над урезом реки. Наибольшие параметры уфимская терраса имеет на р. Пышма в районе п. Новая Пышма. Ширина террасы достигает 3,5 км.

Отложения представлены желто-коричневыми, темно-желтыми, буро-коричневыми песками полимиктовыми (полевошпат-кварцевыми) с галькой кварца, бурыми до темно-коричневых песчаными глинами с прослоями иловатых глин темно-серого цвета. Пески от глинистых (глинистая фракция составляет 20%) до гравийных, грубозернистых. Обломочный материал хорошо окатан.

Разрез аллювия уфимской террасы можно показать на примере шурфа 286, пройденного на восточном берегу р. Рефт. Сверху, до глубины 3,2 м залегают глинистые пески мелкозернистые, полимиктовые с преобладанием зерен кварца. Содержание глины 20%. Песок сортирован. С глубины 3,2 м до 3,7 м (забой) вскрыты пески грубозернистые, близкие к гравию с гальками кварцевого состава, размером до 3-4 см в диаметре, хорошо окатанными. Цвет песков желтовато-коричневый, желтый. Из гравийных песков с гл. 3,7 м отобрана шлиховая проба. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: гр. эпидота – 47,52%, гранатом – 17,82%, ильменитом – 13,86%, ильменитом + гематитом – 0,99%, амфиболом – 12,87%, хромитом – 4,95%., монацитом – 0,99%, сфеном – 0,99%. Палеогеографический коэффициент 0,25.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность более 5,5 м.

Возраст аллювия уфимской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными образованиями соседних районов и определен как сылвицкий и вильгортовский горизонты.

Аллювиальные отложения исетской террасы ($a^{i}II$) развиты по рекам Пышма, Кунара. Они слагают третью, эрозионно-аккумулятивную террасу с высотой поверхности от 4 м до 16,5 м (по р. Пышме) и высотой цоколя от 2,7 м от уреза реки. Ширина террасы от 200 до 2000 м. Разница в высоте поверхности от уреза реки связана с неотектоникой (участки неотектонических поднятий и опусканий).

Строение разреза аллювия исетской террасы двучленное. Нижняя его часть сложена полимиктовыми гравийно-песчаными, песчано-гравийными отложениями коричневого цвета, в основании которой залегает базальный горизонт. Верхняя часть разреза сложена бурыми глинами, полимиктовыми песками (глинистая фракция составляет 30%), чередованием коричневых до темно-буровато-серых мелкозернистых песков с галькой кварца и серых, темно-серовато-желтых до буро-коричневых глин.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 43-45%, ильменитом – 16-24%, амфиболом – до 17%, магнетитом – 3-5%, гематитом от 4 до 21%, мартитом – до 5%, гранатами – 3-5%, хромшпинелидами – 0,5-1,5%, цирконом – 1,67-1,7%, сфеном – 0,14-0,19%, рутилом – 0,39-0,82%, ставролитом – 0,4%, лейкоксеном – 0,08%, пиритом – 0,03%, кианитом – 0,03%, апатитом – 0,14%, гидроокислами железа – от 0,6 до 1,34%, золотом – единичные знаки. Палеогеографический коэффициент 0,34-0,42.

Спорово-пыльцевые спектры – лесостепные, реконструирующие смешанные елово-сосново-березовые лесные массивы с пихтой, ольхой и лугостепными участками.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 1,3 м и более 7 м (по р.р. Рефт и Пышма). С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия исетской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями смежных районов и определен как ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Среднеуральский надгоризонт. Озерные отложения уйско-убоганской свиты (l II*ии*) развиты на междуречьях, иногда пространственно тяготеют к современным озерам. Геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья. Развиты локально у западной рамки Сухоложского полигона.

Озерные отложения вскрыты скважинами мотобурения. Они выполняют древние озерные ванны и представлены глинами зеленовато-серыми, серыми до коричневых с включениями гравия, гальки кварца и мелкозернистыми полимиктовыми песками.

Из отложений отобраны пробы на литологический и спорово-пыльцевой анализы. Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 61-81%, роговой обманкой – от ед.зер. до 27%, гранатоми – до 2%, пироксенами – 1%, магнетитом – до 1%, ильменитом – от 4 до 23%, лейкоксеном – 2-7%, рутилом – 1-3%, цирконом – до 2%, ставролитом – 1%, хромитом – 2%, турмалином – 1%, андалузитом – до 1%, апатитом – до 2%, корундом – до 2%. Выход от 1 до 7%. Палеогеографический коэффициент от 0,04 до 0,61%.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, залегают на мезозойских корах выветривания и аллювиальных отложениях батуринской свиты. Мощность более 9 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Озерные осадки синхронны аллювиальным и озерным отложениям уйско-убоганской свиты, изученной в нижнем течении р. Уй, на меридиональных отрезках Тобола и Убогана, имеющей широкое распространение в Зауралье.

Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской свиты (a,III*ии*), как и озерные развиты на междуречьях, геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Отложения представлены неравномерным переслаиванием зеленовато-серых, голубовато-серых до коричневато-серых глин и коричневато-серых, серых, полимиктовых песков, местами с гравием и галькой кварца.

Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен: эпидотом – 44-53%, обыкновенной роговой обманкой – от 28 до 42%, тремолитом-актинолитом – 2-7%, магнетитом – 1-5%, ильменитом – 3-4%, сфеном – 2-5%, гранатом – до 3%, цирконом – 2-3%, лимонитом – 1-3%, апатитом – 1-2%, хромитом – ед.зер.-1%, марказитом – до 1%, пироксеном – до 1%, а также единичными зернами ставролита, рутила, лейкоксена, анатаза. Выход от 6 до 10%. Палеогеографический коэффициент от 0,08 до 0,26.

Отложения перекрыты полигенетическими и делювиальными отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на аллювиальных отложениях батуринской свиты, палеогеновых отложениях серовской свиты, мезозойских корах выветривания. Мощность до 10 м.

Для отложений характерны спорово-пыльцевые комплексы степного типа с преобладанием марево-полынных группировок.

Возраст отложений принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными (по моллюскам и остракодам) образованиями смежных территорий и определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Делювиальные отложения среднеуральского надгоризонта (dIIsr) развиты достаточно широко на территории района работ. Они приурочены к бортам древних озерных впадин и долин, и распространены на междуречьях.

Представлены бурыми до темно-коричневых плотными глинами и суглинками со щебнем, с небольшим количеством гальки и гравия.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – 53-73%, обыкновенной роговой обманкой – от 15 до 38%, пироксенами моноклинным и ромбическим – 1-7%, ильменитом – 1-6%, лимонитом – 1-3%, магнетитом – 1-4%, сфеном – 1-2%, цирконом – 1%, гранатом – 1%, турмалином – 1%, гр. актинолита – 1%, лейкоксеном – 1%, рутилом – до 1%, единичными зернами апатита, ставролита. Выход составляет 12-15%. Палеогеографический коэффициент 0,1- 0,47.

Спорово-пыльцевой спектр очень бедный. В основном отмечены пыльцевые зерна Betula pubescens (Ehrh.) и единичные экземпляры Pinus sylvestris L., Pinus sp. Пыльца травянистой растительности представлена Artemisia sp., Compositae, Rosaceae. Комплекс лесо-степного типа, воссоздающий смешанные сосново-березовые лесные ландшафты с луго-степными участками.

Отложения перекрыты делювиальными и лессовыми отложениями североуральского надгоризонта, торфами голоцена, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность 3-5 до 10 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

К среднему звену отложения отнесены на основании геоморфологического положения. Возраст отложений определен как вильгортовский, ницинский и леплинский горизонты среднеуральского надгоризонта.

Верхнее звено

Отложения этого возраста представлены элювиальными, аллювиальными отложениями камышловской террасы, полигенетическими и делювиальными образованиями.

Аллювиальные отложения камышловской террасы (a^kIII) распространены по р.р. Пышма, Рефт, Кунара. Они слагают вторую, аккумулятивную надпойменную террасу с высотой поверхности от 5,5 м до 10-12 м над урезом реки. Ширина террасы от 20 до 600 м.

Строение аллювия двучленное. Нижняя его часть сложена песками полимиктовыми с гравием и галькой. Верхняя часть разреза сложена буровато-коричневыми глинами и

суглинками с прослоями темно-серых до зеленовато-серых илистых глин и глинистых, мелкозернистых полимиктовых песков.

Минералогический состав тяжелой фракции представлен эпидотом и цоизитом – 62%, обыкновенной роговой обманкой – 28%, актинолит-тремолитом – 11%, сфеном – 2%, единичными зернами циркона, рутила, граната, апатита, лимонита. Палеогеографический коэффициент 0,05.

Спорово-пыльцевые спектры – светлохвойных лесов. Из травянистых растений встречены единичные зерна: Gramineae, Compositae, Artemisia sp., Polygonaceae, Polygonum bistorta L., Rosaceae.

Отложения перекрыты делювием североуральского надгоризонта, торфами горбуновского горизонта, залегают на мезозойских корах выветривания. Мощность от 5 до 12 м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст аллювия камышловской террасы принят по аналогии с фаунистически охарактеризованными отложениями соседних районов и определен как стрелецкий и ханмейский горизонты позднего неоплейстоцена.

Эллювиальные образования (eIII) встречаются спородически в пределах приподнятого отпрепарированного пенеплена Среднего Урала. Приурочены к плоским вершинам холмов. Представлены продуктами физического выветривания коренных пород: суглинками и глинами со щебнем.

Залегают на мезозойских корах выветривания и коренных породах, перекрыты только современными палюстринными отложениями. Мощность от 0,1 до 1-2 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как поздний неоплейстоцен.

Полигенетические образования (pgIIIsv) широко развиты на выровненных междуречьях и геоморфологически они приурочены к континентально-морской цокольной равнине Зауралья.

Они представлены бурыми, коричнево-бурыми известковистыми глинами, суглинками и супесями. В верхней части разреза они слабо облессованы, в нижней – содержат неокатанные зерна кварца и карбонатные включения. Гранулометрический состав (в %): гравий – 4,3; песок – 8,6; алеврит – 80,2. Состав песка и гравия: кварц, полевые шпаты, обломки местных пород. Глинистая фракция представлена гидрослюдой. Тяжелая фракция представлена эпидотом и цоизитом, роговой обманкой, пироксенами, тремолит-актинолитом, сфеном, апатитом, лейкоксеном, цирконом, ильменитом.

Залегают на озерных, аллювиальных и озерных отложениях уйско-убоганской свиты, аллювии батуринской свиты, среднеуральском делювии, неогеновых и палеогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность колеблется от 2-3 до 6 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Делювиальные отложения (dIIIsv) распространены на склонах гор и речных долин, под торфяными образованиями в понижениях современного рельефа.

Отложения представлены бурыми, серовато-бурыми, желтовато-бурыми песчаными глинами и суглинками со щебнем местных пород, с включением гравия и полуокатанной гальки кварца.

Североуральский делювий перекрывает аллювиальные отложения высоких террас, среднеуральский делювий, озерные, аллювиальные и озерные отложения уйско-убоганской и увельской свит, мезозойские коры выветривания. Мощность 2-3 м до 5 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых и кирпичных глин.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст делювия определен как соответствующий североуральскому надгоризонту.

Верхнее звено – горбуновский горизонт голоцена

Отложения этого возраста представлены делювиальными и аллювиальными отложениями (d,aIII-Hgr). Наблюдаются по логам и мелким притокам рек.

Они представлены бурыми, желтовато-бурыми, буро-коричневыми, зеленовато-бурыми песчаными глинами, полимиктовыми песками с гравием, галькой и суглинками со щебнем местных пород и валунами.

Залегают на неогеновых ложковых отложениях, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 8 м.

С ними связаны месторождения керамзитовых глин и россыпи золота.

Возраст отложений определен как поздний неоплейстоцен – горбуновский горизонт голоцена.

Голоцен
Горбуновский горизонт

Отложения горбуновского возраста представлены аллювиальными, озерными, озерными и палюстринными, техногенными образованиями.

Аллювиальные отложения русла и пойменных террас (aHgr) широко развиты по всем современным рекам и ручьям. Высота поверхности пойменных террас над урезом реки составляет до 3-4 м, ширина – от 10 м до 200-300 м.

Аллювий низкой и высокой поймы представлен серыми, голубовато-серыми песчаными глинами с прослоями разнозернистых, полимиктовых песков с галькой и гравием слабой степени окатанности. С глубиной количество песка и гравийно-галечного материала увеличивается до 60-70%, в базальном горизонте отмечаются валунно-галечные отложения.

Отложения русла представлены разнозернистыми, полимиктовыми песками и галечно-гравийным материалом.

По шлихам, отобранным из русловых частей рек, минералогический состав тяжелой фракции представлен: эпидотом – от 23 до 60%, амфиболом – от 10 до 25%, гранатами – от 2 до 15%, магнетитом – от 6 до 16%, ильменитом – 3-10%, сфеном – 1-3%, цирконом – 1-2%, единичными зернами рутила, кианита, апатита, монацита, золота. Палеогеографический коэффициент меньше единицы.

Отложения залегают на аллювии камышловской террасы, мезозойских корах выветривания и коренных породах. Мощность до 15м.

С ними связаны россыпи золота.

Возраст датируется горбуновским горизонтом голоцена.

Озерные отложения (lHgr) приурочены к современным ваннам озера Куртугуз и другим. К ним относятся береговые и донные отложения современных озер, а также осадки заторфованных или высохших озер. Береговые отложения представлены глинистыми песками с галькой кварца и палеозойских пород, которые часто формируют озерные террасы, донные – иловатыми глинами и илами темно-серого цвета.

Залегают на озерных отложенияхверхнего звена, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность до 5 м.

Возраст озерных осадков определен в объеме горбуновского горизонта голоцена.

Горбуновская свита. Она представлена озерными и палюстринными образованиями (l,plH*gr*), приуроченными к современным заболоченным пространствам.

Образования представлены иловатыми глинами с растительным детритом, илами. Палюстрий представлен торфом. Залегают на мезозойских корах выветривания, на аллювии и делювии позднего неоплейстоцена, породах палеозоя. Мощность до 5 м.

В схеме стратиграфии Урала [32] возраст озерных и палюстринных образований определен в объеме горбуновской свиты голоцена.

Палюстринные образования (plH*gr*) развиты очень широко особенно в северо-восточной части полигона и приурочены к современным заболоченным понижениям рельефа и плоским водоразделам. На площади находится значительное количество торфяников. Они образуются путем заростания озер, либо формируются в долинах рек, низинах и на участках избыточного увлажнения.

Палюстрий представлен торфами и иловатыми глинами.

Отложения залегают на озерных, аллювиальных и делювиальных отложениях позднего неоплейстоцена, неогеновых отложениях, мезозойских корах выветривания и породах палеозоя. Мощность от 0,5 до 9 м.

С ними связаны месторождения торфа.

Учитывая перекрывание торфяниками всех других генетических типов четвертичных образований и согласно схеме стратиграфии Урала [32] возраст определен как горбуновский горизонт голоцена.

Техногенные образования ($tHgr^2$) занимают незначительные площади в районе г. Сухой Лог и вблизи других населенных пунктов. К ним отнесены рыхлые продукты отвалов горных выработок (карьеров), шлакоотвалов предприятий, свалки бытовых отходов (твердых и жидких, прудки очистных сооружений). Отвалы представлены глыбами, щебнем, супесями и суглинками со щебнем коренных пород. Мощность до 10 м.

Возраст техногенных образований определен как верхняя часть горбуновского горизонта.

3.3.2. Интрузивные образования

В пределах Сухоложского полигона распространены интрузивные образования разного возраста и состава. Во всех случаях эволюция магматизма во времени характеризуется гомодромной направленностью.

3.3.2.1. Среднеордовикские интрузии

В западной части полигона встречена протрузия серпентинитов, трассирующая разрывное нарушение внутри Рефтинского массива габброидов. В западной части массива наблюдается обилие аналогичных пород, относимых исследователями к альпинотипной дунит-гарцбургитовой формации среднеордовикского возраста. Данные породы, как правило, серпентинизированы в разной степени.

3.3.2.2. Раннедевонские интрузии

Интрузии этого возраста слагают Рефтинский массив. На территории Сухоложского полигона располагается восточная часть массива. Массив сложен породами трех фаз. Первая фаза представлена габбро, реликты которых слагают поля внутри Рефтинского массива. Габбро – разнозернистое, от мелкозернистых до пегматоидных с пятнистой, иногда трахитоидной текстурой. Основными минералами являются плагиоклаз, пироксен, роговая обманка. Породы несут следы интенсивной дислоцируемости, по отдельным зонам развивается травянисто-зеленый эпидот.

Основная часть массива сложена породами второй фазы габбродиоритами. Текстура пород – грубопятнистая.

Завершающей является третья фаза кислого состава, представленная тоналитами, плагиогранитами, аплитами. Обычно тела гранитоидов – мелкие, ветвящиеся. С ними сопряжены зоны ассимиляции, сложенные гибридными породами, по составу изменяющимися от габбро до кварцевых диоритов и тоналитов. Гранитоиды обычно слагают мелкие тела, рассредоточенные среди габброидов по всему массиву

3.3.2.3. Среднедевонские интрузии

Среднедевонские интрузии представлены сухоложским субвулканическим комплексом. Петрографический состав данного комплекса пестрый – от базальтов до риолитов. По объему преобладают базальты и андезибазальты, которые образуют тела с площадью выхода первые км. Субвулканические образования кислого состава обычно образуют мелкие тела в виде даек. Субвулканические породы слагают тела причудливой формы и подчинены, как правило, радиально-дуговым разломам вулканических построек.

Среди субвулканических образований сухоложского комплекса выделяются интрузии базальтов, андезибазальтов, андезитов, дацитов, риолитов. Обычно эти породы лучше раскристаллизованы, чем аналогичные породы субфации текучих лав, а также большим размером вкрапленников.

Интрузии андезибазальтов можно наблюдать к северо-западу от базы отдыха «Бережок» на левобережье р. Пышмы. Субвулканические андезиты встречаются на левобережье реки Пышмы в верховьях ручьев Устиниха и Рудянка. В этом районе формы тел интрузий удлиненные, размером до 1,5 км.

Интрузии дацитов и риолитов наблюдаются на интервале от реки Рудянка до устья реки Шата. Местами обнажающиеся эндоконтактовые зоны интрузий риолитов, в зависимости от состава вмещающих пород, сложены гибридными мелкопорфировыми дацитами, андезитами и риолитами.

3.3.2.4. Раннекаменноугольные интрузии

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне данные интрузии представлены бекленищевским субвулканическим комплексом. В составе комплекса выделяется две фазы. Первая фаза представлена габбродолеритами, долеритами и базальтами. Вторая фаза представлена породами кислого состава – риолитами и трахириолитами. Субвулканические образования представляют собой дайки и дайкообразные тела, ориентированные в близмеридиональном направлении. Вмещающими породами являются осадочные и вулканогенные образования. Породы первой фазы имеют темно-серую, черную, зеленовато-серую окраску. Характерные крупные вкрапленники пироксена и плагиоклаза. Риолиты и трахириолиты окрашены в светлые тона – белые, кремовые. Вкрапленники представлены кварцем, плагиоклазом.

В Рефтинско-Каменской подзоне интрузии раннекаменноугольного возраста представлены смолинским комплексом гипабиссальных габбродолеритов, долеритов. Морфологически данные породы представляют собой малые тела и дайки. Размер дайкообразных тел варьирует от первых десятков сантиметров до первых сотен метров по мощности и до 4 км по простиранию. Распространенность тел комплекса контролируется системой близ меридиональных разломов. Субвулканические образования, как правило, сложены однообразными по составу габбродолеритами в зонах закалки вблизи контактов с тонко-мелкозернистой структурой и средне-крупнозернистыми центральными частями.

3.3.2.5. Ранне-среднекаменноугольные интрузии

К ранне-среднекаменноугольным интрузиям отнесен некрасовский комплекс. Комплекс включает три интрузивные фазы (габбро-диорит-гранитовый). В рамках Сухоложского полигона можно наблюдать только магматические породы третьей (заключительной) фазы внедрения в виде некрупного (площадью 0,3 км) саттелита и одиночными дайками. Граниты, слагающие интрузив, являются мелкозернистыми биотитовыми, иногда с округлыми, элепсовидными зернами кварца. Дайки представлены биотитовыми гранодиорит-порфирами.

В северном направлении от Сухоложского полигона наблюдается серия массивов некрасовского комплекса (Артемовский, Алтынайский).

3.3.2.6. Позднепермские-раннетриасовые интрузии

В пределах Алапаевско-Айбыкульской подзоны различными исследователями выделялись маломощные тела и дайки и описывались как пикриты, керсантиты, миненета. Они характеризуются ультраосновным и основным составом в ассоциации с флогопитом, апатитом, иногда ортоклазом. Отличительной особенностью этих пород является высокое содержание редких земель цериевой группы (сумма редких земель 600-900г/т).

В районе р. Шаты среди пород сухоложской толщи изучены дайки мощностью до 2-3 м трахибазальтов с порфировыми выделениями клинопироксена и гидробиотита. Структура основной массы интерсертальная, в стекле много апатита и карбоната. Ранее эти дайки диагностировались как керсантиты. Порода имеет темно-серый цвет с зеленоватым оттенком, массивную текстуру, порфировую и мелкозернистую структуры. Дайки всегда имеют зоны закалки. Местоположение даек – левый берег р. Пышмы напротив Беленковской плотины и на левом берегу р. Шата в 1100 м от устья.

3.3.3. Тектоника

Характерной чертой геологического строения Сухоложского полигона является близмеридиональная ориентировка крупных тектонических структур в плане и слоисто-блоковое глубинное строение. По результатам интерпретации по Асбестовскому сейсмическому профилю, поверхность Мохо находится на глубине 37-39 км.

В изученном районе выделяется два структурных этажа, представленных структурно-тектоническими комплексами: ордовикско-триасовый (позднеуральский) и мезозойско-кайнозойский (урало-сибирский).

Как указывалось ранее, Сухоложский полигон находится на границе Рефтинско-Каменской и Алапаевско-Айбыкульской подзон. Границей подзон является крупный Тыгишский разлом меридиональной ориентировки. Вдоль Тыгишского разлома (ранее именуемое Рефтинской зоной смятия) породы рассланцованы, будинированы, милонитизированы, содержат протрузии серпентинитов (северней полигона), интенсивно переработаны гидротермальными процессами, в меньшей степени – экзогенными (линейное выветривание).

К Тыгишскому разлому торцово примыкает Рефтинский массив и Некрасовско-Маминский блок, представленный вулканогенными формациями среднего девона. Среди вулканитов встречаются пачки осадочных пород тонкозернистых фаций (свидетельство глубоководных условий).

В Алапаевско-Айбыкульской подзоне выделено 4 блока. Для данной подзоны характерна устойчивая линейная форма блоков, близмеридиональная ориентировка, перемежаемость блоков, сложенных девонскими и каменноугольными образованиями.

В западном направлении выделяется Куртугузский блок, представленный осадочно-вулканогенными образованиями нижнего карбона, интенсивно и неравномерно дислоцированными.

Сухоложский блок сложен преимущественно вулканитами среднего девона. Здесь уверенно картируются фации вулканитов, в том числе выделена серия вулканических построек центрального типа. С вулканитами ассоциируют реликты коралловых рифов с обилием колоний строматопор. Положение рифовых построек позволяет отнести их к береговым барьерным рифам. В меньшем объеме представлены верхнедевонские морские образования – кремнистые, сменяющиеся во времени прибрежно-морскими грубообломочными. Толщи осадочных пород неравномерно смяты в систему пологих гребневидных и крутых складок. Вдоль осевых плоскостей складок обычно сформированы зонки дробления и брекчирования.

Кунарский блок сложен нижнекаменноугольными терригенно-угленосными (прибрежными) образованиями. Разрез наращивается морскими карбонатными образованиями того же возраста. На р. Кунара в мелких тектонических блоках локализованы прибрежно-морские отложения среднекаменноугольного возраста. Породы неравномерно смяты в складки, особенно интенсивно вблизи разрывных нарушений.

Буланашский блок представлен вулканитами среднего девона. О его строении мало данных, так как он перекрыт чехлом молодых отложений.

Помимо главных (меридиональных) разломов в описываемом районе широко развиты разрывные нарушения разной ориентировки, возраста и морфологии. Для вулканогенных структур характерна радиально-кольцевая система разломов. Наиболее молодые разломы имеют близширотное простирание. Разломы выражаются зонами смятия, рассланцевания, тектоническими брекчиями, зеркалами скольжения, уступами в рельефе, водопадами, логами, линейными карстовыми формами. Нередко разломы залечены дайками и жилами.

Мезозойско-кайнозойский структурно-тектонический комплекс сформирован в условиях платформенного режима и представляет собой чехол молодой платформы. На начальной платформенной стадии континентального рифтогенеза в районе сформировалиль грабенообразные прогибы, сопровождающиеся образованием риолит-платобазальтовой формацией (за пределами полигона).

С этим этапом, по видимому, связано формирование малых тел лампроитоидов на «плечах» грабенообразных впадин. Впадины выполнены красноцветными угленосными осадками челябинской серии, со сменой сероцветными в верхних частях разреза.

Реликты подобных впадин имеют место в Буланашском блоке в восточной части геополигона.

На водоразделах в юре и мелу сформировались коры выветривания. Синхронно происходило развитие карста. В пределах карстовых полостей произошло накопление меловых отложений (песчано-глинистых). Средняя (основная) часть платформенного чехла представлена морскими отложениями верхнего мела, палеоцена-эоцена. Верхняя часть чехла сформировалась в миоцене, после регрессии моря.

3.3.4. Гидрогеология

Среди подземных вод Сухоложского района выделяются четыре главных типа: трещинные, трещинно-карстовые, пластово-трещинные и пластово-поровые.

Первые два типа подземных вод приурочены к области распределения пород палеозойской эратемы, а пластовые воды фиксируются среди толщ кайнозойских отложений.

Собственно-трещинные воды развиты в основном среди толщи эффузивных пород девонского возраста и в меньшей степени среди песчано-сланцевых пород каменноугольного возраста: водообильность указанных пород небольшая, что определяется по дебиту источником, который обычно не превышает 0,1-0,2 л/с. Наибольшая водообильность локальной зоны, тяготеющей к тектоническим нарушениям в массивных породах.

Трещинно-карстовые воды приурочены к известнякам визейского яруса, отличаются большим расходом источника, который достигает 15-25 л/с. За счет подземных вод этого типа проектируется водоснабжение города Сухой Лог, здесь дебит скважин, побурненных в визейских известняках, достигает 55 л/с.

Пластово-поровые воды концентрируются в четвертичных песках и палеозойских песчаниках, образуя источники с дебетом до 5 л/с.

Пластово-трещинные воды карбонатных и терригенных пород дают многочисленные источники с колебаниями дебита от 0,05 до 0,3 л/с.

3.3.5. Геоморфология

Согласно геоморфологическому районированию, проведенному А.П.Сиговым (1962, 1969), рассматриваемая территория расположена в пределах двух геоморфологических районов – отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Граница между районами проходит по пос. Алтынай, западной окраине пос. Курьи и восточной окраине д. Кашино.

Отпрепарированный Зауральский пенеплен – это почти плоская, иногда слабо волнистая денудационная равнина, полого наклоненная с запада на восток от абсолютных отметок 220 до 160 м. Выравивание этой поверхности произошло в юрском периоде. В период морских трансгрессий мела и палеогена эта территория покрывалась морем. Затем, под воздействием денудации чехол морских осадков был смыт и на дневную поверхность был снова выведен древний мезозойский пенеплен. За новейший тектонический этап территория испытала поднятие на 150 – 200 м.

Континентально-морская цокольная равнина – это типичная равнина с плоскими, часто заболоченными междуречьями. Породы фундамента здесь перекрыты толщей морских и континентальных мезо-кайнозойских отложений. Мощность их увеличивается с запада на восток от первых метров до 70 м.

Основными морфологическими элементами этого района являются плоские котловины, разделенные небольшими грядками с относительным превышением 0,5 – 1.5 м. Возраст цокольной равнины послеэоценовый. В неотектонический этап произошло поднятие территории на 100 – 150 м.

В результате проявления неотектонических поднятий на оба типа рельефа наложился эрозионно-аккумулятивный рельеф новейшего этапа. Основными формами рельефа этого типа являются междуречья и речные долины.

Формы рельефа междуречий описаны при характеристике поверхностей отпрепарированного Зауральского пенеплена и континентально-морской цокольной равнины Западно-Сибирской низменности. Что касается речных долин, то они четко подразделяются на две группы: долины крупных рек и долины малых рек. К первой группе относятся долины рр. Пышмы, Рефта, Кунары; ко второй – их многочисленные притоки (речки Мокрая, Рудянка, Знаменка, Брусяна, Шата, Усолка и др.).

Долины крупных рек прорезают описанные выше геоморфологические районы в широтном и субширотном направлении Характер речных долин резко меняется в зависимости от положения в том или ином геоморфологическом районе.

В пределах Зауральского пенеплена долины крупных рек глубоко врезаны (45 – 50 м), часто имеют каньонообразный поперечный профиль. Склоны долин слабо террасированы, характерны врезанные меандры. Даже высокая пойма часто бывает цокольной.

В пределах цокольной равнины долины крупных рек расширяются (до 1.5 – 2 км), имеют ящикообразный поперечный профиль. Склоны их террасированы. Наблюдается до четырех надпойменных террас. В придолинных склонах и на междуречьях встречаются "мертвые " долины, не связанные с современной гидросетью.

Долины малых рек не в такой степени изменчивы от их положения в пределах разных геоморфологических районов как долины крупных рек, ибо все они имеют, в основном, меридиональное и субмеридиональное направление. В верховьях почти все долины малых рек имеют вид ложбин или лощин, в средней части они, как правило расширяются, появляется террасированность склона (1 – 2, максимум 3 террасы), в низовьях долины малых ренк в большинстве случаев сильно сужены, имеют V-образный поперечный профиль. Продольный профиль долин малых рек не выработан (порожистое, каменистое русло, водопады). Расширение и сужение долин связано с особенностями литологического состава пород, а также с проявлениями новейших и современных тектонических движений локального характера.

3.3.5.1. Речные террасы

В долинах крупных рек Сухоложского района прослеживается два комплекса террас: пойменные и надпойменные. К пойменным террасам относятся низкая и высокая поймы, а остальные – надпойменным.

Низкая пойма прослеживается в виде прерывистых полос по обеим сторонам русла в пределах цокольной равнины и фрагментарно – в пределах пенеплена. Ширина ее от первых метров до первых сотен метров, высота – от 0.5 до 1.0 м. Небольшие острова в руслах рек в большинстве случаев относятся к пойме. Низкая пойма всегда аккумулятивная, сложена осадками русловой фации – песками, галечниками. Возраст отложений низкой поймы позднеголоценовый.

Высокая пойма развита повсеместно. Высота ее колеблется от 0.8 до 3 м, ширина достигает 200 м. На поверхности высокой поймы часто прослеживается несколько уступов, высота которых не превышает 0.5 – 0.7 м. Высокая пойма в большинстве случаев аккумулятивная. Наблюдается четкая дифференциация осадков поймы: верхи сложены песчано-глинистыми осадками пойменной фации, а низы - гравийно-песчано-галечными осадками русловой фации. Осадки высокой поймы датируются ранним голоценом (3 – 10 тыс. лет).

Первая надпойменная терраса. Ширина террасы достигает 300 м, высота – от 3 до 6 м. Поверхность террасы ровная, обычно слегка наклонена в сторону тылового шва. Прослеживается терраса фрагментарно. Возраст первой надпойменной террасы 12 – 20 тыс. лет (верхи позднего плейстоцена).

Вторая надпойменная терраса имеет ограниченное распротранение в области Зауральского пенеплена и значительное – в области цокольной равнины.

В пределах Зауральского пенеплена терраса чаще всего эрозионно-аккумулятивная (цокольная), где высота цоколя колеблется от 1 до 5 м.

В пределах цокольной равнины терраса аккумулятиная. Разрез террасы четко дифференцирован на фации (русловая, пойменная). Возраст террасы – низы позднего плейстоцена (70 – 100 тыс. лет).

Третья надпойменная терраса имеет весьма ограниченное распространение, слабо изучена. Терраса всегда эрозионно-аккумулятивная. Высота поверхности террасы над урезом реки 12 -–20 м, цоколя – 8 –15 м.Возраст террасы – верхи среднего плейстоцена.

Четвертая надпойменная терраса развита очень широко по крупным рекам района в пределах цокольной равнины. Высота поверхности террасы над урезом реки колеблется от 5 до 35 м. Терраса сложена грубым псчано-гравийным материалом полимиктового состава с диагональной слоистостью. Возраст данной террасы – средний плейстоцен (200 тыс. лет).

В долинах малых рек прослеживаются 1 –2 (максимум 3) террасы голоценового возраста и одна (максимум 2) позднеплейстоценовые террасы.

Из малых эрозионных форм рельефа в Сухоложском районе широким развитием пользуются балки , ложбины, лощины, а в пределах цокольной равнины – овраги.

Широким развитием пользуются **конусы выноса**. Их возраст голоценовый.

3.3.5.2. Карстовые формы рельефа

Современный карст на территории Сухоложского района развит ограниченно. Небольшие участки его отмечены на междуречье рек Пышмы и Кунары, главным образом, на склонах речных долин, где карстующиеся породы (известняки) непосредственно выходят на дневную поверхность или перекрыты маломощным чехлом четвертичных отложений.

Формы современного карста: западины, воронки, пещеры.

Западины – понижения (блюдца) глубиной до 2 м и диаметром до 50 м (суффозионно-карстовый тип рельефа).

Воронки – углубления округлой, овальнлй или неправильной формы. Размер колеблется в широких пределах: глубина – 2 –15 м, даметр – до 30 м.Образование карстовых воронок обуславливается наличием зон повышенной трещиноватости и контактов известняков с терригенной толщей. По происхождению различают: провальные воронки, воронки выщелачивания и просасывания.

Пещеры – крупные пустоты в породах. Встречаются по рекам Пышме и Кунаре в пределах площадей развития известняков. Пещеры небольщие, обычно в виде ниш (пешера Гебауэра и др.).

Древний погребенный карст в современном рельефе не выражен, вскрывается карьерами, буровыми скважинами. Основные формы древнего карста – воронки и котловины. Воронки выполнены континентальными отложениями мела. Образование древнего карста района происходило, в основном в мезозое.

3.3.6. Полезные ископаемые

В описываемом районе имеются месторождения полезных ископаемых различных типов: горючие, металлические, неметаллические и строительных материалов.

3.3.6.1. Горючие полезные ископаемые

Горючие полезные ископаемые района представлены месторождениями и проявлениями каменого угля. Открытие каменного угля в районе с. Сухоложского относится к 1947 г. Было установлено, что наиболее значительные скопления каменного угля приурочены к двум горизонтам терригенной толщи ранневизейского возраста. Проявления угля представляют собой линзообразные включения среди углисто-глинистых и углистых сланцев. Хотя подсчитанные запасы угля весьма значительны, изменчивость угленосности по мощности, простиранию и падению, а также интенсивной дислоцированностью слоев не позволяет вести здесь добычу в промышленных масштабах.

3.3.6.2. Металлические полезные ископаемые

Металлические полезные ископаемые района представлены проявлениями железных, медных и алюминиевых руд, а также россыпей золота.

Железные руды района представлены лимонитами инфильтрационного происхождения (алапаевского типа). Лимониты приурочены к основанию “беликовой” толщи и обычно располагаются в понижениях карстового рельефа нижнекаменноугольных известняков. Лимониты встречаются в Кашинском руднике на левом берегу реки Кунары, в 200 метрах западнее южной окраины села Кашино. Рудник представлен карьером размером 200х300 м. и глубиной до 30 м. Бурые железняки образуют гнездообразные тела, приуроченные к низам беликовой толщи, залегающей на закарстованной поверхности известняков.

Также лимониты имеются в Свято-Чудовском месторождении, который расположен в верхней части правого склона долины реки Кунары против северо-восточной окраины села Кашино. Формы залегания лимонита те же, что на Кашинском руднике.

Бокситы (руда на алюминий) были обнаружены южнее курорта Курьи в 1943 году. Данные геологоразведочных работ, проведенных с целью поисков и разведки бокситов, свидетельствует о том, что рудные тела мощьностью до 5 метров залегают на глубине 6-20 м. от поверхности и имеют карстовое ппроисхождение.

Медно-сульфидная минерализация в районе была впервые отмечена в 1950 г. в риолитах на левом склоне долины р. Пышмы в 520 м. выше Сухоложской плотины. Рудная минерализация представлена в основном пиритом и халькопиритом.

Полиметаллическая минерализация. В районе устья реки Каменки в левом борту реки Пышмы встречаются обломки карбонатных пород с пиритом, сфалеритом, халькопиритом и галенитом. В двух км севернее устья реки Каменки была пройдена линия поисковых скважин, в одной из которых среди андезитов и долеритов порфировых и микрокварцевых была встречена сульфидная минерализация, представленная жилками пирита мощностью до двух см., вкрапленники халькопирита, галенита. Серноколчеданная и полиметаллическая минерализация простирается разобщенно. Сфалерит, халькопирит и галенит приурочены к доломитовым прожилкам, представляют полиметаллический тип оруденения.

Золото в коренном залегании известно в верхнем течении реки Рефт за пределами исследуемой территории. В шлиховых пробах оно встречено на р.р. Рудянка, Пышма, Брусяна, Каменка.

Серный колчедан. Пиритная минерализация широко распространена в ряде пунктов в породах самого различного состава и генезиса. Она известна в порфировых риолитах на р. Рудянке и на правом берегу р. Пышмы у базы практики, в вулканитах на р. Рефт, в риолитах ближе устья р. Шаты, в туфах андезитов, базальтов, а также в

конгломератах левого берега р. Каменки против д. Валовой. Колчеданная минерализация имеет гидротермальное происхождение.

3.3.6.3. Неметаллические полезные ископаемые

Неметаллические полезные ископаемые в районе представлены незначительными проявлениями исландского шпата и жильного кварца.

Исландский шпат. Кристаллы и друзы прозрачного кальцита встречаются в известняковом карьере на левобережье р. Пышмы в 0,5 км к юго-востоку от пещеры Гебауэра и в известняковом карьере цементного завода (в 2-х км к юго-востоку от ст. Кунара). Размеры кристаллов достигают 3 см.

Жильный кварц известен в левом склоне долины р. Пышмы между автодорожным мостом и д. Глядены. Качество его не высокое, запасы не известны

3.3.6.4. Строительные материалы

В Сухоложском районе имеются проявления строительных материалов, а также сырья, пригодного для производства строительных материалов. К ним относятся известняки, огнеупорные, цементные и кирпичные глины, опоки, песчано-гравийный материал, природный щебень и бутовый камень.

Известняки распространены в районе чрезвычайно широко. Обнажения их прослеживается вдоль р. Пышмы от г. Сухого Лога до пос. Курьи и по р. Кунара от с Кашино до с. Заимка. Добыча известняков для производства цемента производилась на Кунарском карьере известняков. На Ново-Сухоложском месторождении производится добыча цементных глин и аргиллитов среди терригенных пород нижнего карбона. На Курьинском месторождении разрабатываются эоценовые трепела и опоки.

Глины. Месторождения глин в Сухоложском районе достаточно разнообразны. Цементные и кирпичные глины разведаны на правом берегу р. Пышмы к югу от ж/д линии, где они образуют покров мощностью 6-10 м. огнеупорные глины добывались на водоразделе рек Пышма и Кунара в районе д. Кашино. Разработка шла шахтным, а затем открытым способом. На правом берегу реки Кунара известны белые каолиновые глины.

Кроме того, в районе известны месторождения строительных песков и глин, песчаников и конгломератов, опок и трепелов, минеральных красок.

3.3.6.5. Подземные воды

Полоса карбонатных пород шириной около 4,5 км между реками Пышма и Кунара образует самостоятельную гидравлическую систему, которая выделена в качестве Кашинского месторождения подземных вод. Площадь месторождения составляет 24 км^2. В пределах Кашинского месторождения находится несколько водозаборов и родник Сухоложской бумажной фабрики. Основной водоотбор происходит на Кунарском карьере известняков. На всех водозаборах Кашинского месторождения подземных вод отбирается 7,8 тыс. м^3/сут.

3.4. Экологическая характеристика района

Оценка экологической ситуации производится на всех стадиях геологоразведочных работ, поэтому на практике студенты обязаны приобрести необходимые навыки подобной оценки.

Сухоложский геополигон согласно геоморфологическому районированию находится в двух геоморфологических районах: отпрепарированном Зауральском пенеплене (западная часть) и континентально-морской цокольной равнине (восточная часть).

На полигоне выделяется три морфологических типа природных ландшафтов: денудационная равнина, цокольная равнина, долины крупных и малых рек. Из техногенных ландшафтов выделены два типа: техногенно-образованные и техногенно-измененные. К первым относятся карьерные поля, отстойники, торфоразработки. Ко вторым отнесены промышленные зоны городов, поселков, загрязненные участки почвогрунтов, поверхностных вод.

Денудационная равнина характеризуется плоскими междуречьями с пологим уклоном местности от 207 м на западе до 170 м на востоке с узкими коньонообразными долинами. Район имеет сложное геологическое строение. Развиты магматические и осадочные породы. Район относится к лесостепной зоне. Леса сосновые и березово-сосновые. Почвы дерново-подзолистые, реже лугово-болотные.

Цокольная равнина характеризуется плоским рельефом с уклоном от 170 до 137 м. В геологическом строении преобладают осадочные породы, в том числе мезозоя и кайнозоя. Почвы дерново-подзолистые, серые лесные, луговые и болотистые.

Долины рек (Пышма, Рефт, Кунара) проходят транзитом через всю территорию полигона. По долинам развит пойменный и террасовый комплекс. Характерны скальные выходы коренных пород, боковая и глубинная эрозия. Реки часто зарегулированы системой прудов. Почвы в речных долинах аллювиальные и торфяно- подзолистые. Растительность лугово-кустарниково-лесная.

Техногенно-измененные ландшафты – это в основном промышленные и служебные зоны городов и других населенных пунктов. Наиболее крупным населенным пунктом является г. Асбест с промышленными объектами. Наиболее вредным объектом для окружающей среды является цементный завод с большими объемами выбросов пыли. Дорожная сеть развита в основном в черте населенных пунктов. Внешние транспортные артерии представлены автодорогами и железными дорогами местного значения. Вдоль трасс выделяются линейно вытянутые линейные техногенные аномалии.

Естественный режим многих рек изменен созданием на них прудов и водохранилищ, вдоль береговой линии которых развиваются оползневые процессы.

Наиболее загрязненной рекой является р. Пышма из-за промышленных и хозяйственно-бытовых стоков г. Екатеринбурга, Березовска, В.Пышмы. В воде р. Пышма зафиксированы тяжелые металлы, фенолы, фтор, мышьяк, медь с концентрациями превышающими нормы.

К промышленному загрязнению окружающей среды добавляется загрязнение атмосферы, почв, гидросферы выбросами Рефтинской ГРЭС. Протяженность выброса загрязняющих веществ Рефтинской ГРЭС составляет 30 км (след загрязнения зафиксирован в зимний период по космическому снимку), т.е. загрязняются почвы до г. Сухой Лог.

Сельскохозяйственная освоенность территории составляет четвертую часть площади (в основном пригородно-овоще-картофеле-молочные направления). Навозохранилища, склады ГСМ и удобрений, свалки, шлакохранилища, накопители очистных сооружений дают начало локальным природным и природно-техногенным аномалиям.

Хозяйственно-питьевое водоснабжение производится из скважин и родников. Динамика изменения состава подземных вод в процессе эксплуатации скважин свидетельствует об увеличении минерализации в 1,1-2,3 раза за счет увеличения концентрации хлоридов, сульфатов, нитратов.

Карьерные воды эксплуатируемых месторождений строительных материалов по данным мониторинга также изменяют свой состав. На Кунарском карьере известняков зафиксировано увеличение содержания сульфат иона в результате аэрогенного загрязнения серной кислотой от выбросов завода «Вторцветмет» (г. Сухой Лог) и окисления сульфидных минералов в техногенной зоне аэрации. Загрязнителями подземных вод являются также свалки бытовых отходов. При отработке карьеров в процессе понижения уровня подземных вод формируется техногенная зона аэрации. Восстановительные условия сменяются окислительными, что приводит к окислению сульфидов коры выветривания и загрязняющих соединений в теле свалки и переводу их в растворимые формы.

В затопленный карьер рудника «Белая глина» производится сброс производственных стоков Сухоложского завода мостовых и дорожных конструкций. Стоки содержат повышенные концентрации нефтепродуктов, хлоридов, сульфатов. Вся сбрасываемая вода поступает в подземные воды.

Влияние экзогенных процессов на экологию среды незначительное. На локальных участках наблюдается оврагообразование. В долинах рек происходят малоактивные процессы донной и боковой эрозии. Небольшие оползни зафиксированы по крутым берегам прудов. Вблизи озер и прудов отмечено заболачивание. В пределах развития карбонатных пород установлено карстообразование. При бурении скважин карстовые формы вскрыты до глубины 117 м. Максимальная закарстованность проявлена в верхней части разреза (до 30-50 м), что соответствует глубине вреза долины р. Пышмы – основной дрены района. Карстовые воронки и полости развиваются в известняках по трещинам напластования и кливажа. Наиболее глубоко в толщу известняков проникает мезозойский карст. Он, как правило, залечен глинистым и песчаным материалом. Открытые карстовые полости, образовавшиеся в четвертичное время, встречаются до глубины 45-50 м. Положение карстовых форм необходимо учитывать при строительстве сооружений, мостов, линий ЛЭП.

Студентам предлагается провести экологическое районирование в рамках выделенных полигонов по степени влияния техногенных изменений на природный ландшафт. Для этого рекомендуется использовать классификацию из 4 групп.

1. Изменения не превышают 10% территории (не измененные).
2. Изменения составляют 10-25% территории (слабо измененные).
3. Изменения составляют 25-50% территории (средне измененные).
4. Изменения составляют более 50% территории (сильно измененные).

Рекомендуемая литература:

Изданная

1. Горский И.И. **Детальная геологическая съемка с. Сухоложского.** / Тр. Геолкома, вып. 182, 1928.
2. Кейльман Г.А., Желобов П.П. и др**. Учебная геологосъемочная практика.** Учебное пособие. - Свердловск: Изд. СГИ им. В.В.Вахрушева, 1981.
3. Козин А.В. **Геофизические исследования Сухоложского полигона в Зауралье.** Учебное пособие.-Екатеринбкрг: Изд.УГГГА, 2004.
4. **Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000.** /Под редакцией Купмана А.С. – Л.: Недра, 1978.
5. Огородников В.Н. и др**. В краю потухших вулканов.** Учебное пособие. -Екатеринбург: Изд. УГГГА, 1997.
6. Огородников В.Н. и др**. Геологические маршруты по Сухоложскому и Каменскому полигонам**. Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002.
7. **Наставления по сбору и изучению палеозойских кораллов.** – М.: Наука, 1964.
8. **Наставления по сбору и изучению брахиопод.** – М.: Наука, 1962.
9. **Полевая геология: справочное руководство.** - Л., Недра, 1989.
10. Сигов А.П. **Геоморфология Урала.** – В сб.: Геология СССР, т. ХП, ч. 1, кн. 2. –М.: Недра, 1969.

Фондовая

1. Олерский В.П. и др. **Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1: 50 000 групповым методом Рефтинской площади.** –Свердловск, 1978.
2. Рыбалко В.А. и др. **Геологическое доизучение масштаба 1: 200 000 Адуйской площади, лист О-41-XXVI (Среднеуральская серия).** – Екатеринбург, 2002.

Приложение 1

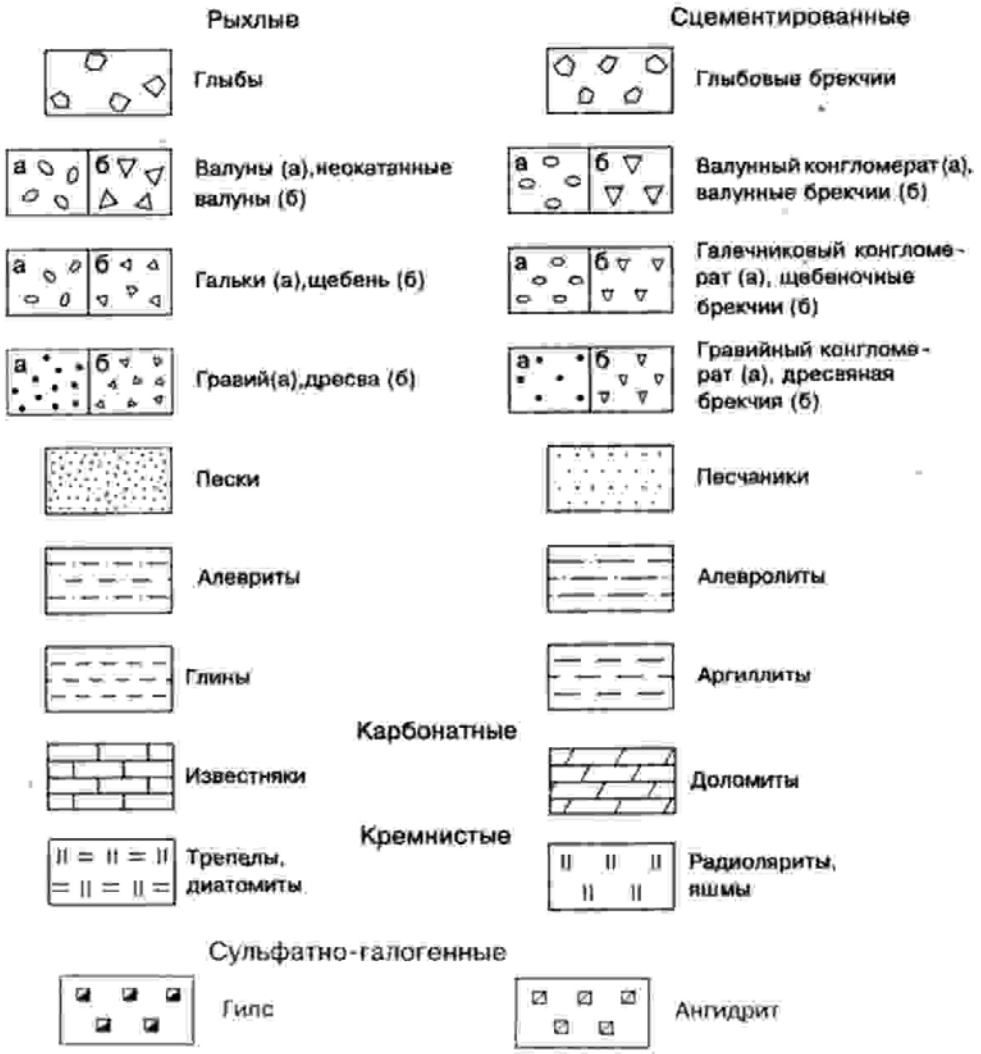
План описания пород различных типов

Осадочные	Вулканогенные	Магматические
• Характер чередования типов пород по вертикали	• Характер чередования типов пород по вертикали	• Минеральный состав
• Тип переслаивания, ритмичность	• Тип переслаивания, ритмичность	• Полосчатость, линейность, их залегание
• Мощность образований общая	• Мощность образований общая	• Включения, ксенолиты, стяжения, пустоты, размер, ориентировка
•Характеристика специфических образований	•Характеристика специфических образований	• Границы фациальных зон
• Степень литификации	• Элементы залегания флюидальности, порфировых выделений, обломков	• Эндоконтактовые зоны
• Зернистость, размеры и форма зерен, их минеральный состав	• Состав, форма и размеры порфировых выделений, содержание	• Вторичные изменения
• Обломки пород, их состав, форма, окатанность, содержание, сортировка, ориентировка	• Включения, форма, размеры, окатанность, рспределение по породе, содержание	
• Пористость, пустоты заполнения	• Основная масса, раскристаллизация, количество стекла, структура	
• Цемент, его состав, тип выполнения, содержание	• Характер дислокаций, трещиноватость	
• Вещественный состав (карбонатность, углистость, прожилки …)	•Литокристалло-класты, форма, размер, сортированность, содержание	
• Запах, его интенсивность	• Обломки пород, состав, размер, форма, окатанность, содержание	
• Наличие и состав конкреций, стяжений, включений	• Цемент, структура, состав, тип выполнения, содержание	
• Органические остатки, сохранность, внешний облик, распределение	• Вторичные изменения (изменения окраски, структуры, состава, свойств)	

Метаморфические	Метасоматические
• Минеральный состав, форма и размер зерен	• Минеральный состав, форма и размер зерен
• Сланцеватость, кливаж, элементы залегания, соотношение кливажа с полосчатостью	• Метаморфическая зональность, ее направленность, интенсивность
• Изменения минералов и породы	• Название первичной породы
• Фация метаморфизма	
• Первичная порода	
• Ультраметаморфизм	

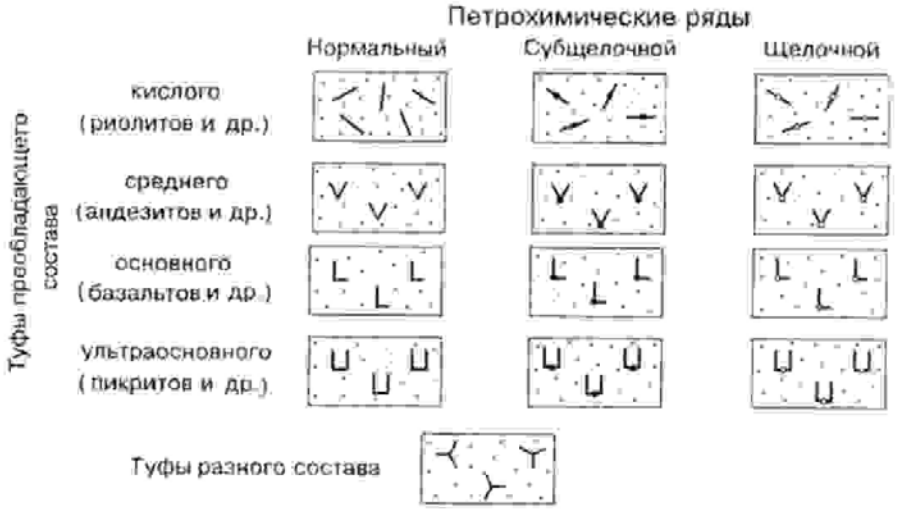
Условные обозначения:

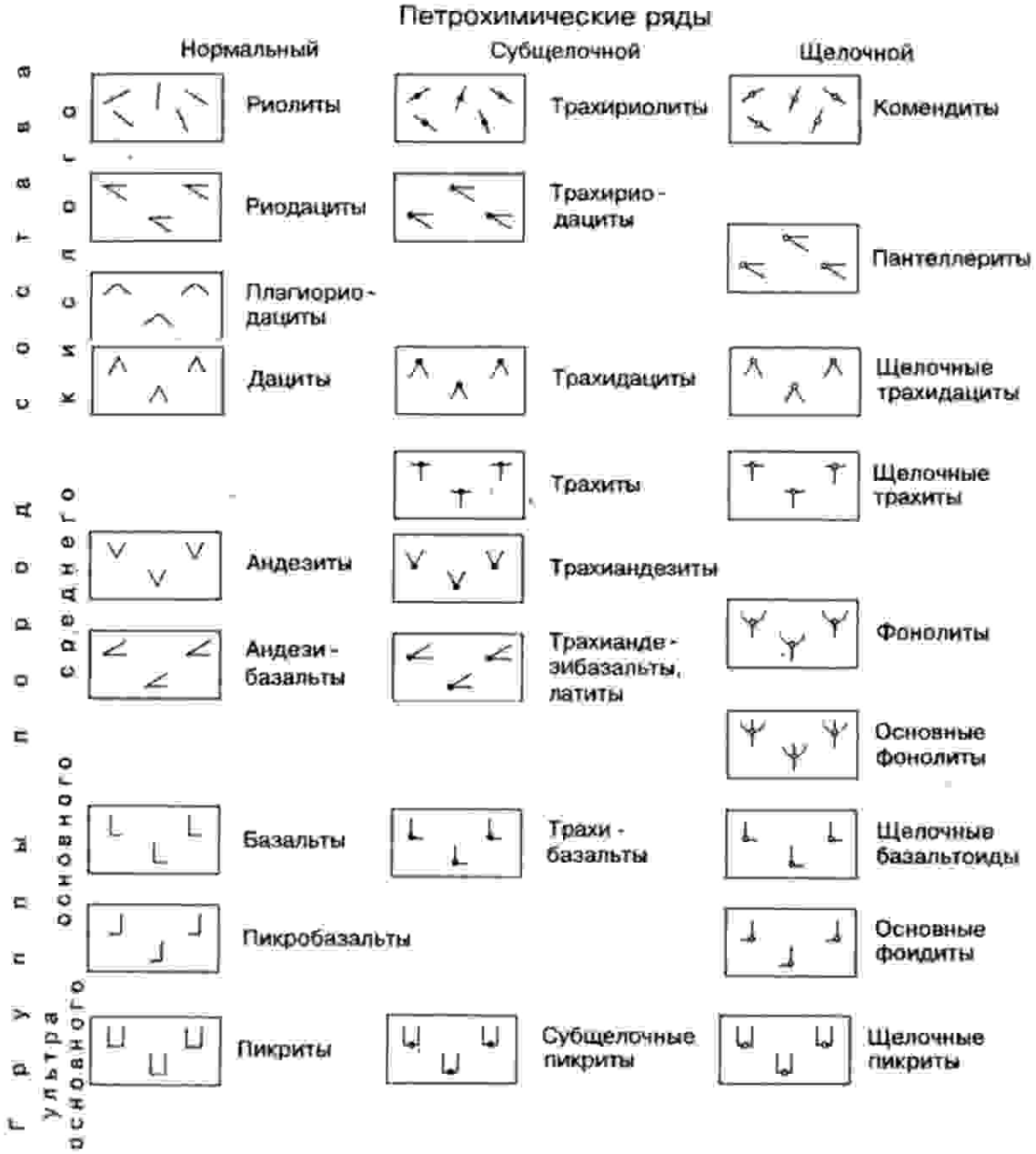
Обломочные и глинистые породы разного состава



ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

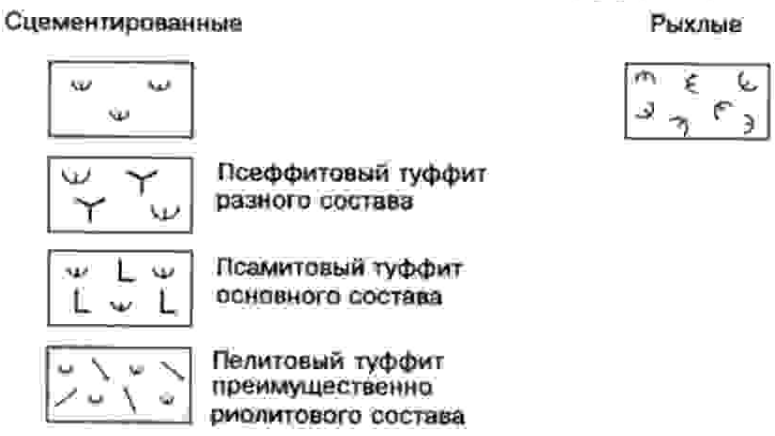
Эксплозивно-обломочные породы сцементированные (туфы)





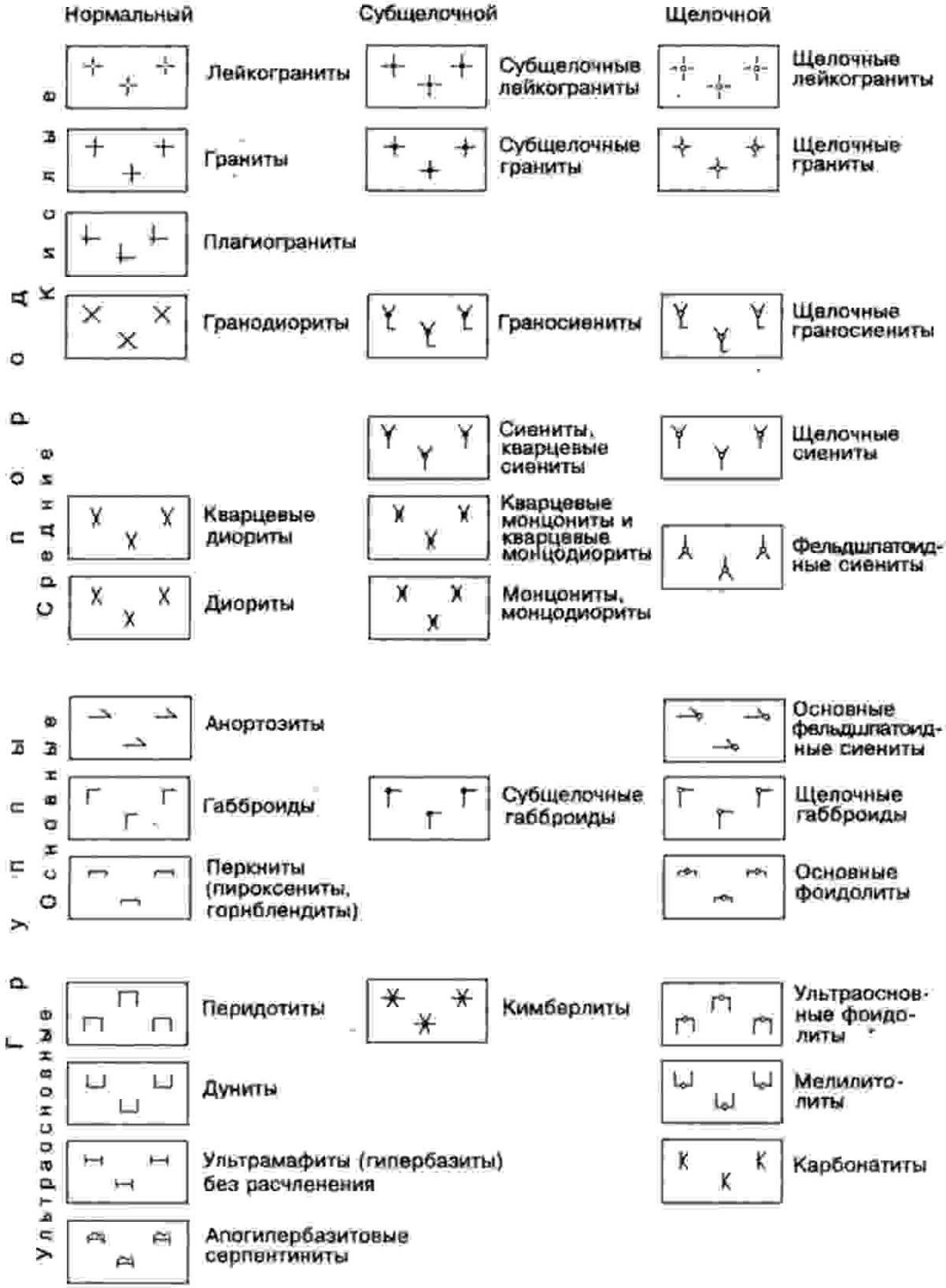
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочно-пирокластические породы (туффиты)



СЕМЕЙСТВА ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД

Петрохимические ряды



Порфировые породы обозначаются комбинацией знаков видов или разновидностей пород с точками

Метаморфические породы

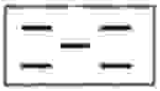
Группы пород

Низкотемпературный (зеленосланцевая фация)

салические ("метапелиты")



Хлорит-серицитовые и подобные сланцы

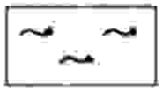


мафические ("метабазиты")



Празиниты, хлоритизониты, эпидот-актинолитовые и подобные сланцы

ультрамафические



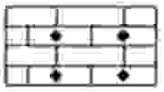
Серпентиновые, тальковые и подобные сланцы

высокоглиноземистые



Мусковитовые, серицитовые и подобные сланцы

Нерасчлененные по фациям



Мрамора, кальцифиры



Кварциты

Тектониты



Тектониты нерасчлененные



Тектонические брекчии



Катаклазиты

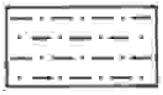


Милониты

СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ



Супесь



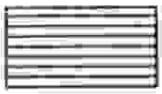
Суглинок



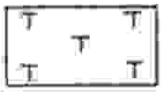
Лёсс



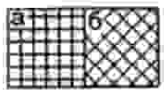
Лёссовидные супеси (а) и суглинки (б)



Ленточная глина



Торф



Известковый (а) и кремнистый (б) туф

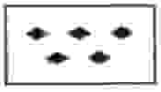


Погребенные почвы (только на разрезах)

Породы повышенной льдистости:



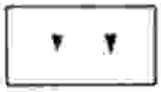
на карте;



на разрезах



Подземный пластовый лед



Подземный жильный лед (только на разрезах)



Лед глетчерный



Фирн и снежники



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по подготовке выпускной квалификационной работы (ВКР) специалиста для студентов специальности 21.05.02 – «Прикладная геология» специализации «Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых»

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н

Екатеринбург

Министерство образования и науки

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……5
ОБЩАЯ (ТИПОВАЯ) СТРУКТУРА ВКР (ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА)……7
ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ВКР (ДИПЛОМНОМУ ПРОЕКТУ)……..9
СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ВКР (ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ)…...10

Содержание текстовой части ВКР

ВВЕДЕНИЕ…….....10
1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ…….....10
1.1. Геологическое строение района…….....10
Общие сведения о районе работ……10
Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность района……12
Стратиграфия, литология пород……..13
Магматизм……...13
Метаморфизм и метасоматические изменения пород…….....13
Тектоника…….....14
Геоморфология……..14
История геологического развития…….....15
Гидрогеология и инженерная геология…….....16
Полезные ископаемые…… 15
1.2. Геологическое описание месторождения (участка)…….....16
1.3. Примерная тематика специального раздела……...18
2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ……...20
2.1. Анализ результатов выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания……..20
2.2. Методика проектируемых работ……..21
Поисковые, оценочные работы……22
Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка…….....23
2.3. Опробование и аналитические работы……...24
2.4. Геофизические работы……25
2.5. Прочие виды работ……...26
2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта.....27
Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ. ...27
ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения..29
3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ…….....31
3.1. Технология бурения скважин……...31

3.2. Технология проходки разведочных горных выработок…….....32
3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды……. 33
4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ……...33
4.1. Технико-экономические расче 3 нования…….33
4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы…….36
4.3. Особенности проектирования, организации отдельных видов работ…….36
4.4. Смета…….38
ЗАКЛЮЧЕНИЕ…….....40
5. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА…….41
6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР……...42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ…….....48
Приложение 1. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР.....50
Приложение 2. ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА.....51
Приложение 3. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИСТА «РЕФЕРАТ»……..53
Приложение 4. ФОРМА ШТАМПА К ЧЕРТЕЖАМ ВКР……...54
Приложение 5. ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ ДЛЯ ФРОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ……...55

ВВЕДЕНИЕ

Подготовка выпускной квалифицированной работы (ВКР) специалиста – завершающий этап обучения студента в вузе. По результатам успешной защиты работы (Итоговой государственной аттестации) студентам присваивается *квалификация горного инженера.* ВКР является наиболее значительной по объему и содержанию за весь период обучения. Она не только подводит итог обучения студента, но и отражает общий уровень его знаний по специальности и профессиональной подготовке.

Целью и задачами подготавливаемой ВКР являются: 1) закрепление и расширение знаний в области социально-экономических, естественно-научных и профессиональных дисциплин; 2) отражение в работе знаний студента по дисциплинам специализации, включающим сведения по геологии месторождений твердых полезных ископаемых, их прогнозированию, поисках и разведке, экономике и организации геологоразведочных работ; 3) овладение навыками принятия самостоятельных геологических и инженерных решений с использованием современных компьютерных технологий и научной обработки собранных фактических материалов.

В основу ВКР должны быть положены материалы, собранные в период прохождения преддипломной практики. Указывается место, условия прохождения, продолжительность практики, виды работ, выполнявшихся студентом. Приводится перечень собранных материалов, включающий как собственные наблюдения и данные геологической документации, так и фондовые и опубликованные источники.

Выполняется ВКР в виде подготовленного проекта (дипломного проекта) или научно-исследовательской работы (дипломной работы).

Основным видом подготавливаемой ВКР является *проект* на выполнение работ, отвечающий определенной стадии геологоразведочного проекта. В соответствии с Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по

этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые) (1999) темой дипломного проекта могут быть:

1) Поисковые работы на … (указывается полезное ископаемое) в пределах…(конкретного участка, являющегося частью рудного района, рудного узла, рудного поля).
2) Оценочные работы в пределах…(выявленного проявления полезного ископаемого с оцененными прогнозными ресурсами категории P_1 и P_2).
3) Разведка…(конкретного месторождения или части его).
4) Разведка (доразведка)…месторождения в пределах…(горного отвода – флангов, глубоких горизонтов, отдельных изолированных тел для перевода запасов в более высокие категории).
5) Эксплуатационная разведка… (в пределах отдельных блоков, уступов, этажей конкретных месторождений).

Проектирование является сложным и ответственным видом работ. От того, насколько полно и объективно разработан проект на производство геологоразведочных работ, во многом зависит конечный положительный результат. Попадая на производство, молодого специалиста нередко привлекают к составлению проектов. Самым сложным в этой ситуации является то, что автор проекта *должен принимать самостоятельные решения,* обеспечивающие решение сформулированных в геологическом задании задач. Занимаясь проектированием в рамках ВКР, студент приобретает определенные навыки, необходимые ему в будущей профессиональной деятельности.

Если студентом при прохождении первой и второй (преддипломной) производственных практик был собран представительный геологический материал и у него проявлена склонность к научно-исследовательской работе, дипломный проект (в рамках ВКР) может быть заменен на *дипломную работу.* Темы исследовательских квалификационных работ могут касаться разных проблем геологии месторождений твердых полезных ископаемых, литолого-петрографической характеристики рудовмещающих пород, вещественного со-

става пород, методики прогнозирования полезных ископаемых, их поисков, разведки и т. д. Выводы и рекомендации, вытекающие из результатов выполненных исследований, должны иметь научную и прикладную направленность.

Элементы исследовательской работы должны присутствовать в каждом разрабатываемом студентом проекте. Результаты выполненных исследований находят отражение в специальном разделе проекта. Темы возможных спецглав сформулированы ниже (раздел 1.3). Разработанная тема должна быть увязана с темой дипломного проекта и всеми ее разделами.

Производственные проекты на выполнение геологоразведочных работ разрабатывают согласно требованиям Инструкции по составлению проектов и смет…, 1993. Учебные проекты, подготовленные в рамках ВКР, близки по содержанию упомянутому документу, но содержат ряд отличий, связанных с необходимостью более подробного изложения и обоснования дипломниками целого ряда вопросов как геологического, так методического и экономического содержания.

ВКР в форме проекта состоит из четырех разделов: геологического (приблизительно 35 % от общего объема), методического (25 %), технического (20 %) и экономического (20 %). Специальная глава обычно располагается в геологическом или методическом разделах проекта, будучи связанной с его содержанием. Общий объем текстовой части не должен превышать 90 – 110 страниц машинописного текста (исключая таблицы, рисунки, фотографии). Объем графических приложений обычно составляет 5 – 7 листов. Их содержание рассмотрено ниже. При оформлении графики необходимо задействовать современные компьютерные технологии (программные документы *Arc View, Arc Info, Surfer, Micro main* и др.).

ОБЩАЯ ТИПОВАЯ СТРУКТУРА ВКР (дипломного проекта)

Дипломный проект включает четыре раздела: геологический, методический, технический, экономический. Типовая структура ВКР и ориентировочный объем ее разделов приведены ниже.

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ВКР

РЕФЕРАТ

Текстовая часть ВКР включает:

ОГЛАВЛЕНИЕ.

ВВЕДЕНИЕ.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 35 – 40 с.

1.1. Геологическое строение района.

Общие сведения о районе работ.

Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность.

Стратиграфия, литология пород.

Магматизм.

Метаморфизм и метасоматические изменения пород.

Тектоника.

Геоморфология.

История геологического развития.

Гидрогеология и инженерная геология.

Полезные ископаемые.

1.2. Геологическое описание месторождения (участка).

1.3. Примерная тематика специального раздела.

2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 25 – 30 с.

2.1. Анализ результатов выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания.

2.2. Методика проектируемых работ.

Поисковые, оценочные работы.

Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка.

2.3. Опробование и аналитические работы.

2.4. Геофизические работы.

2.5. Прочие виды работ.

2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта.

Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ.

ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения.

3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 15 – 20 с.

3.1. Технология бурения скважин.

3.2. Технология проходки разведочных горных выработок.

3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ – 15 – 20 с.

4.1. Технико-экономические расчеты и обоснования.

4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы.

4.3. Особенности проектирования и организации отдельных видов работ.

4.4. Смета.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

ОБЯЗАТЕЛЬНЫЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ВКР (дипломному проекту)

Лист 1. Геологическая карта района работ (масштаб 1:50000 – 1:200000) со стратиграфической колонкой и геологическими разрезами того же масштаба.

Лист 2. Геологическая карта месторождения (участка работ) (масштаб 1:5000 – 1:10000).

Лист 3. Геологические разрезы (фактические и проектные)

Лист 4. Методический лист, содержащий: план месторождения с нанесенными пройденными и проектными выработками; блокировку проектных запасов (прогнозных ресурсов); при необходимости – продольную вертикальную проекцию рудных тел и т. д.

Лист 5 и 6. Иллюстрационная графика к специальному разделу, включающая фотографии, зарисовки, схемы и иную информацию. Излагаемый материал может относиться как к геологическому, так и методическому разделам проекта.

СТРУКТУРА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ВКР (дипломной работы)

Научно-исследовательские выпускные квалификационные дипломные работы по тематике, методике выполнения, целям и задачам исследований, их ожидаемым результатам достаточно *индивидуальны.* Можно предложить следующую последовательность изложения материала:

1) введение (актуальность сформулированной темы, цель и задача исследований);

2) геологическое строение площади (участка), условия локализации оруденения;

3) методика исследований: сбор полевой геологической информации, ее обобщение, технологии обработки собранных данных;

4) результаты исследований, их обсуждение.

Заключение (основные выводы, направление дальнейших исследований).

СОДЕРЖАНИЕ ТЕКСТОВОЙ ЧАСТИ ВКР

ВВЕДЕНИЕ

Формулируются задачи, поставленные перед геологической организацией на современном этапе. Значение оцениваемого минерального сырья в экономике страны и региона. Указывается место, условия прохождения, продолжительность преддипломной практики; отмечаются виды производственных работ, выполнявшихся студентом. Приводится перечень собранных материалов в ходе самостоятельных исследований. Указываются основные литературные источники (фондовые и опубликованные), использованные при подготовке ВКР.

1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Геологическое строение района

Общие сведения о районе работ

Указывается географическое и административное положение района, его границы, орогидрография. При характеристике современного рельефа приво-

дятся сведения об абсолютных отметках, относительных превышениях, характере расчлененности поверхности. Дается оценка обнаженности района (км^2, %): хорошая, удовлетворительная, плохая. Сейсмичность, оползни, карстовые явления, затрудняющие проведение геологических работ.

Климат (количество осадков и их распределение по месяцам, средние температуры зимой и летом, продолжительность зимнего и летнего периодов, преобладающие ветры), высота снежного покрова, начало и конец ледостава, глубина промерзания грунта, наличие многолетней мерзлоты, возможность проявления селей и снежных лавин. Сроки действия зимников, речной (морской) навигации.

Растительность – видовой состав, густота леса. Возможность использования лесных угодий для заготовки деловой древесины и дров. Мощность почвенного покрова, заболоченность, пустынность, сельскохозяйственные угодья, пашни и т. п. Дается оценка проходимости территории: хорошая, удовлетворительная, плохая.

При характеристике современной гидрографической сети кратко описывается режим рек и озер с указанием среднемесячных расходов и колебаний уровня воды в водотоках, характер и время проявления паводков. Отмечается наличие искусственных водоемов, родников, источников питьевой и технической воды с указанием расстояния от них до объекта работ.

Рассматривается значение изучаемого месторождения для экономики района и региона в целом. Приводятся сведения о городах, поселках, существующих и строящихся предприятиях (шахты, карьеры, обогатительные фабрики и т. п.), удаленности от них участков работ. Оценивается обеспеченность района транспортными путями, строительными материалами, электроэнергией, рабочей силой.

Указываются коэффициенты, зависящие от условий проведения работ и влияющие на их стоимость: районный коэффициент к заработной плате; коэффициент за безводность, высокогорность, радиоактивность и др.

Глава сопровождается обзорной мелкомасштабной картой, на которую следует нанести район (площадь) проектируемых работ, основные населенные пункты, аэродромы, ж. д. станции, пристани, ж. д. и автомобильные дороги, действующие рудники, базы партий и экспедиций.

Геологическая, геохимическая, геофизическая изученность района

Дается краткий очерк геологической, геохимической, геофизической и иных видов изученности. Приводится краткий обзор и анализ ранее выполненных работ, излагается история открытия месторождений полезных ископаемых. Приводятся рекомендации предыдущих исследований по дальнейшему направлению работ. Освещаются результаты поисковых и разведочных работ последних лет, их методика, объемы, основные результаты. Сведения об утвержденных запасах, составленные ТЭС, ТЭД и ТЭО. Приводятся данные об эксплуатации месторождения. При обзоре изученности территорий, имеющих длительную историю освоения (старые горнорудные районы), рекомендуется представление материала в форме таблицы (табл. 1) с кратким текстовым комментарием.

Таблица 1

Геологическая, геофизическая и геохимическая изученность района

№ п/п	Автор(ы) отчета	Наименование отчета	Стадия, подстадия работ, масштаб	Основные виды работ, поисковая сеть, объемы работ по видам (в пределах участков проектируемых работ)	Результаты работ, эффективность работ

Раздел главы сопровождается рисунками, на которых на схематической геологической или географической мелкомасштабной основе должно быть показано местоположение изучаемых площадей (участков).

При изложении материала, характеризующего геологическое строение района, рекомендуется задействовать: Стратиграфический кодекс России (2006), Петрографический кодекс России (2009), Российский металлогенический словарь (2003) и др. руководящие материалы (см. список литературы).

Стратиграфия, литология пород

Приводится последовательное (от древних к молодым) описание распространенных в районе осадочных и вулканогенных пород, их петрографический и литологический состав, взаимоотношение с подстилающими и перекрывающими образованиями, их фациальные особенности, мощность. Стратиграфическое положение свит (толщ, горизонтов) обосновывается ссылками на руководящую фауну, микрофауну, флору (в том числе, споры и пыльцу), определением абсолютного возраста. Более подробное расчленение дается для продуктивных толщ и свит: указываются маркирующие горизонты; приводятся данные по корреляции разрезов, результаты микроскопического описания потенциально рудоносных фаций пород. Приводятся сведения о геофизических свойствах и химическом составе пород каждого стратиграфического подразделения.

Магматизм

В возрастной последовательности формирования (от более древних к молодым) приводятся сведения об интрузивных и субвулканических породах района. Дается описание магматических формаций (комплексов) и их фаций; рассматриваются форма и размеры интрузивных тел, вулканогенных и экструзивных образований, условия их залегания, уровень эрозионного среза, характер контактов и взаимоотношений с вмещающими породами. Приводятся сведения об абсолютных возрастных датировках, геохимической и металлогенической специализации магматических комплексов.

Метаморфизм и метасоматические изменения пород

Дается описание метаморфических и метасоматических образований, их положение в разрезе (условия залегания), формы залегания и размеры тел, их вещественный состав и текстурно-структурные особенности. Оценивается характер и масштаб проявлений процессов регионального, регионально-контактового, локального метаморфизма (метасоматоза). Выделяются этапы и стадии метаморфического и гидротермально-метасоматического преобразова-

ния пород; дается оценка генетической и пространственно-генетической связи с ними процессов рудообразования.

Тектоника

Дается схема тектонического районирования территории, определяется положение района в региональных структурах. Рассматривается эпапность тектонического развития. Приводится краткая характеристика структурных этажей, рассматриваются условия залегания принадлежащих этим этажам пород различного состава и возраста, анализируются их взаимоотношения (согласное и несогласное залегание, тектонические контакты, перерывы в осадконакоплении и т. д.). Описываются складчатые (пликативные) структуры, в том числе, форма и ориентировка складок, поведение шарниров складок и др. Для разрывных нарушений (дизъюнктивные структурные элементы) обосновывается тип, протяженность, ориентировка, направление, величина перемещения блоков. В итоге необходимо оценить роль разрывных нарушений в локализации магматических комплексов и формировании залежей полезных ископаемых.

Глава сопровождается мелкомасштабной картой (схемой), на которой должна быть определена позиция месторождения (рудного поля) в общей структуре района. В тексте в виде рисунков приводятся схемы, отражающие различные формы складчатых и разрывных деформаций, фотографии и авторские зарисовки проявлений микротектоники, наблюдавшиеся в естественных или искусственных обнажениях и керне скважин.

Геоморфология

Дается общая геоморфологическая характеристика района. Устанавливается зависимость крупных элементов рельефа от особенностей геологического строения (внутренние факторы рельефообразования). Приводится описание различных геотектонических типов рельефа (структурного, структурно-денудационного, аккумулятивного, антропогенного), дается обоснование их

возраста. Подробно характеризуется геоморфологическое строение речных долин, районов древнего оледенения, морских побережий.

В том случае, если разрабатываемый студентом проект связан с оценкой территории на экзогенные полезные ископаемые, необходимо привлечение сведений, раскрывающих особенности формирования оруденения прошлых геологических эпох. В рамках выполненных *палеогеоморфологических реконструкций* на прилагаемых картах (схемах) следует отразить: поверхности выравнивания (денудационные, аккумулятивные) определенного возраста (например, MZ_1, $K_{2,}$, N_1^{1-2}, N_2-Q), мезозойские эрозионно-структурные депрессии, полеодолины и палеолога миоценового возраста, области развития древнего заполненного карста и т. д. В тексте могут быть приведены соображения, обосновывающие уровень эрозионного среза рудоносных территорий, что может иметь определяющее значение при прогнозной оценке площадей. Следует отразить роль неотектоники в формировании рельефа территории. Особое место отводится описанию современных геоморфологических процессов, включая антропогенез (эрозия почв; гравитационные склоновые процессы – оползни, обвалы, сели, солифлюкация; абразия берегов, карст, термокарст и т. д.)

В итоге кратко рассматривается история формирования рельефа и устанавливается связь формирования различных видов полезных ископаемых с определенными этапами геоморфологического развития.

История геологического развития

В главе с позиции современных геодинамических, геотектонических и металлогенических концепций в хронологическом порядке (от древних к молодым) кратко рассматривается история формирования геологических структур, магматических, осадочных и метаморфических породных комплексов, устанавливается связь (генетическая, парагенетическая) различных видов полезных ископаемых с определенными этапами и стадиями геологического развития территории.

Гидрогеология и инженерная геология

Глава должна содержать характеристику водоносных пород, сведения о глубинах залегания, химическом составе и качестве вод различных горизонтов и комплексов, зон трещиноватости, дебитах источников, водопунктах и других наблюдениях. При проектировании геологоразведочных работ в условиях действующих горнодобывающих предприятий (шахты, штольни, карьеры и т. п.) необходимо привести сведения о составе, режиме и динамике шахтных вод. В районах широкого развития вечной и многолетней мерзлоты приводятся сведения о характере и глубине распространения мерзлых грунтов. Дается оценка влияния мерзлотных явлений и процессов на условия проведения геологоразведочных и добычных работ.

Полезные ископаемые

Описываются месторождения и проявления полезных ископаемых в исследуемом районе по их генетическим типам в увязке с основными металлогеническими циклами и продуктивными формациями (осадочными, магматическими, метаморфическими, вулканическими, метасоматическими). Приводится краткая характеристика их качественного состава[1], принадлежность к определенным геолого-промышленным типам[2], раскрываются перспективы их промышленного использования.

1.2. Геологическое описание месторождения (участка)

Описание месторождения (участка) производится в следующей последовательности:

1. Рассматривается положение месторождения в геолого-тектонической структуре района работ, его место в разрезе стратифицированных толщ или

[1] Рекомендуется описание месторождений и проявлений вести в следующей последовательности: черные металлы (железо, хром, марганец…) – цветные металлы (медь, алюминий, цинк, свинец…) – благородные металлы (золото, платиноиды) – радиоактивные и редкие металлы – топливно-энергетическое сырье – камнесамоцветное сырье – технологическое сырье – строительные материалы.

[2] Перечисляются по степени промышленной значимости в мировой (внутригосударственной) экономике.

магматических комплексов. Для месторождений осадочной группы характеризуются фации продуктивных отложений. Дается описание циклического строения толщ и слагающих их циклов, определяется их значение для стратификации и корреляции разреза.

2. Приводится литолого-петрографическая характеристика пород (осадочных, магматических, метаморфических), слагающих разрез месторождения. Описание производится на основе визуального и микроскопического изучения состава пород и их структурно-текстурных особенностей с привлечением, по возможности, результатов детальных методов исследований (термический, рентгеноструктурный анализы, электронная микроскопия и т. д.).

Особое внимание уделяется описанию околорудных изменений пород, оценивается масштаб приконтактовых изменений. Дается минералого-петрографическая характеристика измененных пород, приводится метасоматическая колонка процесса их околорудного изменения, оценивается поисковое значение метасоматитов. Для месторождений осадочной группы на основе литолого-фациального анализа приводится расчленение разреза, определяется фациальная принадлежность отложений.

3. Характеризуется структура месторождения. Описываются границы рудного поля, детально рассматриваются складчатые и разрывные структуры, определяется их роль в контроле размещения оруденения. Изложение материала следует начинать с более крупных структурных элементов и заканчивать структурами, определяющими морфологию рудных тел. Раздел сопровождается графикой – геолого-структурные разрезы, блок-диаграммы, структурный план рудного поля и т. д.

4. Описываются условия размещения различных типов руд; характеризуется морфология рудных тел, их размеры, взаимоотношения с вмещающими породами, дайками, метасоматитами; описывается характер контактов и выклинивания. Рассматривается и оценивается роль дорудных и пострудных тектонических нарушений в структурном контроле оруденения. Раздел иллюстри-

руется схемами, зарисовками и фотографиями в обнажениях, горных выработках, а также геологическими разрезами.

5. Приводится описание вещественного состава руд, основывающееся на литературных и фондовых материалах, а также личных наблюдениях дипломанта. Описываются минеральный состав и парагенезисы минералов, генетические и промышленные типы руд, их текстурные и структурные особенности, химический и минеральный состав. Приводятся сведения по микрокомпонентному составу руд. Оцениваются проявления первичной зональности, определяется ее тип; отдельно характеризуются и описываются руды зоны окисления. Приводятся сведения об основных технологических типах руд.

Раздел сопровождается: фотографиями или зарисовками штуфов, шлифов, аншлифов; схемами последовательности минералообразования; таблицами результатов анализов.

В заключении излагаются существующие представления на генезис месторождения; отражается собственная точка зрения дипломанта.

1.3. Примерная тематика специального раздела

Направления самостоятельных исследований для специального раздела дипломного проекта *могут быть следующими*:

1) вещественный состав руд и вмещающих пород;

2) металлогения и прогнозирование полезных ископаемых;

3) структура рудных полей и месторождений;

4) геоморфологические факторы образования экзогенных полезных ископаемых;

5) геолого-экономическая оценка объектов (на разных стадиях изучения);

6) вопросы организации и экономики производства поисковых и разведочных работ;

7) обоснование рациональной методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых;

8) технологические проблемы извлечения и переработки минерального сырья и т. д.

Темы специальных разделов могут быть следующими:

1) обоснование роли геологических формаций в процессах рудогенеза (с подразделением на рудовмещающие, рудоносные, рудогенерирующие, рудообразующие) для конкретной площади;

2) магматические, стратиграфические, литологические, структурные критерии локализации оруденения на конкретной площади;

3) геологическая интерпретация геофизических (геохимических) аномалий на изучаемой площади;

4) разработка прогнозно-поискового комплекса для обоснования рациональной методики поисковых работ на конкретный тип оруденения в пределах оцениваемой площади (участка);

5) вещественный состав руд и околорудных метасоматитов с обоснованием рудно-метасоматической зональности;

6) структурно-текстурные особенности руд как основа проектирования геолого-технологического картирования;

7) закономерности формирования и распределения типов рудной минерализации в пределах месторождения (рудопроявления, рудного тела);

8) изучение пространственного распределения разведочных параметров в пределах рудоносных площадей, отдельных рудных тел;

9) исследование пространственной изменчивости оруденения для обоснования шага опробования (разведочной сети);

10) обобщение накопленной цифровой информации по объектам исследования с использованием программного документа *«Micro main»,* в том числе: построение каркасных, блочных и др. цифровых моделей рудных тел для определения последовательности их промышленного освоения; сопоставление результатов подсчета запасов различными способами (традиционными, геостатическим); оценка извлекаемости запасов руд (с многовариантными бортовыми

содержаниями) геостатическим методом; применение метода кригинга на стадии эксплуатационной разведки для интерполяции показателей качества руд; геостатический анализ и вариография данных опробования с целью изучения пространственной анизотропии распределения содержаний полезных компонентов и т. д.

2. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Анализ результатов ранее выполненных работ. Обоснование целевого геологического задания

Проводится анализ результатов ранее выполненных геологоразведочных работ – геологосъемочных, геофизических, поисковых, оценочных, разведочных, имеющих отношение к оцениваемому участку. Обзор производится в хронологической последовательности. Текст сопровождается схемой геологической (геофизической) изученности.

При анализе материалов предыдущих исследований необходимо обратить внимание на вопросы (проблемы), недостаточно изученные в предшествующие периоды. Так, при оценке достоверности ранее выполненных поисковых работ следует проанализировать их соответствие природным условиям ведения работ, а также взятым за основу поисковым критериям и признакам. Особо следует разобрать предпосылки выявления на площади (участке) оруденения новых и нетрадиционных типов. При анализе результатов проведенных оценочных и разведочных работ подлежат обсуждению вопросы, касающиеся:

1) общей геологической изученности объекта;

2) детальности исследования вещественного состава минерального сырья с позиций его комплексного использования;

3) характера выявленной изменчивости оценочных параметров как по простиранию залежей, так и на глубину;

г) возможности выявления новых рудных тел (в том числе, слепых);

д) изученности гидрогеологических, инженерно-геологических условий на исследуемом участке и т. д.

В заключении приводится общая оценка изученности (разведанности) оцениваемого объекта.

С учетом выполненного анализа изученности (площади, участка, месторождения) формируется геологическое задание на выполнение проектируемых работ. Геологическое задание разрабатывается на основе анализа практических решений ранее выполненных работ, оценки и обобщения их результатов и построения проектной модели объекта. В соответствии с принятым Положением о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые,1999, темой ВКР (дипломного проекта) может быть одна из стадий I, II или III этапов, в том числе:

I этап. 1 стадия – региональное геологическое изучение недр и прогнозирование полезных ископаемых.

II этап. 2 стадия – поисковые работы.

3 стадия – оценочные работы.

III этап. 4 стадия – разведка (доразведка) месторождения.

5 стадия – эксплуатационная разведка.

При разработке геологического задания следует сформулировать: какой ожидаемый геолого-промышленный тип оруденения является объектом прогнозирования или дальнейшего изучения; каковы границы участка проектируемых работ или разведуемого месторождения.

2.2. Методика проектируемых работ

На основе сформулированного геологического задания обосновывается рациональная методика проектируемых работ.[3]

[3] Методика проведения геолого-съемочных работ в масштабе 1:50000 – 1:200000 в рамках учебно-методического пособия не рассматривается. Она отражена в изданных инструктивных документах (см. список рекомендуемой литературы).

Поисковые, оценочные работы

На основе анализа геологических особенностей оцениваемого участка (площади), его геолого-структурной позиции, природных условий ведения работ, а также сделанного заключения – в каких типах геологических, минерало-го-геохимических и геофизических полей прогнозируемый тип оруденения может найти отражение, обосновывается необходимый (и достаточный) комплекс *методов поисковых работ*. В наиболее полном виде этот комплекс может включать все основные методы поисков: геологические, минералогические, геохимические, геофизические, дистанционные, горно-разведочные, буровые, а также опробование, аналитические исследования, гидрогеологические и инженерно-геологические наблюдения, топогеодезические работы. Задачей проектанта является обоснование рациональной (необходимой и достаточной) методики, что и должно найти отражение в предлагаемом прогнозно-поисковом комплексе (ППК). Обосновывается необходимая сеть наблюдений (в зависимости от масштаба выполняемых работ), определяются объемы проектируемых работ (по всем видам исследований).

При проведении *оценочных работ* методами геологического картирования в крупном масштабе (1:10000 – 1:25000) осуществляется оконтуривание выявленного проявления в плане (поверхностными горными выработками) и скважинами на глубину, экономически целесообразную для промышленного освоения объекта. Вскрытые пункты минерализации подлежат опробованию.

С учетом данных опробования и результатов изучения гидрогеологических, инженерно-геологических условий, технологических особенностей минерального сырья подсчитывают на основе утвержденных временных кондиций запасы категории C_2, на участках детализации – запасы категории C_1, в пределах менее изученных участков – прогнозные ресурсы категории P_1. Подготавливается технико-экономический доклад (ТЭД), в котором обосновывается возможность перехода к разведке месторождения.

Разведка (доразведка), эксплуатационная разведка

На основе анализа геолого-структурных особенностей локализации оруденения в пределах участка проектируемых работ, формы, условий залегания залежей полезных ископаемых, характера рельефа местности, выявленной на период проектирования изменчивости геолого-промышленных параметров (содержания, мощности, значений метропроцента и т. д.) обосновывается рациональная система проведения разведочных работ. Решение этой задачи предусматривает последовательное рассмотрение следующих вопросов:

1) обосновывается группа сложности оцениваемого месторождения для целей разведки в соответствии с систематикой, приведенной в соответствующих выпусках Методических рекомендаций …, 2007;

2) формулируются требования, предъявляемые ГКЗ к выделению запасов соответствующих категорий;

3) определяется перечень видов работ, необходимых для решения целевого задания;

4) обосновываются система разведки и технические средства, необходимые для ее реализации.

При обосновании системы разведки и технических средств необходимо последовательное рассмотрение ряда вопросов. В их числе: размещение разведочных пересечений в пространстве; обоснование расстояний между пересечениями, плотности сети наблюдений на профилях; определение глубины разведки, порядка проходки разведочных выработок.

При обосновании плотности разведочной сети может быть использована совокупность методов: метод аналогии (межобъектной, приведенной в соответствующих выпусках Методических рекомендаций…, а также, по возможности, внутриобъектной); сопоставление данных разведки и эксплуатации; группа математических методов с использованием статистической, геометростатистической, геостатистической моделей.

Характеризуя технические средства разведки, необходимо раскрыть их возможности при решении задач, сформулированных целевым заданием. Более

подробно приводится обоснование типа бурового станка, конструкции скважин, сечения горно-разведочных выработок, технологии их проходки, что рассматриваются ниже в техническом разделе.

2.3. Опробование и аналитические работы

С учетом промышленного типа оцениваемого оруденения, формы залежей полезного ископаемого, их предполагаемой мощности, особенностей вещественного состава предусматриваются необходимые виды опробования: химическое, минералогическое, техническое, технологическое и др. Обосновываются операции отбора проб, необходимые для решения поставленных задач; описываются способы отбора проб: из горных выработок (бороздовый, точечный, задирковый, горстьевой, валовый), из буровых скважин с учетом особенностей их проходки (с отбором керна, при ударном, шарошечном, шнековом бурении). Рассматриваются возможности использования геофизических методов оценки качества руды (магнитометрического, радиометрического, рентгенорадиометрического, гамма-гамма метода, нейтронно-активационного и т. д).

Рассматриваются вопросы обработки проб (сущность, задачи, принципы); характеризуются операции обработки проб (измельчение, просеивание, перемешивание, сокращение). Составляется схема обработки проб с использованием уравнения Ричардса-Чечетта.

С учетом требований полноты исследований качественных показателей полезного ископаемого для конкретной стадии геологоразведочных работ предусматриваются необходимые испытания проб. Они могут включать широкий диапазон аналитических исследований: химический, спектральный, пробирный, атомно-абсорбционный методы, группу ядерно-физических методов, минералого-петрографическое изучение пород (шлифов, аншлифов, шлихов, протолочек), рентгено-структурный, рентгено-спектральный и иные анализы.

При исследовании качественных показателей сырья могут быть предусмотрены технические испытания проб (определение объемной массы руды, ее

влажности, пористости), изучение физико-механических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород – кусковатости, коэффициента разрыхления, пластичности и т. д.

Технологические испытания заключаются в одновременном изучении вещественного состава руд и качественно-количественных показателей их обогатимости в отобранных пробах различного объема (лабораторных, полупромышленных, промышленных),

С учетом принятых решений определяются виды и объемы лабораторных исследований. Они должны включать необходимое количество контрольных проб (внутренний и внешний контроль).

2.4. Геофизические работы

Предпосылки и возможности применения геофизических методов при решении поставленных в проекте геологических задач целесообразно продемонстрировать с помощью физико-геологической модели (ФГМ). Источником сведений при формировании ФГМ могут служить учебники, монографии, статьи, отчеты, в которых приводятся данные по исследованию объектов-аналогов в данном или соседних районах и регионах со схожими геологическими условиями.

Помимо геологических моделей (колонок, разрезов, планов и др.), которые часто задействованы и в др. разделах проекта, полезно сформулировать петрофизические модели как составные части ФГМ. Это могут быть типовые геологические колонки с прямоугольными диаграммами физических свойств, позволяющие продемонстрировать дифференцированность горных пород и полезных ископаемых изучаемой геологической среды. Наглядны бывают петрофизические разрезы, на которых удобно показать те геологические объекты, которые различаются по физическим свойствам, что является благоприятной предпосылкой для применения геофизических методов. Необходимые сведения приводятся из источников, отражающих опыт предшественников.

Петрофизические модели необходимо совместить с данными изучения (или расчета) физических полей и аномалий (по скважинам, профилям, в горизонтальной или вертикальной плоскостях), демонстрирующих проявления тех эффектов, которые способствовали решению геологических задач на объектах-аналогах.

Физико-геологическая модель призвана показать возможный вклад геофизических методов в решение намеченных проектом геологических задач.

Полезно привести явно избыточный типовой комплекс геофизических методов, хорошо зарекомендовавших себя при решении предусмотренных проектом геологических задач. На его основе формируется рациональный комплекс (минимально достаточный с учетом технических возможностей вероятных исполнителей). Определяются основные и вспомогательные (детализационные, необходимые для определения природы и параметров аномалиеобразующих объектов) методы. Планируется последовательность применения методов, сеть измерений, точность. Определяется форма представления отчетных геофизических материалов.

2.5. Прочие виды работ

Для технического обеспечения целевого задания проекта необходимо проведение специальных видов исследований:

1. Топо-геодезические и маркшейдерские работы являются обязательным элементом геологоразведочных работ. Рассмотрение вопроса начинается с анализа имеющейся топоосновы. Указывается целевое назначение работ, описывается методика инструментальной привязки буровых скважин и горных выработок, базисных линий на участках детализационных работ. Определяется объем проектируемых работ.

2. При проведении гидрогеологических исследований должны быть изучены все водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения. Для каждого водоносного горизонта следует установить: его

мощность, литологический состав, типы коллекторов и их взаимосвязь, химический состав и бактериологическое состояние вод, использование их для водоснабжения (хозяйственно-бытового и технологического). Приводятся рекомендации по способам осушения геологического массива, водоотводу, утилизации дренажных вод, по природоохранным мерам.

3. Проведение инженерно-геологических исследований необходимо для информационного обеспечения подготавливаемого проекта на разработку месторождения. Должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений; инженерно-геологические особенности массива, анизотропия свойств; трещиноватость и тектоническая нарушенность; разрушенность пород в зоне гипергенеза и т. д. На основе обобщения материала должны быть получены материалы по оценке устойчивости пород в подземных горных выработках, бортах карьерах.

4. Экологическими исследованиями должны быть установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (качество поверхностных и подземных вод, уровень радиации, характеристика почвенного покрова и др.); определены виды химического и физического воздействия планируемых геологоразведочных работ и намечаемого к освоению объекта на окружающую среду (запыление, загрязнение поверхностных вод и почв); объемы изъятия природных ресурсов (лесных массивов, земель); даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

2.6. Подсчет запасов и геолого-экономическая оценка (ГЭО) изучаемого объекта

Содержание настоящего раздела в первую очередь определяется проектируемой стадией геологоразведочных работ.

Оценка прогнозных ресурсов и их ГЭО на стадии поисковых работ

С учетом запроектированной системы наблюдений по изучаемой площади (участку), оперируя предполагаемыми геолого-промышленными параметра-

ми прогнозируемого типа оруденения, на стадии поисковых работ производится оценка прогнозных ресурсов минерального сырья по категории P_2, отчасти P_1. На стадии оценочных работ уже подсчитываются запасы категории C_2, отчасти C_1. Подход к их ГЭО рассматривается ниже.

Ведущим при оценке прогнозных ресурсов обычно выбирается принцип вероятного подобия. Его реализацией при выполнении расчетов является метод аналогии, когда производится сопоставление изучаемого объекта с параметрами уже разведанных промышленно значимых месторождений, а также эксплуатируемых объектов.

Практическая значимость оцененных прогнозных ресурсов устанавливается по результатам их геолого-экономической оценки. В настоящее время определились два подхода к ГЭО минеральных ресурсов.

Первый подход предусматривает определение валовой потенциальной стоимости минерального сырья как произведение средней мировой цены конечного продукта на количество оцененных прогнозных ресурсов или запасов. Другой показатель – товарная стоимость минерального сырья – рассчитывается уже с использованием понижающих коэффициентов приведения к конечному продукту по ряду показателей – его стоимости, к ожидаемому количеству разведанных запасов, сквозному коэффициенту извлечения.

Второй подход предусматривает ГЭО прогнозных ресурсов с использованием совокупности укрупненных показателей. Содержание этой методике изложено во Временных методических рекомендациях …, 2003, подготовленных Министерством природных ресурсов РФ. В сводной итоговой таблице, отражающей результаты ГЭО прогнозных ресурсов, должны быть охарактеризованы вопросы: исходные данные, задействованные при оценке прогнозных ресурсов (в том числе геолого-экономические параметры месторождения-аналога); геолого-промышленный тип оцениваемого объекта, ожидаемая форма тел; прогнозные ресурсы руды, полезного компонента; качество сырья; глубина прогнозирования и намеченный способ отработки. В качестве показателя, характеризующего экономическую эффективность освоения прогнозируемого

объекта, предложено использовать значение рентабельности к основным производственным фондам. Рентабельность определяется как разность между значением годовой стоимости товарной продукции и годовыми эксплуатационными затратами, отнесенными к значению основных производственных фондов. Последние берутся по аналогии с другими сходными объектами. В общем виде они могут быть приняты на уровне предполагаемых капитальных вложений.

Другим рассчитываемым показателем является определение потенциальной ценности участка недр. Это значение рассчитывается как разность между ценой 1 т конечной продукции (без НДС и налогов с продаж) и удельными эксплозатратами на производство 1 т конечной продукции, умноженной на эксплозапасы полезного компонента с учетом его сквозного извлечения в конечную продукцию, отнесенных к содержанию полезного компонента в конечной продукции.

С учетом выполненных расчетов подготавливаются рекомендации о целесообразности постановки на объекте следующей стадии геологоразведочных работ.

ГЭО запасов на стадии оценочных работ и разведки месторождения

В настоящем разделе рассматриваются следующие вопросы:

1. Кондиции, принятые при оконтуривания подсчетных блоков. Необходима ссылка на утверждающие документы (организация, номер протокола, дата утверждения). Проводится анализ данных по уже разведанным запасам разных категорий, их соотношении. Отмечается, каким способом ранее оценивались запасы.

2. Обосновывается рациональный способ подсчета проектных запасов. Излагаются принципы выделения подсчетных блоков различных категорий запасов, отвечающих требованию их геологической однородности.

3. На примере одного из типичных геологических блоков производится подсчет запасов тем или иным способом. Обосновываются параметры, используемые при подсчете запасов. Приводятся основные расчетные формулы. Полученные обобщенные данные находят отражение в табличной форме (в виде

формуляра). Контуры категорий запасов, выделенных на листе графики с использованием фактических и проектных данных, рекомендуется закрасить разным цветом для категорий: A – красный (розовый), B – зеленый, C_1 – голубой, C_2 – желтый; прогнозные ресурсы – серый (голубовато-серый).

Подсчитанные на разведуемом месторождении запасы подлежат геолого-экономической оценке. Используемые при этом оценочные показатели в настоящее время приближены к общемировым. Они отражены в Методических указаниях…, подготовленных – М.: 1996 – 2000.

Ведущими оценочными параметрами потенциальных месторождений являются:

1. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – сумма доходов за весь период эксплуатации месторождения. Приведение разновременных затрат и доходов к начальному периоду оценки осуществляется с использованием процедуры дисконтирования. Экономическим нормативом при этом является норма дисконта (Ед). Она принимается равной приемлемой для инвестора норме дохода на капитал. Если ЧДД положителен, то освоение месторождения эффективно.

2. Индекс доходности (ИД) – отношение дисконтированных доходов к дисконтированным на тот же момент инвестиционным затратам. При наличии положительного эффекта от освоения месторождения ИД должен быть больше единицы.

3. Внутренняя норма доходности (ВНД) – представляет ту норму дисконтирования (Ед), при которой величина приведенных доходов будет равна капитальным вложениям.

4. Срок окупаемости капитальных вложений ($T_о$) – отражает временной интервал, в течение которого сумма чистых доходов будет равной сумме инвестиций.

Более подробно последовательность выполнения расчетов и выполненные примеры решений приведены в учебных пособиях кафедры ГПР МПИ УГГУ.

В конце методического раздела следует привести сводную таблицу видов, объемов запроектированных работ и необходимых для выполнения геологического задания аналитических исследований.

3. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В разделе рассматриваются вопросы технологии бурения скважин, проходки поисковых и разведочных горных выработок и буровзрывных работ. Производится выбор основного и вспомогательного оборудования для реализации геологического задания.

3.1. Технология бурения скважин

Содержание и последовательность изложения раздела:

1. Характеристика геолого-технических условий проходки скважин. Физико-механические свойства горных пород (устойчивость, твердость, абразивность, трещиноватость, анизотропия и т. д.), их категорийность по буримости. При отнесении горной породы к соответствующей категории буримости – дать необходимые обоснования.

2. Выбор способов бурения по различным горизонтам и технико-технологические мероприятия по предотвращению возможных осложнений.

3. Обоснование типовых конструкций скважин. Выполнить графическое приложение конструкции скважин совместно с геологической колонкой.

4. Обоснование начальных угловых параметров забуривания скважин. Выбор рациональной технологии бурения: породоразрушающего инструмента, режима бурения (произвести необходимые технологические расчеты с обоснованием исходных данных в этих расчетах).

5. Обоснование выбора бурового оборудования и инструмента.

6. Составление геолого-технического наряда на бурение типовой скважины. В результате выполняется демонстрационный лист в формате А1.

7. Разработать мероприятия по повышению выхода керна по полезному ископаемому и в интервалах скважин, где это требуется методикой геологоразведочных работ для выбранной проектантом стадии исследований.

8. Обосновать технологии специальных работ в скважине, наиболее важных для данного месторождения (тампонаж, искусственное искривление скважин, ликвидация осложнений, кернометрия, каротаж и т. д.).

9. Наметить основные мероприятия по технике безопасности, промсанитарии и охране окружающей среды.

3.2. Технология проходки разведочных горных выработок

Содержание раздела ВКР по проходке горных выработок:

1. Общие данные о проектируемых горных выработках, их назначении в соответствии с геологическим заданием.

2. Определение сечения горных выработок в соответствии с техническими параметрами.

3. Расчет параметров буровзрывных работ (обоснование выбора взрывчатых веществ, определение их расхода и т. д.).

4. Разработка способа и режима проветривания горных выработок.

5. Крепление горной выработки. Обосновывается выбор материала для крепления и производится расчет элементов крепи.

6. Выбор средств проведения водоотлива в горных выработках.

7. Организация, режим и технические средства для освещения горных выработок.

8. Разработка мероприятий по технике безопасности и промсанитарии при проходке и ликвидации горных выработок.

3.3. Разработка мероприятий по охране недр и окружающей среды

Должны быть предусмотрены мероприятия, включающие:

- снижение отрицательного воздействия горных и буровых (буровзрывних) работ на окружающую среду;

- комплексное использование добываемой горной массы;

- сокращение площадей, занимаемых отвалами;

- уменьшение запыленности окружающей территории и загрязненности водоемов;

- предотвращение нарушений гидрогеологического и гидрологического режима и т. д.;

- разработка мер, предусматривающих ликвидацию негативных последствий геологоразведочных и горно-добычных работ.

4. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

4.1. Технико-экономические расчеты и обоснования

В начале раздела рассматриваются следующие вопросы:

1. Общая организация работ. Ведомственная подчиненность и местоположение экспедиции (партии). Организационная структура, расположение основных цехов и вспомогательных служб.

2. Организация материально-технического снабжения и работы транспорта. Обеспеченность трудовыми ресурсами. Последовательность выполнения всего комплекса геологоразведочных работ.

Технико-экономические расчеты выполняются для всех видов работ, предусмотренных методическим разделом дипломного проекта.

Основанием для расчетов должны служить:

- инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы. Приказ Комитета РФ по геологии и использованию недр от 22.11.1993 г. № 108;

- сборники сметных норм на геологоразведочные работы. М., ССН, выпуски 1 – 11, 1992;

- сборники норм основных расходов на геологоразведочные работы. М., СНОР, выпуски 1 – 11, 1993;

- другие справочные материалы по проектированию геологоразведочных работ.

В ССН приведены укрупненные нормы времени (выработки) и нормативные материалы для расчета норм основных расходов, по которым определяются единичные и комплексные расценки, используемые для составления смет на геологоразведочные работы.

Комплект ССН и СНОР состоит из одиннадцати выпусков:

Выпуск 1. Работы геологического содержания.

Часть I. Работы общего содержания.

Часть II. Съемки геологического содержания и поисков полезных ископаемых.

Часть III. Геохимические работы при поисках и разведке полезных ископаемых.

Часть IV. Гидрогеологические и связанные с ними работы.

Часть V. Опробование твердых полезных ископаемых.

Выпуск 2. Геоэкологические работы.

Выпуск 3. Геофизические работы.

Часть I. Сейсморазведка.

Часть II. Электроразведка.

Часть III. Гравиразведка, магниторазведка (наземная).

Часть IV. Аэрогеофизические работы.

Часть V. Геофизические исследования в скважинах.

Часть VI. Скважинная геофизика.

Часть VII. Радиометрические работы.

Выпуск 4. Горно-разведочные работы.

Выпуск 5. Разведочное бурение.

Выпуск 6. Морские геологоразведочные работы.

Выпуск 7. Лабораторные работы.

Выпуск 8. Торфоразведочные работы.

Выпуск 9. Топографо-геодезические работы и маркшейдерские работы.

Выпуск 10. Транспортное обслуживание геологоразведочных работ.

Выпуск 11. Строительство зданий и сооружений.

Часть I. Строительство при обустройстве баз геологоразведочных организаций.

Часть II. Строительство зданий и сооружений на объектах геологоразведочных работ.

Каждый выпуск (часть) ССН состоит из введения и общих положений, в которых приводятся сведения о составе и порядке применения сметных норм, включая технические условия и содержание работ, нормы времени (выработки) на их производство, затраты труда ИТР и рабочих, нормативы затрат по статьям «Износ» и «Услуги», нормы расхода материалов, электроэнергии и сжатого воздуха, основное оборудование и аппаратурно-технические средства с нормами амортизационных отчислений и коэффициентами на резерв.

В нормах, кроме затрат на основные виды работ, учтены затраты на технологически связанные с ним работы, выполнение которых является обязательным.

При выполнении геологоразведочных работ в условиях, отличных от предусмотренных ССН, к нормам времени применяются поправочные коэффициенты. Особые условия и размеры коэффициентов приведены в выпусках (частях) ССН.

По видам и методам работ, на которые нормы в ССН отсутствуют, сметная стоимость определяется путем составления сметно-финансовых расчетов (СФР).

4.2. Организационно-производственные и хозяйственно-бытовые вопросы

Освещаются вопросы, связанные с обустройством быта (М., ССН, вып. 11, части I и II). Рассматриваются: организация ремонтных работ, энергоснабжение, водо- и глиноснабжение, транспорт, расчет штата партии, в том числе ИТР и рабочих как на полевые работы, так и на период проектирования. Приводится календарный график выполнения работ по проекту, начиная с проектирования и заканчивая камеральным периодом (включая подготовку отчета).

4.3. Особенности проектирования, организации отдельных видов работ

Производственная часть проекта должна быть составлена по видам работ, необходимость проведения которых обоснована в методической части.

Условия производства работ, затраты времени, затраты труда ИТР и рабочих рассчитываются по сборникам сметных норм на геологоразведочные работы (ССН-93), М., ВИЭМС,1993. Вып. 1 (части I – V), вып. 3 (части IV, V, VII, IX).

Подготовительные работы проекта включают сбор фондовых, архивных и опубликованных материалов по оцениваемому участку, систематизацию сведений, полученных из источников информации.

Например

Сбор фондовых материалов: просмотрено 1000 страниц текста: затраты времени составят (ССН вып. 1, ч. I, т. 17, строка 1) – 10х1,08 = 10,8 чел./смен.

Затраты времени на систематизацию сведений составят (ССН вып. 1, ч. 1, т. 19, строка 1) – 3,02 чел./смен.

Таблица 2

Затраты труда на подготовительные работы

Наименование профессий	Единицы измерения	Объем работ, усл. ед.	Норма времени, чел./смен	Затраты труда, чел./ смен
Сбор фондовых материалов, п. 34				
Начальник партии	100 с.	10	0,04	0,4
Геолог 1 категории	100 с.	10	1,08	10,8
Всего:			1,12	11,2
Систематизация сведений, п. 43				
Начальник партии	100 карточек	10	0,05	0,05
Геолог 1 категории	100 карточек	10	3,02	3,02
Всего:				3,07

Проектирование включает составление текстовой и графической части проекта.

Например

Затраты времени на составление текстовой части проекта – (ССН вып. 1, ч. II, т. 46, строка 3, гр. 3, 5): 5,61 х 0,5 + 6,78 х 0,5 = 6,2 чел./смен;

затраты времени на составление графической части проекта – обзорной карты – (ССН вып.1, ч. II, п. 47) – 0,81 чел./смен).

Таблица 3

Затраты труда на проектирование

Наименование профессии	Объем работ	Норма времени, чел./смен	Затраты труда, чел./смен
Составление текстовой части			
Начальник партии	п.62	0,15	0,15
Геолог 1-й категории	т. 46	5,61	5,61
Составление обзорной карты			
Начальник партии	п. 51	0,04	
Геолог 1-й категории	т. 15	0,81	

4.4. Смета

Смета составляется на весь комплекс работ, необходимых для выполнения геологического задания и предусмотренных методической частью дипломного проекта.

К смете прилагаются:

- поправочные коэффициенты, применяемые при расчете сметной стоимости геологоразведочных работ;
- общая сметная стоимость геологоразведочных работ (форма СМ 1);
- расчет единичных сметных расценок (форма СМ 4);
- единичные сметные расценки (УКР, ПКР) геологоразведочных работ (форма СМ 3);
- основные расходы на расчетную (физическую) единицу работ (форма СМ 5);
- расчет стоимости транспортировки грузов на геологоразведочных работах (форма СМ 8);
- расчет сметной стоимости транспортировки персонала на геологоразведочных работах (форма СМ 7);
- расчет сметной стоимости работ, не предусмотренных ССН и СНОР (форма СМ 6);
- расчет сметной стоимости организации и ликвидации полевых работ;
- расчет компенсируемых затрат (производственные командировки, полевое довольствие, доплаты и компенсации, премии); резерв на непредвиденные работы; работы, выполненные подрядным способом;
- расчет экономической эффективности геологоразведочных работ. Рассчитываются балансовая прибыль, налог на прибыль, направления расходования чистой прибыли, расчет средней заработной платы и выработки на одного работающего.

Например

Форма СМ 1

Таблица 4

Смета и сметно-финансовые расчеты

Наименование работ и затрат	Единица измерения, с.	Объем работ, усл. ед.	Единичная сметная расценка, руб.	Полная сметная стоимость, руб.	Номер расчета формы СМ 4
I. Основные расходы (А+В), в том числе					
А. Геологические работы					
1. Работы подготовительного периода – всего, в том числе					
1.1. Сбор фондовых материалов	100	10	1067,4	10674	1,1

Форма СМ 4

Таблица 5

Расчет единичных сметных расценок

Номер расчетов	Виды работ	Единица измерения	Норма времени на единицу работ	Коэффициент на ненормал. условия	Норма времени с учетом коэффициента гр.4хгр.5	Сметная стоимость расчетной единицы	Единичная сметная расценка гр.6хгр.7	Номер единичных расчетов
Подготовительные работы и проектирование								
	Сбор фондовых материалов	100 с.	1,08		1,08	988,3	1067,4	СМ-5
	Систематизация сведений	100 карто-чек	3,02		3,02	833,8	2518,1	СМ-2
	и т. д.							

Форма СМ 5

Таблица 6

Основные расходы на расчетную единицу работ по СНОР-93

Поправочные коэффициенты:
районный – 1,15, к материальным затратам – 1,063,
к амортизации – 1,026

Показатели норм	Сбор информации		Систематизация сведений	
	расчет № 1		расчет № 2	
	СНОР, вып. I, ч. 1, т. 1, строка 1		СНОР, вып. I, ч. 1, т. 1, строка 2	
	по норме	с учетом коэффициента	по норме	с учетом коэффициента
Затраты на оплату труда	15635	17980,2	12522	14400,3
Отчисления на социальные нужды	6098	7012,7	4884	5616,6
Материальные затраты	103	109,5	1094	1162,9
Амортизация	–	–	–	–
Всего:	21836	25102	18500	21179
Всего: чел/смену		988,3		833,8

Форма СМ 5 составляется по всем видам работ, а ее значение используется в табл. 6.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении приводятся основные результаты выполненной работы. В краткой форме следует отразить: геологические условия локализации оцениваемого минерального сырья; результаты научно-исследовательской работы (по итогам выполнения специального раздела); предлагаемую методику выполнения проектируемых работ (виды, методы, объемы), необходимую для реализации геологического задания; ожидаемые результаты реализации проекта – проектные запасы, прогнозные ресурсы с их обобщенной геолого-экономической оценкой; предложения, способствующие повышению эффективности проектируемых работ; сметную стоимость запроектированных работ, ожидаемый уровень заработной платы; мероприятия по безопасному проведению работ и охране окружающей среды.

В конце текстовой части должна быть подпись исполнителя проекта.

5. ПОРЯДОК ПОДГОТОВКИ И ЗАЩИТЫ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА

К выполнению ВКР допускаются студенты, полностью окончившие теоретический курс обучения и положительно аттестованные по всем дисциплинам и практикам, предусмотренным учебным планом. О допуске к дипломному проектированию издается приказ по университету.

На период проектирования студенту назначается руководитель из числа преподавателей выпускающей кафедры. После ознакомления с собранными на преддипломной практике материалами, руководитель выдает студенту задание по ВКР и определяет консультантов по ее отдельным разделам. Задание по ВКР (дипломный проект) утверждается заведующим выпускающей кафедрой, а темы исследовательских работ подлежат утверждению на заседании кафедры. Одновременно с выдачей задания руководитель вместе со студентом составляет календарный план работы, в котором указываются сроки выполнения отдельных разделов и срок представления полностью подготовленной ВКР. Не реже одного раза в неделю студент обязан отчитываться о ходе дипломирования перед руководителем, контролирующим выполнение календарного плана. При необходимости студент может быть приглашен для отчета о работе над проектом (работой) на заседание выпускающей кафедры.

Законченная и подписанная студентом выпускающая квалификационная работа с визами всех консультантов представляется руководителю, который составляет на нее отзыв и дает оценку. При положительном отзыве подписанный руководителем проект или работа после проверки нормоконтролером кафедры передается на утверждение заведующему выпускающей кафедры, который назначает рецензента из числа специалистов, утвержденных приказом по университету. После ознакомления студента с рецензией, ВКР передается на кафедру секретарю ГАК не позднее 9 часов утра, предшествующего дню защиты. Полностью оформленная зачетная книжка должна быть сдана в деканат не позднее, чем за 2 – 3 дня до защиты.

Защита ВКР специалиста в ГАК производится публично по графику, установленному выпускающей кафедрой за месяц до начала работы ГАК, и в порядке, утвержденном кафедрой. *Процедура защиты следующая:*

- председатель ГАК объявляет фамилию студента и тему выпускной квалификационной работы (ВКР);

- предоставляется слово для доклада студенту (10 – 15 минут);

- по окончании доклада членами ГАК задаются вопросы, на которые защищающий проект должен дать краткие четкие ответы;

- оглашаются отзывы руководителя проекта и рецензента;

- предоставляется слово студенту для ответа на замечания, содержащиеся в отзывах.

После окончания защиты на закрытом заседании ГАК обсуждает результаты защиты и выносит решение об оценке проекта (работы) и присуждает выпускнику квалификацию горного инженера.

Студент, не представивший ВКР в установленный срок (без объективных причин) или получивший за защиту неудовлетворительную оценку, отчисляется из университета. Ему предоставляется право повторной защиты на следующий учебный год и на ту же или другую тему (по решению ГАК и выпускающей кафедры), но уже на платной основе.

6. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ВКР

Текст выпускной квалификационной работы должен быть выполнен с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ через 1,5 интервала, шрифт – 14, на одной стороне стандартного листа белой односортной бумаги формата А4 (210х297 мм) и переплетён в виде книги с твёрдой обложкой. Оформление текста должно соответствовать требованиям ГОСТ 2.105-95 ЕСКД «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ Р 53579-2009 «Отчёт о геологическом изучении недр».

Напечатанный текст должен иметь поля следующих размеров: верхнее и нижнее – 20 мм, правое – 15 мм, левое – 30 мм. Расстояние между заголовками и текстом должно быть равно двум межстрочным интервалам. Абзац в тексте следует начинать, отступая на 15 мм от левого края текста. Рекомендуется шрифт *Times New Roman,* используемый кегль 12 – 14 (в формате редактора *Word* 6.0 и др.), цвет печати – черный. Для выделения ключевых слов, отдельных фраз допускаются начертания курсивное или полужирное. Подчеркивания для выделений не допускаются.

При наборе текста бывают случаи, когда нельзя разделять слова или символы; например, нельзя символ оставлять в одной строке, а размерность переносить на другую. Для этого в *Word* существует неразрывный пробел. Он осуществляется нажатием следующих клавиш: *Ctrl+Shift+* пробел.

При наборе формул и печатании текста латинские буквы выделяют курсивом, а русские, греческие и цифры прямым шрифтом. Подрисуночные подписи – размер шрифта 12, строчные; экспликация (объяснение условных обозначений на рисунке) – 10 размер (цифры и буквы курсив). Таблицы: номер – 12 размер шрифта, строчные; название – 12 размер, строчные, жирные; шапка, текст таблицы – 10 размер шрифта, строчные. Формулы: основной текст – 14 размер шрифта; крупные индексы – 12; мелкие индексы – 10; крупные символы – 20; мелкие символы – 18.

Страницы нумеруются арабскими цифрами. Нумерация страниц сквозная. Титульный лист, задание по дипломному проектированию и реферат включают в общую нумерацию страниц, но номера на них не ставят. Номер страницы проставляется в правом верхнем углу листа или внизу в центре страницы. Допускается нумеровать страницы в ручную пастой или тушью черного цвета.

Текст ВКР разделяется на разделы, подразделы, пункты и подпункты. Не допускается вводить рубрикацию, содержащую более четырех иерархических уровней и подпункты. Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах всей основной части; их обозначают арабскими цифрами с точкой после номера раздела. Введение и заключение не номеруются. Подразделы, пункты и

подпункты нумеруют арабскими цифрами. В конце номеров разделов, подразделов и пунктов ставят точку, например: 4.1.; 4.1.4. и т. д.

Содержащиеся в тексте пункта или подпункта перечисления печатают строчными буквами с абзационным отступом. Позиции перечисления обозначают знаком « - » либо строчной буквой со скобкой: а)…, б)…

Заголовки разделов, а также заглавия «Введение» и «Заключение» записывают симметрично тексту прописными буквами в центре страницы с расстоянием до последующего текста 10 мм. Заголовки подразделов печатают с прописной буквы строчными буквами в центре страницы. Точку в конце заголовков не ставят; перенос слов в заголовках и подчёркивание заголовков не допускается.

Структурные части текста начинают с нового листа. Разделы основной части допускается начинать на листе, где заканчивается предыдущий раздел. Не допускается запись заголовков на одном листе, а текста на другом.

В формулах в качестве символов следует принять обозначения, установленные соответствующими государственными стандартами. Символы и числовые коэффициенты, входящие в формулы, расшифровываются слева направо непосредственно под формулой. Каждый символ пишут с новой строки и после запятой указывают размерность; первую строку начинают со слова «где» без двоеточия после него.

Уравнения и формулы следует выделять из текста свободными строками. Выше и ниже каждой формулы должно быть оставлено не менее одной свободной строки. Если уравнение не умещается в одну строку, оно должно быть перенесено после знака равенства или после знаков плюс (+), минус (–), умножения (•) и деления (:).

Формулы (если их не более одной) нумеруются арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделённых точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках, например: (4.1) (первая формула четвёртого раздела).

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Они должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота текста или с поворотом по часовой стрелке. Иллюстрации располагаются после первой ссылки на них в тексте. Иллюстрации (рисунки, чертежи, схемы, диаграммы) выполняют на листах текста или на листах чертёжной, миллиметровой бумаги формата А4 чёрной тушью. Допускается выполнять иллюстрации на листах формата А3 (297х420 мм), применять рисунки в виде фотографий и ксерокопий. Иллюстрации размером меньше А4 должны быть наклеены на листы белой бумаги формата А4.

Все иллюстрации, если их более одной, обозначают словом «Рис.» и нумеруются в пределах раздела арабскими цифрами, например: Рис. 4.1 (первый рисунок четвёртого раздела). Также допускается сквозная нумерация рисунков. Иллюстрации могут иметь наименование или поясняющие сведения. Ссылки на иллюстрации в тексте приводят с указанием их порядкового номера. Повторные ссылки на иллюстрации следует давать в круглых скобках с сокращением слова «смотри», например: (см. рис. 4.3).

Цифровой материал оформляется в виде таблиц, используя электронные редакторы *Word* или *Excel*. Слово «Таблица» помещают в правом верхнем углу. Таблицы объемом свыше 5 листов следует выносить в приложения.

Каждая таблица должна иметь тематический заголовок. Заголовки в таблице указываются в единственном числе и начинаются с прописных букв. Тематические заголовки помещают над таблицей посредине, точки в конце заголовка не ставят.

Таблицы нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах каждого раздела при слове «Таблица» без знака «№». Полный номер таблицы составляют через точку из номера раздела и ее порядкового в разделе и помещают в правой части листа под наименованием таблицы.

На все таблицы должны быть ссылки в тексте, например: … (табл. 4.1). Таблицу помещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы её можно было читать без поворота или с поворотом по часовой стрелке.

Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другой лист. При переносе таблицы на другой лист заголовок помещают только над её первой частью. Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть над другой в пределах одной страницы. Если строки или графы таблицы выходят за формат листа, то в первом случае в каждой части таблицы повторяется её шапка, во втором случае – боковик.

При переносе части таблицы на другую страницу слово «Таблица» и номер её указывают один раз справа над первой частью таблицы; над другими частями пишут слово «Продолжение», например: «Продолжение табл. 4.1».

Если повторяющийся в графе таблицы текст состоит из одного слова, его допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «то же», а далее кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводятся, то в ней ставят прочерк.

Интервалы величин в тексте записываются в виде «от» и «до» или через тире.

Титульный лист является первым листом текста. На нём не допускается производить перенос слов, ставить точки в конце фраз. Пример оформления титульного листа выпускной квалификационной работы представлен в прил. 1.

Задание на ВКР должно быть оформлено на официальном бланке и содержать: 1) тему ВКР; 2) срок сдачи студентом законченного проекта; 3) исходные данные для разработки; 4) объём выполняемой работы; 5) фамилии консультантов; 6) график выполнения ВКР. В конце задания должны быть поставлены подписи студента, руководителя и дата выдачи задания. Задание на ВКР утверждается заведующим кафедрой.

Пример заполнения задания по ВКР представлен в прил. 2.

Реферат содержит ключевые слова, краткое изложение существа проекта, характер и цель работы, методику проведения работ, конкретные результаты работы и выводы. Ключевые слова (5 – 15), представляющие собой имена су-

ществительные или словосочетания в именительном падеже и отражающие основное содержание реферируемой работы, печатаются строчными буквами, в строку, через запятые. Оптимальный объём реферата – 1200 знаков. Пример реферата приведён в прил. 3. В конце текстовой части помещается список источников, которыми пользовался автор при составлении проекта (вначале – фондовые, ниже – опубликованные) Список литературы составляется в соответствии с общими требованиями к содержанию и оформлению геологических отчётов. Источники следует располагать в алфавитном порядке. Ссылки в тексте на источники указывают порядковым номером по списку источников, выделенным двумя квадратными скобками, или упоминанием авторов и года подготовки работы. *Например*: (Прокопьев и др., 1974). Заголовок списка литературы пишется прописными буквами и располагается симметрично. Примеры описания библиографических источников различных типов приведены в прил. 5.

Приложения располагают в порядке ссылок на них в тексте. Каждое приложение должно начинаться с нового листа с указанием в правом верхнем углу прописными буквами слово «*Приложение*», его номера арабскими цифрами (без знака №) и иметь содержательный заголовок. При ссылке на приложения в тексте пишут слово «прил.» строчными буквами и указывают номер приложения, *например*: (прил. 4).

Графические приложения к выпускной квалификационной работе специалиста выполняются с применением компьютерных технологий формата А1 (600х850 мм), используя программные продукты *Arc View, Arc Info, Micro main* и др. В случае необходимости размер листа графического приложения может превышать формат А1. Основную надпись (штамп) выполняют в каждом листе графических приложений в правом нижнем углу вдоль длинной стороны листа. Образец штампа для чертежей приведён в прил. 4.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баранников А. Г., Макарова С. В.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 95 с.

2. *Баранников А. Г.* Поиски и разведка ведущих геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 183 с.

3. *Баранников А. Г.* Прогнозирование и поиски полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. 240 с.

4. *Временные методические рекомендации* по оценке, апробации и учету прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых на территории РФ по состоянию на 01.01.2003. М.: МПР, 2002. 10 с.

5. *Дворник Г. П., Угрюмов А. Н.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых и техногенного сырья: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. 220 с.

6. *Инструкция* по организации и производству геолого-съемочных работ по составлению Государственной геологической карты России масштаба 1:50000 (1:25000). Л.:, 1987. 243 с.

7. *Инструкция* по составлению и подготовке к изданию листов Гос. геологической карты РФ масштаба 1:200000 (Роскомнедра). М.:, 1995. 244 с.

8. *Инструкция* по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы: приказ комитета РФ по геологии и использованию недр от 22.11.93, № 108.

9. *Комплексирование* методов разведочной геофизики: справочник геофизика / под. ред. В. В. Бродового, А. А. Никитина. М.: Недра, 1984. 384 с.

10. *Классификация запасов* и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых: приказ МПР РФ № 278 от 11.12.06. М.: МПР. 2007.

11. *Методическое руководство* по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Т. 1. Принципы и методы оценки / Ю. В. Богданов [и др.]. М.: ВИЭМС, 1986. 77 с.

12. *Методические рекомендации* по применению классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (железные, медные, алюминиевые и др. руды): приложения к распоряжению МПР РФ от 05.06.2007.

13. *Методические рекомендации* по составу и структуре сопровождающих и первичных баз данных ГК-200/2 и ГК-1000/3. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 55 с.

14. *Минеральное сырье:* железо, медь, золото и др. руды: справочники. СПб.: ЗАО «Геоинформмарк», 1997 – 1998.

15. *Петрографический кодекс России.* Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 100 с.

16. *Петруха Л. М.* Разведка месторождений полезных ископаемых: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. 247 с.

17. *Положение о порядке* проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС МПР, 1999. 28 с.

18. *Принципы, методы и порядок оценки* прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых / Б. И. Беневольский, Е. М. Аксенов, Е. В. Блинова [и др.]; под. ред. А. И. Кривцова. М.: ЦНИГРИ, 2010. 95 с.

19. *Российский металлогенический словарь.* СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. 320 с.

20. *Сборники норм* основных расходов на геологоразведочные работы. СНОР, вып. 1 – 11. М.: 1993.

21. *Сборники сметных норм* на геологоразведочные работы. ССН, вып. 1 –11. М.: 1992.

22. *Стратиграфический кодекс России.* 3-е изд-е. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.

Приложение 1

ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ВКР

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Факультет геологии и геофизики

Кафедра геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему:
«ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО В ПРЕДЕЛАХ УЧАСТКА “САВКИНО”»

Зав. кафедрой ГПР МПИ (ученое звание) ФИО

Руководитель (ученое звание) ФИО

Нормоконтролёр (ученое звание) ФИО

Студент группы: РМ-…

Екатеринбург – 2016

Приложение 2

ПРИМЕР ЗАПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННО РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА

Министерство образования и науки РФ
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный университет»

Факультет геологии и геофизики

Кафедра *геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых*
Специализация 130101.65 – *Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых*

«Утверждаю»
Заведующий кафедрой _____
« ___» _____

ЗАДАНИЕ
ПО ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (ВКР) СПЕЦИАЛИСТА

Студенту _____*Шишкиной Вере Николаевне* _____
1. Тема ВКР *Поисковые работы на рудное золото в пределах участка «Савкино»*
_____
утверждена приказом по университету № ____/_____ от « » _____ г.

2. Срок сдачи ВКР « » _____ г.

3. Исходные данные к ВКР *текстовые и графические материалы ФГУГП «Читагеологоразведка», документация керна поисковых скважин, результаты минералого-геохимических исследований руд и вмещающих пород, собственные зарисовки и наблюдения*
_____

4. Содержание ВКР

4.1. Общий раздел *Общие сведения о районе проектируемых работ, геологическое строение района и характеристика участка Савкино* _____
_____

4.2. Технологический раздел *Методика поисковых работ. Объемы и виды работ. Технология проходки канав и скважин. Охрана недр и окружающей среды.*
_____

4.3. Специальный раздел *Поисковые критерии и признаки золотого оруденения «карлинского» типа* _____
_____

4.4. Экономическое обоснование *Составление сметы на проведение проектируемых видов работ* _____

4. 5. Безопасность жизнедеятельности *Разработка мероприятий по безопасности проведения горных и буровых работ*

_____

5. Графический материал _____

1. Геологическая карта района работ масштаба 1:50000–1:200000

2. Геологическая карта участка работ масштаба 1:5000–1:10000

*3.Фактические и проектные геологические разрезы.*_____

4. План размещения проектных выработок _____

5. Листы по специальному разделу: Таблица поисковых критериев и признаков золотого оруденения « карлинского типа»; фотографии метасоматитов и руд. _____

6. Консультанты ВКР по разделам:

ФИО консультанта	Место работы, должность, ученая степень, звание	Раздел ВКР
ФИО		*Геологический раздел*
То же		*Специальный раздел*
—"—		*Методический раздел*
—"—		*Технологический раздел*
—"—		*Геофизический раздел*
—"—		*Экономический раздел*

ФИО руководителя ВКР _____ФИО_____

Ученая степень _____ ученое звание _____

7. График выполнения ВКР

Наименование раздела ВКР	Сроки выполнения (примерные)
1. Геологический	
2. Специальный	
3. Методический	
4. Технологический	
5. Геофизический	
6. Экономический	

Дата выдачи задания___« »_____ г.

Руководитель ВКР _____

/подпись/

Задание по ВКР получил_____

/подпись/

Примечание. Задание оформляется в 2-х экземплярах: один хранится на кафедре, второй – выдается студенту и подшивается к ВКР.

Приложение 3

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЛИСТА «РЕФЕРАТ»

РЕФЕРАТ

ВКР специалиста 87 с., 15 рис., 47 табл., 15 источников, 6 приложений.

УЧАСТОК «САВКИНО», ОРУДЕНЕНИЕ, МЕТАСОМАТИТЫ, КАРЛИНСКИЙ ТИП, ДЖАСПЕРОИДЫ, ЗОЛОТО, КОМПЛЕКС МЕТОДОВ, ОПРОБОВАНИЕ, ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ

Объект проектирования – золотое оруденение участка «Савкино».

Цель работы – на основе изучения поисковых критериев и признаков золотого оруденения «карлинского» типа запроектировать рациональный комплекс поисковых работ на рудное золото в пределах участка.

В дипломном проекте обоснованы поисковые критерии и признаки золотого оруденения, структурно-текстурные особенности метасоматитов, проведён их сравнительный анализ с метасоматитами др. месторождений подобного типа.

Установлено, что оруденение находится далеко от магматического источника, связано непосредственно с джаспероидами, относится к золото-малосульфидной формации, тип оруденения – «карлинский».

Проектируется проведение горных работ с целью изучения оруденения с поверхности, а также колонковое бурение скважин, на которых предусмотрено проведение ГИС.

Рассмотрена методика поисковых работ, технология бурения скважин, предусмотрены мероприятия по охране труда и окружающей среды. Выполнены необходимые технико-экономические расчёты, составлена смета на проведение поисковых работ, дана геолого-экономическая оценка объекта.

Приложение 4

ФОРМА ШТАМПА К ЧЕРТЕЖАМ ВКР

<table>
<tr><td>ФГБОУ ВО</td><td colspan="3">Уральский государственный горный университет

Факультет геологии и геофизики
Кафедра геологии, поисков и разведки МПИ</td><td>25</td></tr>
<tr><td>Студент гр. РМ-
_____
(подпись)</td><td colspan="3">Геологическая карта участка работ</td><td>15</td></tr>
<tr><td>Консультант
_____
(подпись)</td><td colspan="3" rowspan="2">К выпускной квалификационной работе: «Поисковые работы на рудное золото
в пределах участка “Савкино”»</td><td rowspan="2">30</td></tr>
<tr><td>Руководитель
_____
(подпись)</td></tr>
<tr><td>Зав. кафедрой
_____
(подпись)</td><td>Масштаб
1:10000</td><td>Дата</td><td>Приложение
№ 1</td><td>15</td></tr>
<tr><td>50</td><td>33</td><td>34</td><td colspan="2">33</td></tr>
<tr><td colspan="5">150</td></tr>
</table>

Приложение 5

ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ОПИСАНИЙ ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

МОНОГРАФИИ

1. *Заварицкий А. Н.* Изверженные горные породы. М.: Наука, 1961. 479 с.

2. *Каждан А. Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (Научные основы поисков и разведки). М.: Недра, 1984. 285 с.

3. *Методика изучения гидротермально-метасоматических образований* / Е. В. Плющев, О. П. Ушаков, В. В. Шатов, Г. М. Беляев. Л.: Недра, 1981. 252 с.

4. *Атлас текстур и структур осадочных горных пород.* Ч.1. Обломочные и глинистые породы / под ред. А. В. Хабакова. М.-Л.: Госгеолиздат, 1962. 578 с.

ПЕРЕВОДНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. *Бейтс Р. Л.* Геология неметаллических полезных ископаемых: пер. с англ. М.: Мир, 1965. 548 с.

6. *Крамбейн У., Грейбилл Ф.* Статистические модели в геологии: пер. с англ. М.: Мир, 1969. 397 с.

СТАТЬИ ИЗ СБОРНИКА

7. *Клочихин А. В.* Ордовик, силур и нижний девон восточного крыла Зилаирского синклинория на Южном Урале // Вопросы геологии Восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Вып. 7. Уфа, 1960. С. 120 – 125.

СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА

8. *Ферштатер Г. Б., Ф. Беа, Н. С. Бородина, М. П. Монтеро.* Анатексис базитов в зоне палеосубдукции и происхождение анортозит-плагиогранитной серии Платиноносного пояса Урала // Геохимия. М., 1998. № 8. С. 768 – 781.

СТАТЬИ ИЗ ЖУРНАЛА АКАДЕМИИ НАУК

9. *Соболев А. Е.* Вендские мафиты и минерагения Южного Верхоянья // Докл. РАН. М., 1992. Т. 237. № 4 – 6. С. 557 – 560.

СТАТЬИ ИЗ ТРУДОВ

10. *Розен О. М., Федоровский В. С.* Коллизионные гранитоиды и расслоение земной коры (примеры кайнозойских, палеозойских и протерозойских коллизионных систем). М.: Научный мир (Тр. ГИН РАН. Вып. 595), 2001. 188 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, СОВЕЩАНИЙ

11. *Новые данные о рифейском тектогенезе на Северо-Востоке России* А. К. Худолей, Р. Рейнбирд, Р. Стерн [и др]. // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Мат. совещ. М.: Геос, 1999. Т. II. С. 261 – 264.

ФОНДОВАЯ ЛИТЕРАТУРА

12. *Виниченко В. И.* (отв. исполн.). Отчёт о поисково-разведочных и ревизионных работах на рудное золото по Богомоловскому участку и месторождениям Смирновского рудного поля, проведённых Средне-Борзинской ГРП в 1969 г. / ЧГУ. Чита, 1970. 214 с.

СПРАВОЧНИКИ, ГОСТ, ИНСТРУКЦИИ

13. *Инструкция по составлению* и подготовке к изданию листов Гос. геологической карты РФ масштаба 1:200000. М.: Роскомнедра, 1995. 244 с.

14. *Минеральное сырьё.* Золото: справочник / Ю. М. Щепотьев, В. И. Куторгин, В. И. Натоцинский [и др.]. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998. 85 с.

15. *Положение о порядке проведения* геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твёрдые полезные ископаемые). М.: ВИЭМС МПР, 1999. 28 с.

16. *Сборник норм основных расходов* на геологоразведочные работы. Вып. 1, 3, 4, 5, 7, 10. М.: ВИЭМС, 1993.

17. *Сборник руководящих материалов* по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. Т. 1, 2. М.: ГКЗ СССР, 1985, 1986. 576 с., 530 с.

18. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.