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 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 № 190 от 17.03.2020

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 ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ И КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПО ДИСЦИПЛИНЕ Б1.Б.2.09 МЕТАЛЛОГЕНИЯ

для обучающихся специальности:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 №190 от 17.03.2020

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.

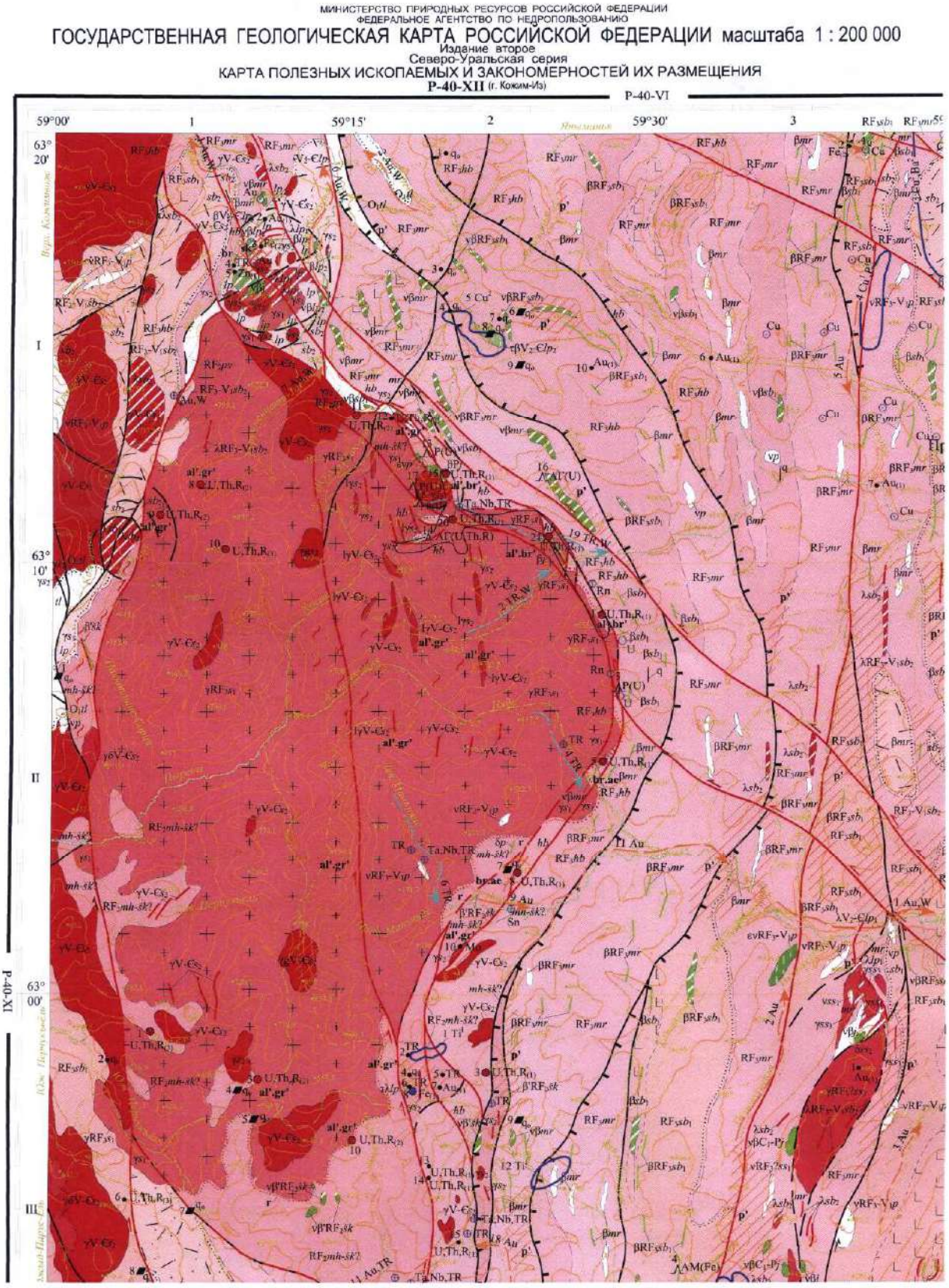
Каждая металлогеническая карта обычно сопровождается комплектом вспомогательных карт. В первую очередь в этот комплект могут входить карты, предусмотренные инструкцией о геологической съемке: геологическая, месторождений полезных ископаемых, геоморфологическая, шлиховая и др. Если же металлогеническая 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.

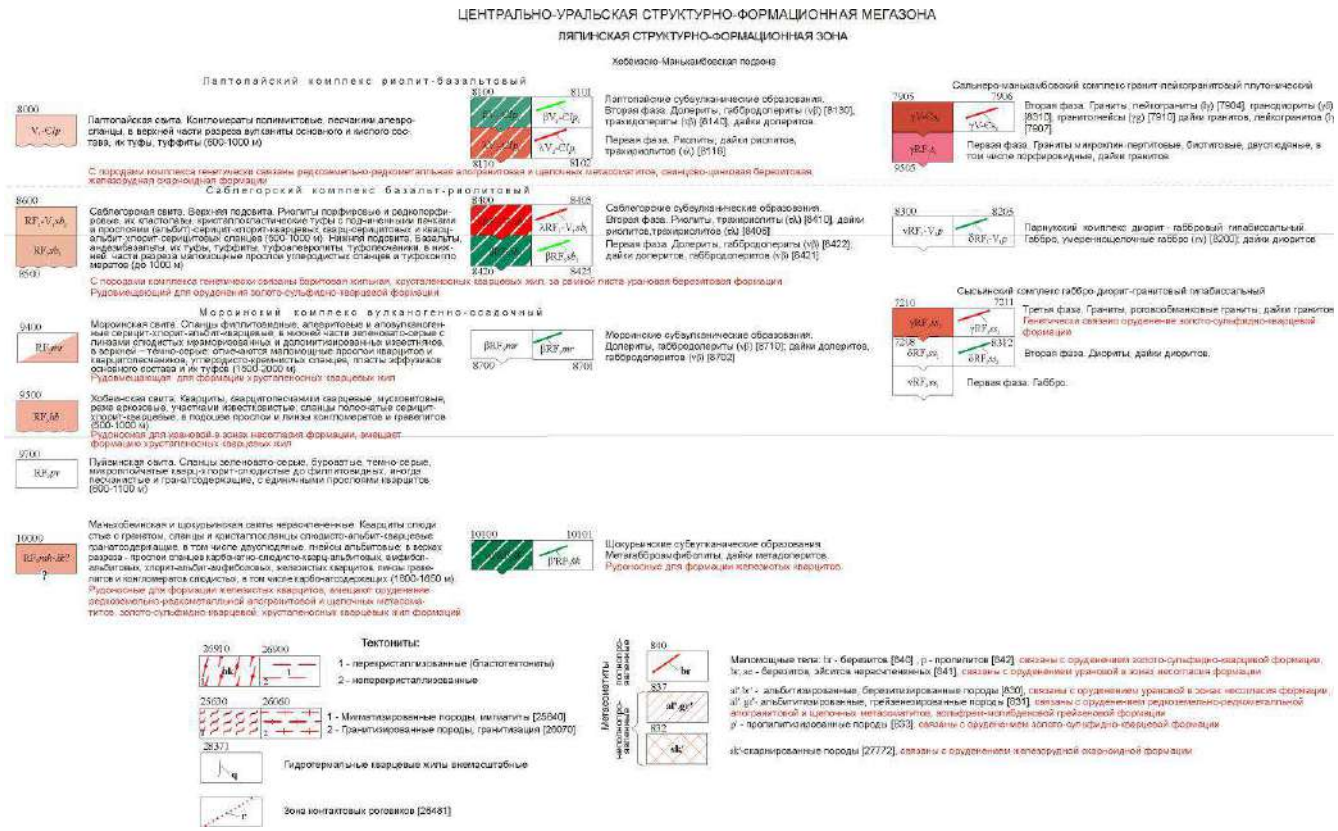
Составление металлогенических карт сопровождается разработкой легенды, включающей условные обозначения и металлогенограмму, и тестовой объяснительной записки, облегчающей чтение карты. Составление легенды металлогенической карты являются ответственной работой, требующей большого напряжения мысли. Условные 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 $Fe_{(1)}$	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	Ураноносных 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 Js_{rn}	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

AM(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

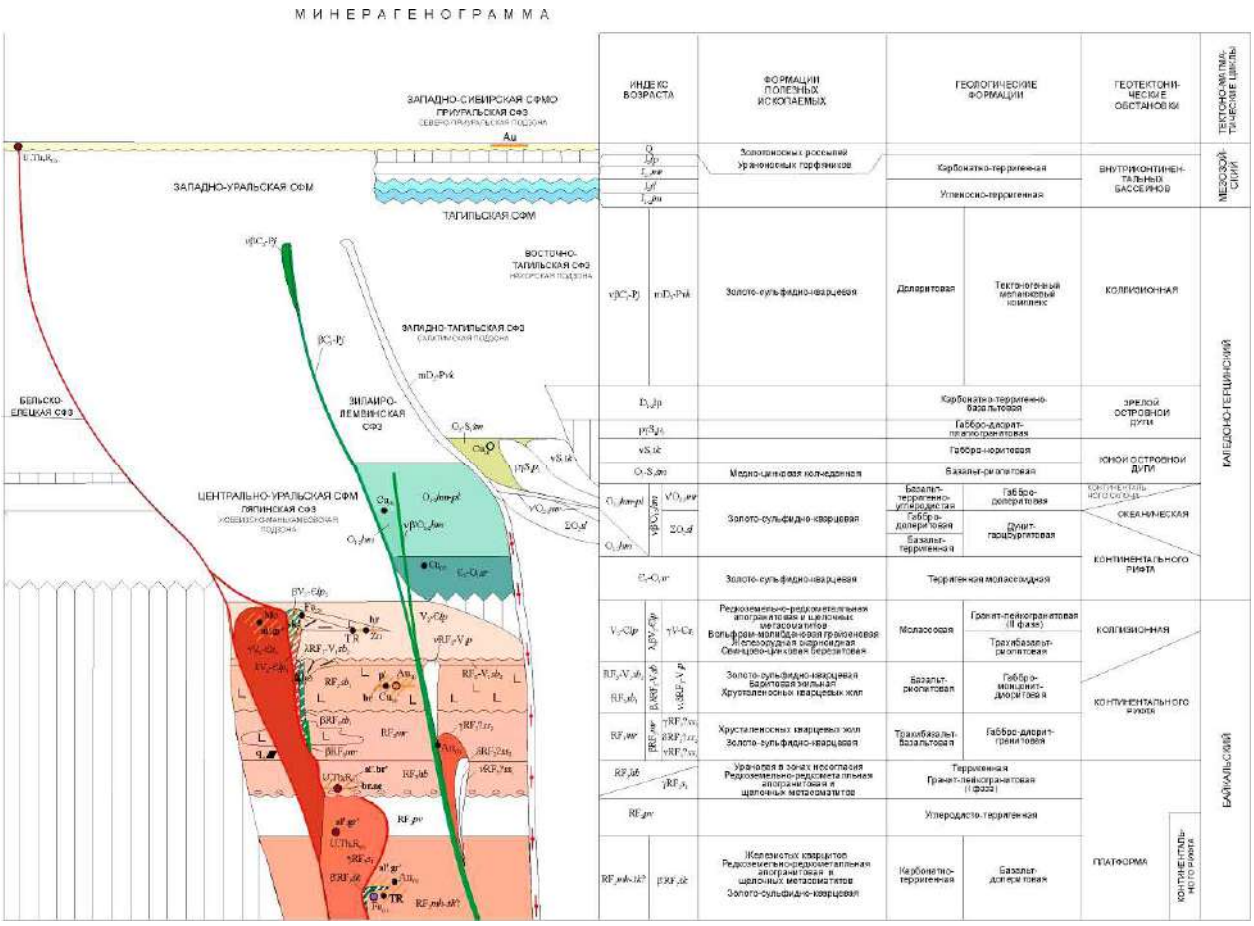
ШЛИХОВЫЕ ПОТОКИ

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 ураноносные 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.Б.2.10 ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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).

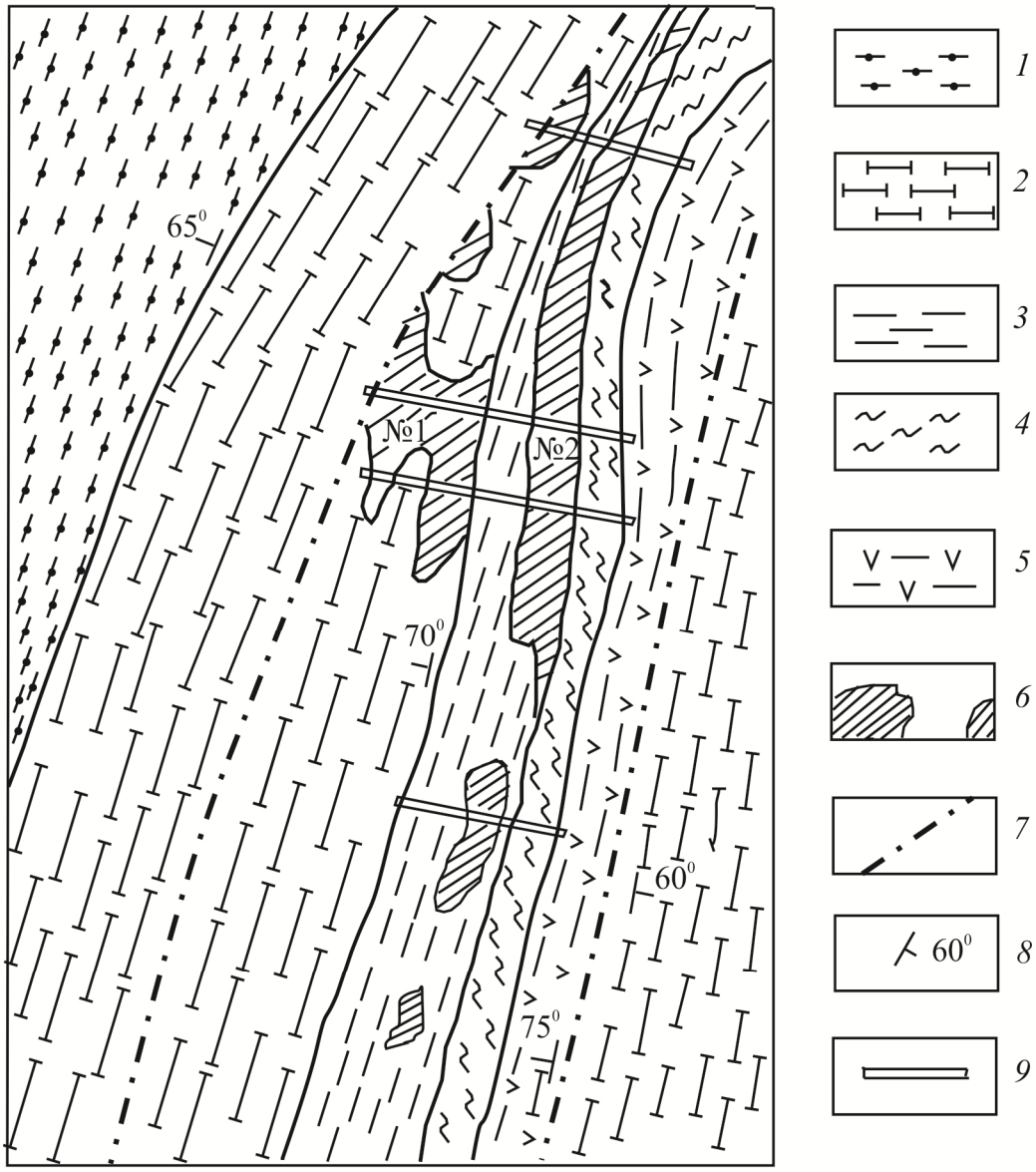
6) Наметить виды и способы отбора проб применительно к конкретному типу полезного ископаемого. Для каждого вида опробования (химического, геохимического, минералогического, технологического, технического, геофизического) обосновать цель исследования, способы отбора проб, параметры проб (сечение, длину, 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.

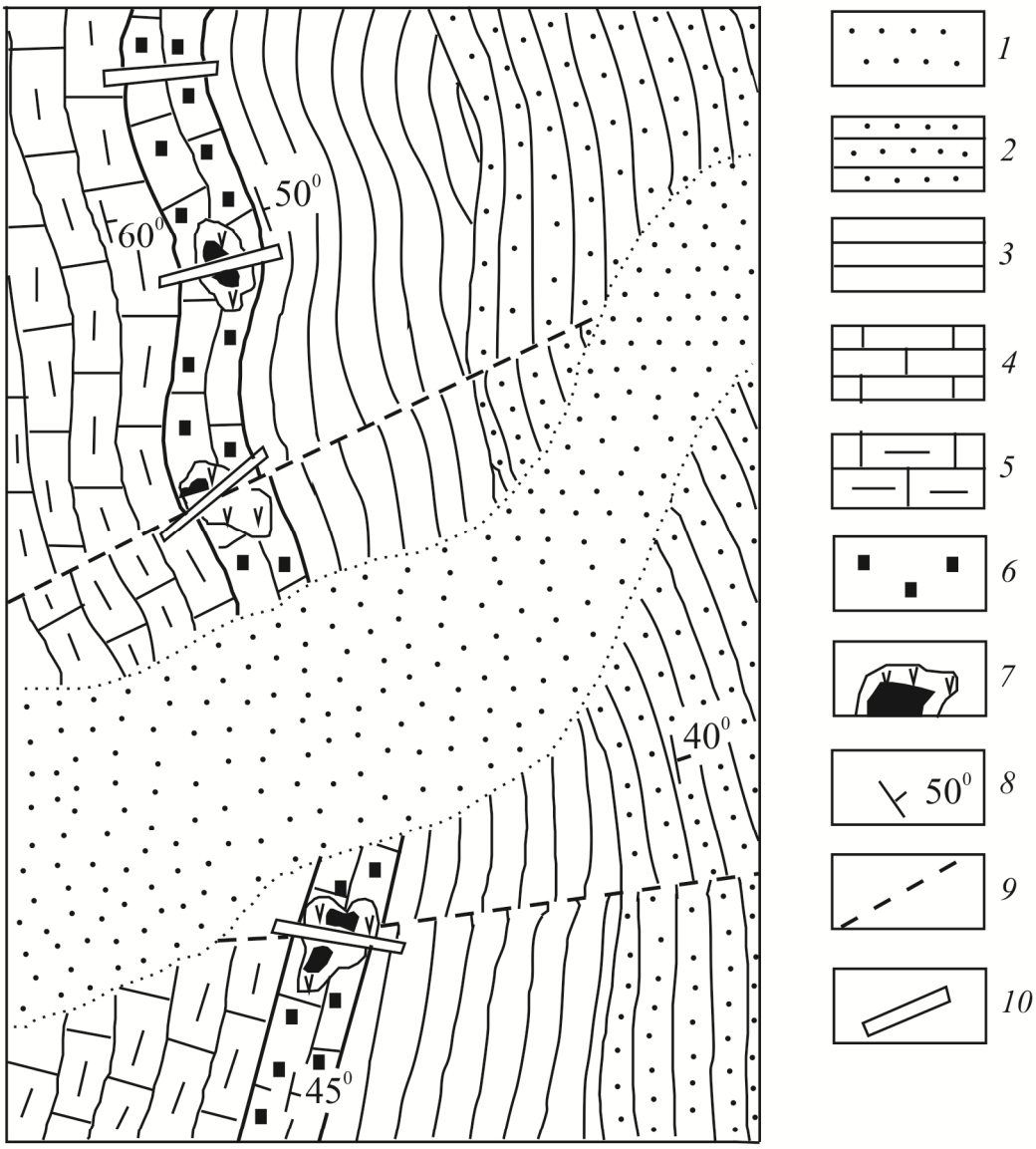
Задание 1



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

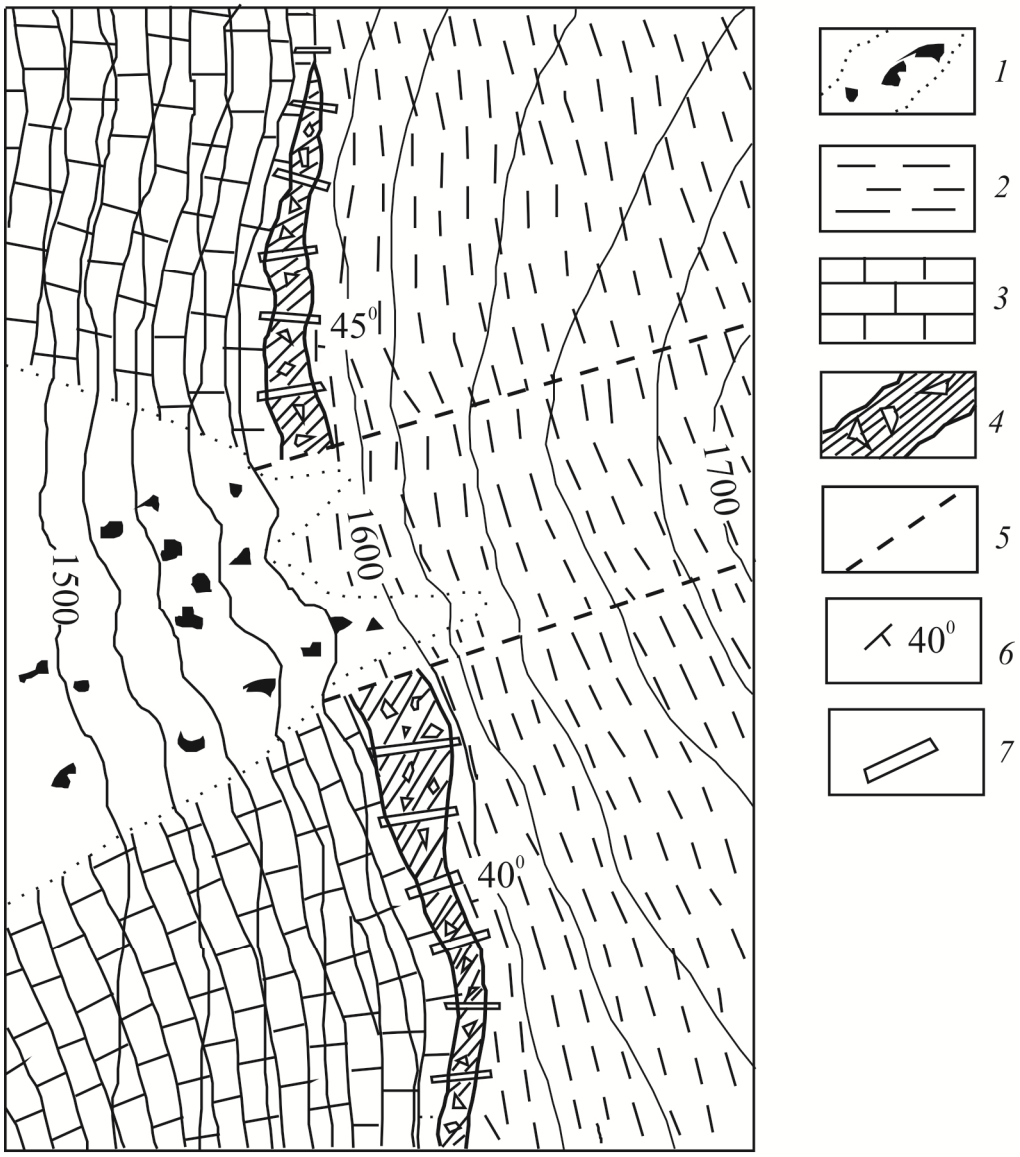
Задание 2



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

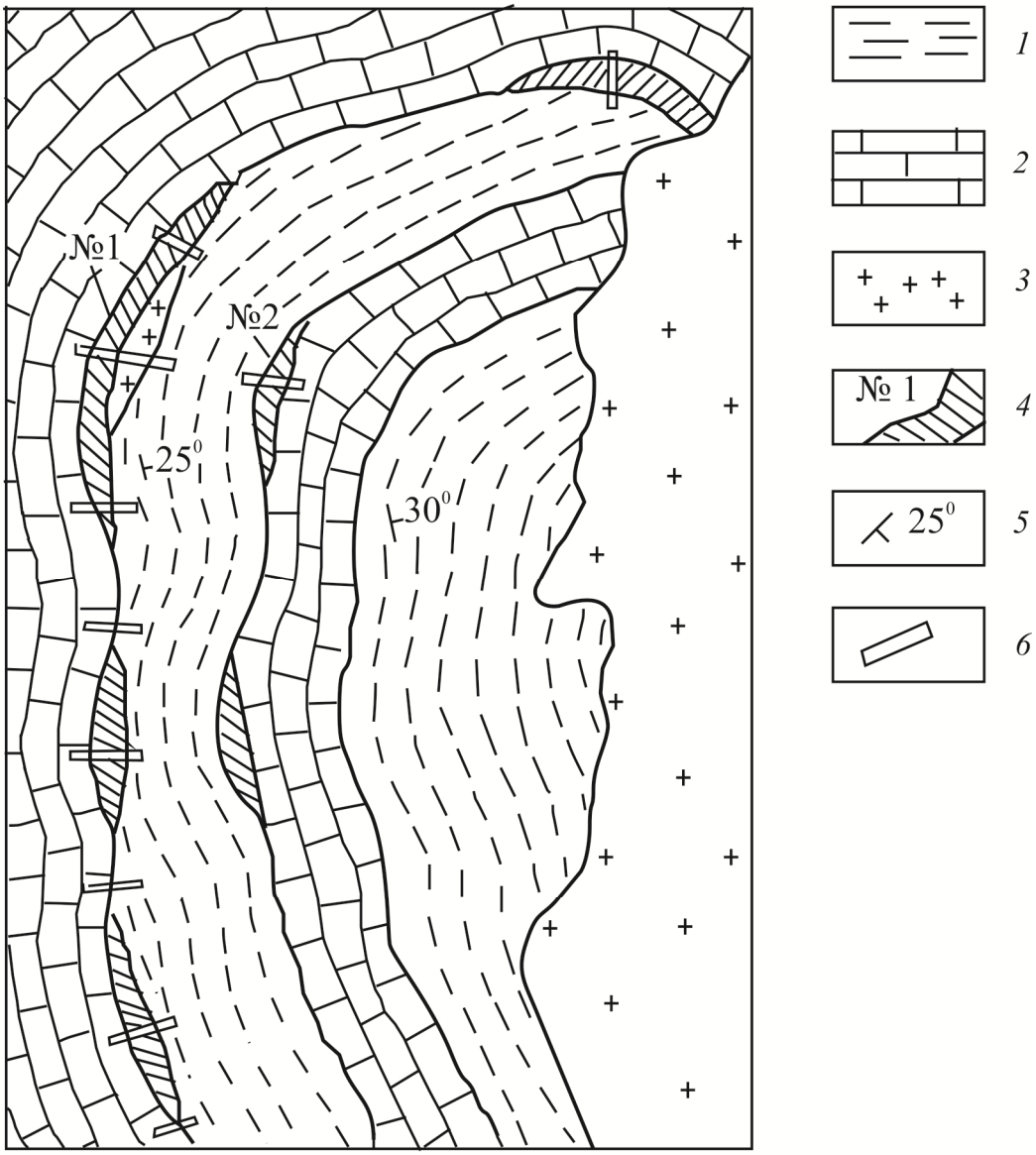
Задание 3



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

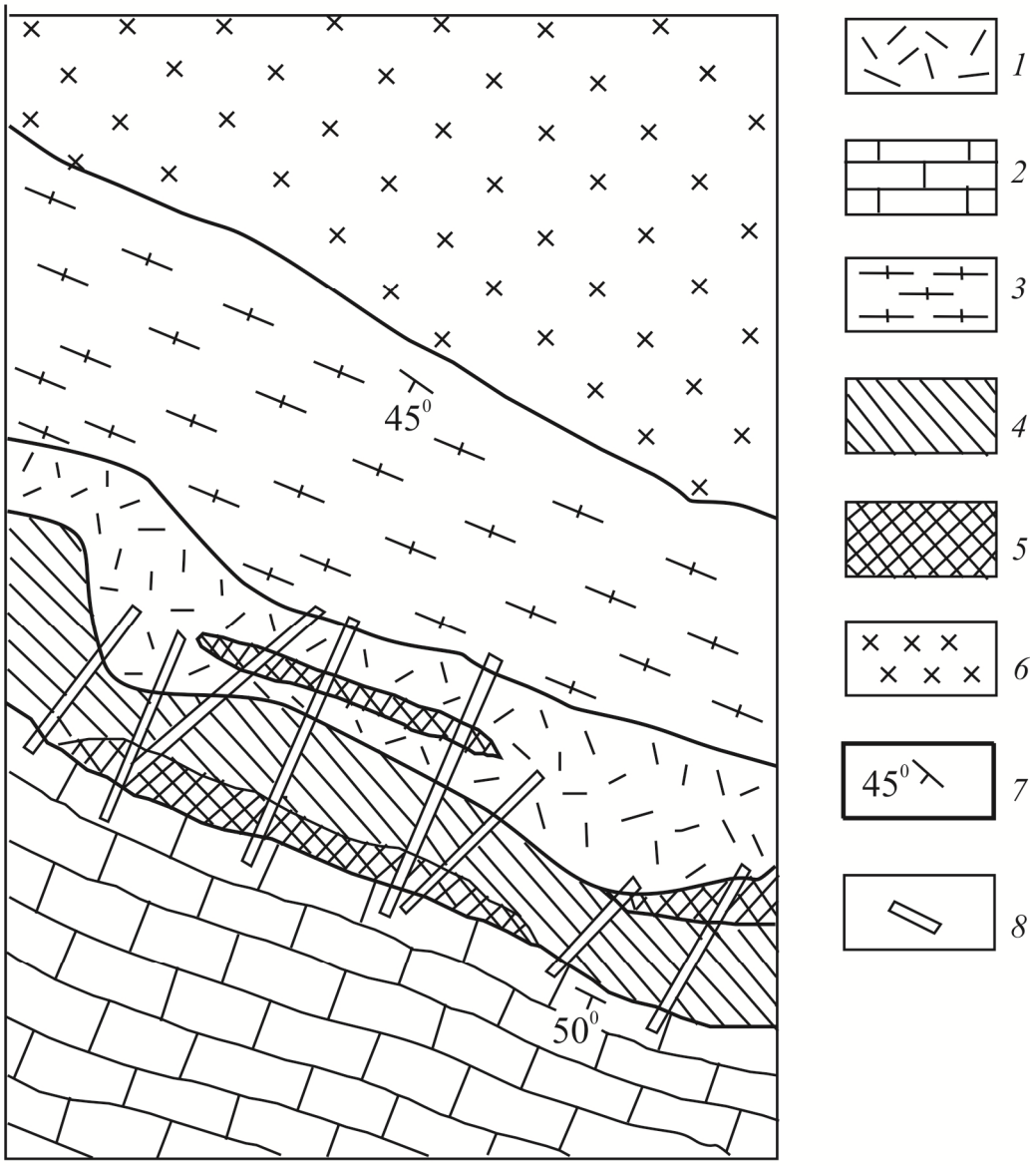
Задание 4



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

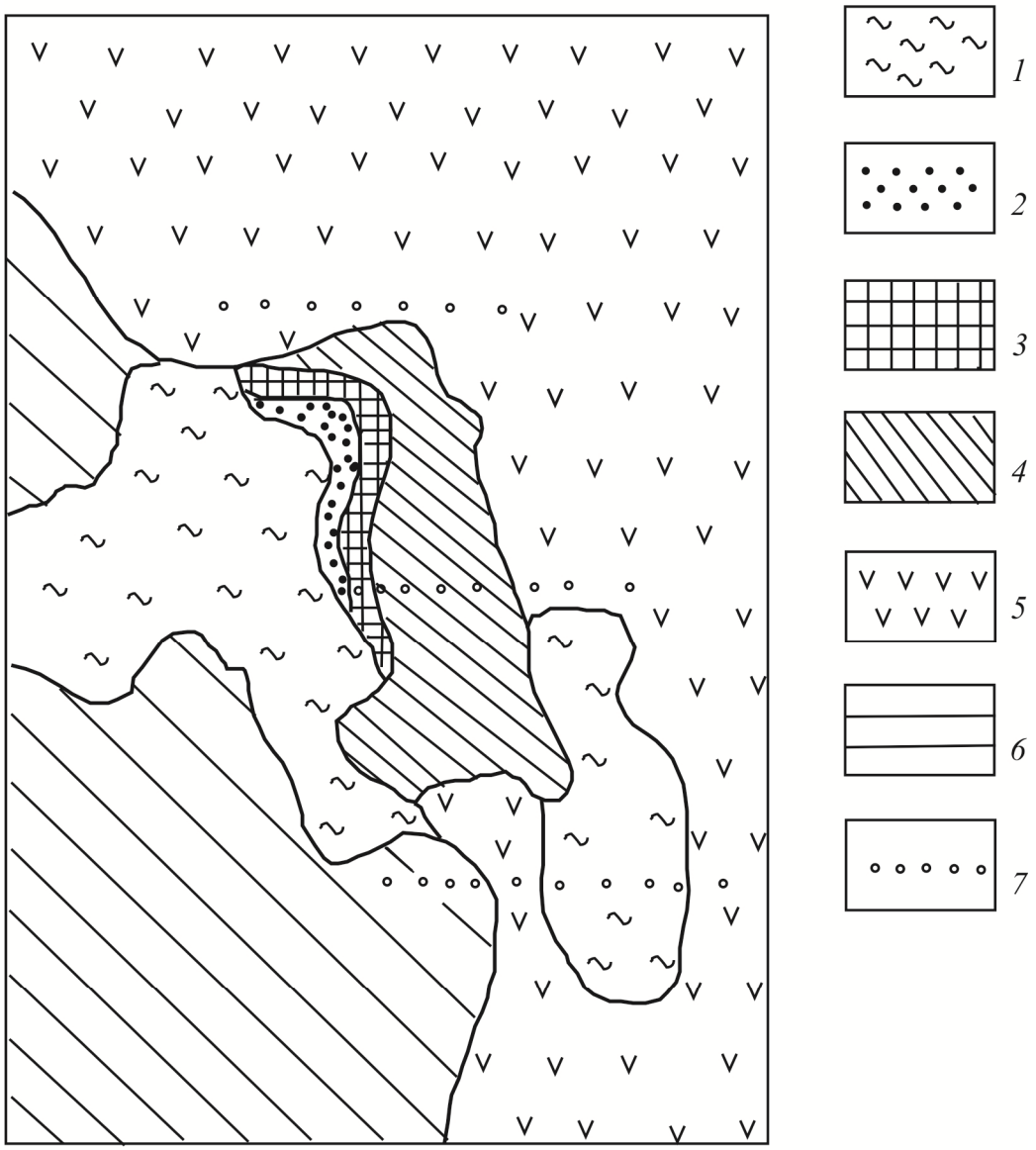
Задание 5



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

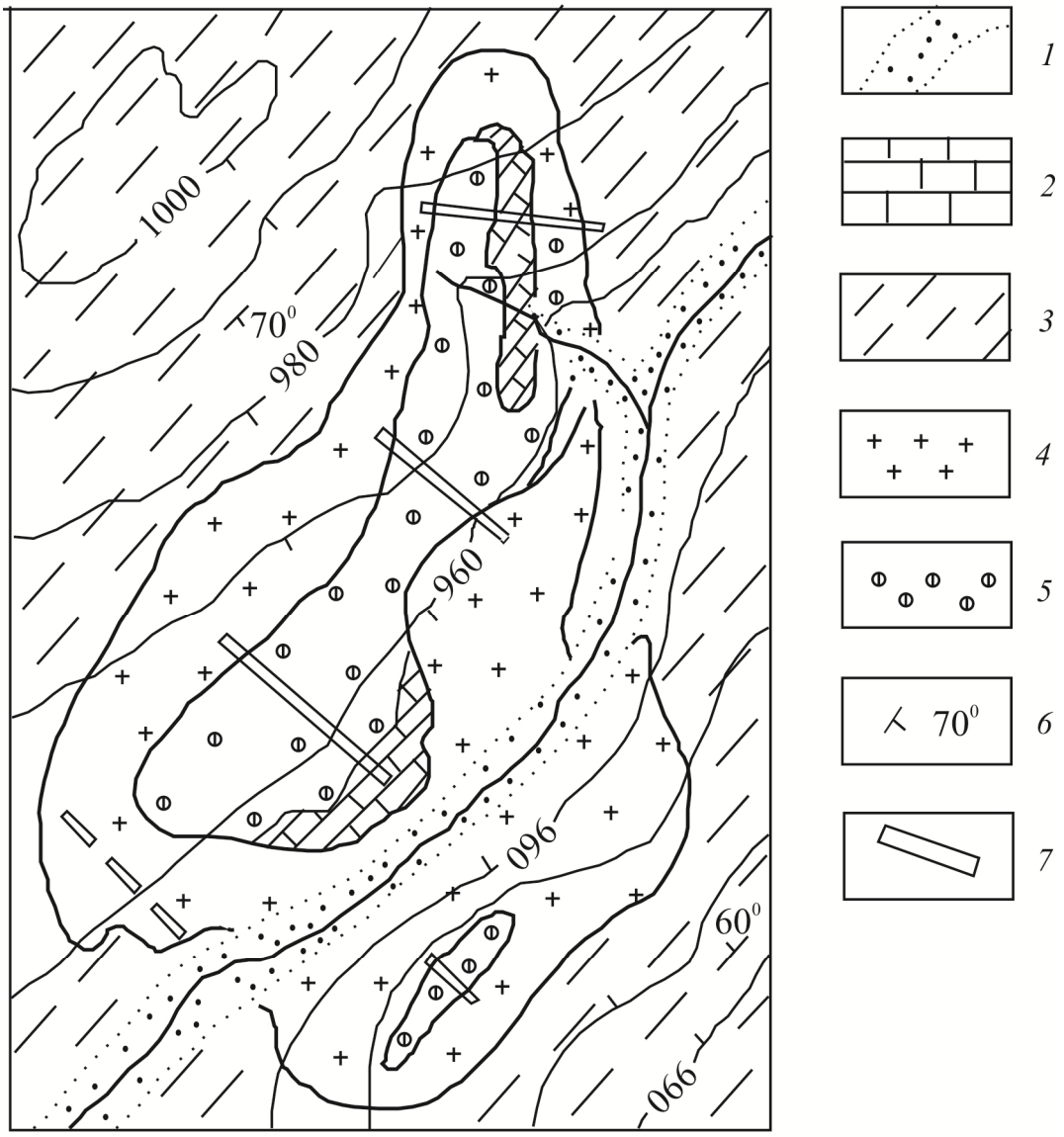
Задание 6



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

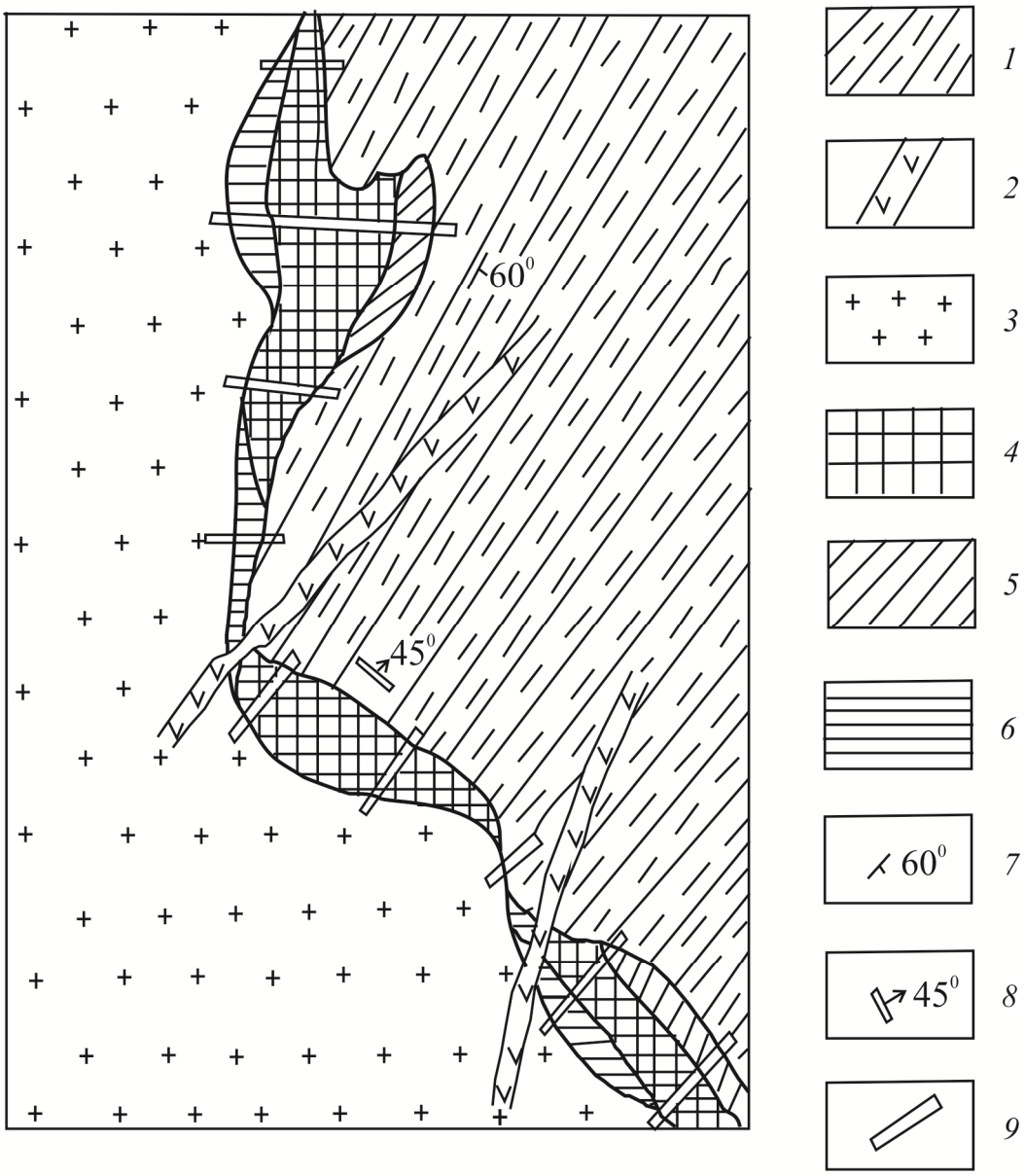
Задание 7



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

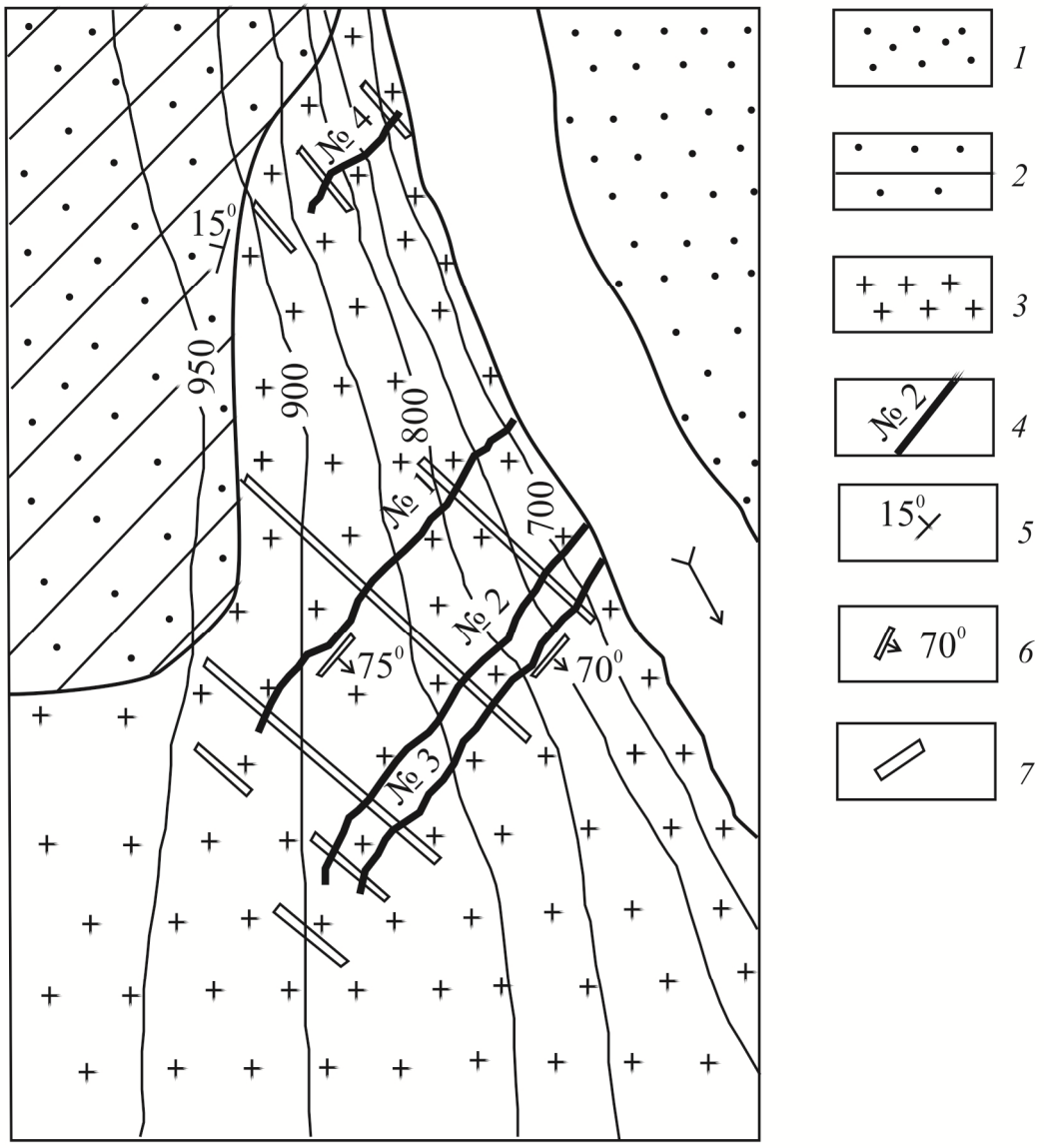
Задание 8



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

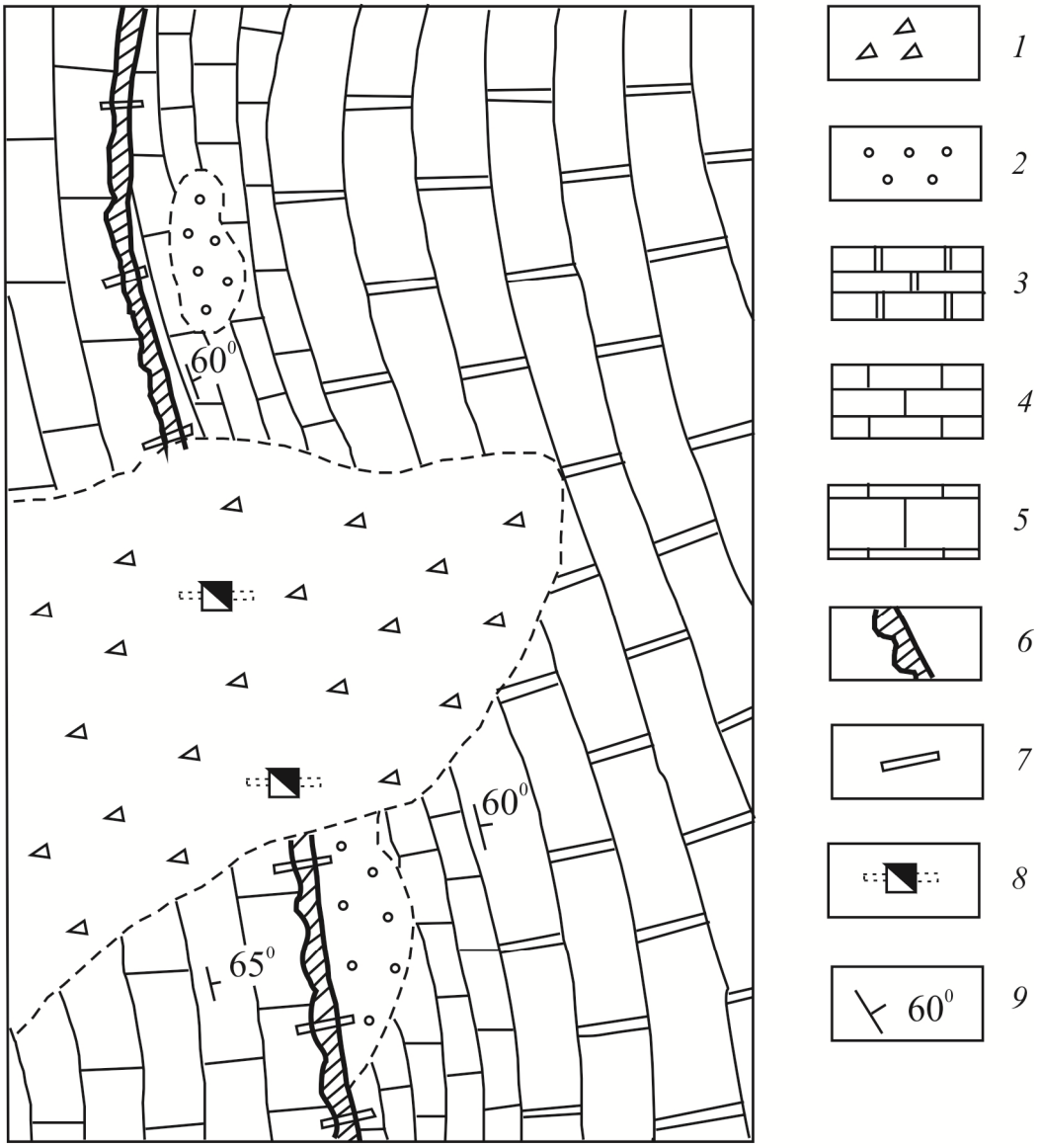
Задание 9



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.Б.2.10 ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ……14
2.1. Подсчет запасов триоксида вольфрама в жильном кварц-сульфидно-вольфрамитовом месторождении методом геологических блоков……..15
2.2. Разведка медноколчеданного месторождения и подсчет запасов методом разрезов……..20
2.3. Подсчет запасов по золоторудному месторождению жильной формы способом эксплуатационных блоков…….21
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……36

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 объек-

тах сложного геологического строения – к категории C_1. Запасы, расположенные 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 минерального 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:

$$P = S \cdot m \cdot d \cdot c \quad \text{или} \quad P = \frac{S \cdot m \cdot d \cdot c}{100}.$$

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 разубоживания 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 рас-

положены 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 индивидуальной 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, включа-

ются в контур балансовых 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_{Ni}) 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. МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ

В практике разведки месторождений полезных ископаемых с учетом морфологии рудных тел и геологических условий их залегания применяются различные системы разведки и соответствующие им методы подсчета запасов. Наиболее распространенными среди них являются методы геологических и эксплуатационных блоков, разрезов, статистический. В настоящем учебно-методическом пособии студентам предлагается решить задания, раскрывающие содержание названных методов в применении к месторождениям определенных типов. Конкретные задачи предлагаются преподавателем с учетом специальности (специализации) студентов и баланса времени по изучаемому курсу.

Каждое из предложенных заданий имеет индивидуальные особенности, которые оговорены ниже. Обязательным условием всех заданий является выделение блоков на основе геологических особенностей месторождений, по итогам оконтуривания или на основе из разведанности.

Обязательным элементом методики подсчета запасов является составление формуляра, определяющего последовательность проведения расчетов и являющегося своеобразным алгоритмом решения поставленной задачи. Составлению формуляра подсчета запасов по месторождению предшествует заполнение формуляров расчета средних значений параметров по выработке (разведочному пе-

ресечению), по блоку. Формуляры, используемые в каждом из методов подсчета запасов, имеют свои особенности и являются его характеристикой. Результаты подсчета запасов выражают в т, тыс. т (10^3 т), млн т (10^6 т). Необходимая и достаточная точность подсчета определяется путем округления трех первых значащих цифр.

2.1. Подсчет запасов триоксида вольфрама в жильном кварц-сульфидно-вольфрамитовом месторождении методом геологических блоков

Подсчет запасов и прогнозных ресурсов методом геологических блоков широко применяется при проведении поисковых, оценочных работ и разведке месторождений, имеющих жильную, пластовую или пластообразную форму рудных тел. При этом подсчетные блоки выделяются не только по геологическим, но и по технологическим признакам. Отдельные залежи месторождения, занимающие различное стратиграфическое или литолого-фациальное положение, выделяются в отдельные блоки. Например, различные технологические типы руд (оксидные, оксидно-карбонатные, карбонатные) в пределах единого рудного горизонта марганцевого месторождения выделяются в отдельные блоки. В пределах месторождения жильного типа, состоящих из нескольких рудоносных жил, каждая из жил выделяется в отдельный подсчетный блок. Подсчетными блоками будут участки жильных или пластовых тел, смещенные тектоническими нарушениями; зоны окисления и вторичного обогащения; участки рудных тел, отличающиеся друг от друга степенью разведанности, и т. п.

Процесс подсчета запасов и прогнозных ресурсов включает в себя последовательное определение средних значений подсчетных параметров по разведочному пересечению (выработке), по блоку и месторождению (сумма блоков). Он реализуется путем заполнения соответствующих формуляров подсчета запасов.

Исходные данные. На месторождении вольфрама, представленном серией крупных кварц-сульфидно-гюбнеритовых жил, залегающих в кварцевых диоритах, проведена разведка одного из рудных тел, выходящего на поверхность (рис. 15). На дневной поверхности жила вскрыта канавами, отстоящими друг от друга в направлении простирания через 20-30 м. На глубине 20-25 м она подсече-

на рассечками из шурфов. Также вскрыта жила скважинами на глубинах около 100 м, расположенными через 100-120 м по ее простиранию. Падение жилы крутое (75^0), на восток. Положение разведочных выработок иллюстрируется на плане (М 1:2000) и разрезе (М гор. 1:2000 и М верт. 1:1000).

Оценочные параметры жилы: длина около 350 м, прослеженная глубина по падению более 100 м, мощность 0,2-2 м. Содержание триоксида вольфрама колеблется в пределах 0,1-2,3 %. По сложности геологического строения месторождение относится к 2-ой группе согласно Инструкции ГКЗ [6].

Требуется. Произвести подсчет запасов триоксида вольфрама по жиле методом геологических блоков в соответствии с кондициями, установленными повариантно (табл. 3). Вариант задания соответствует номеру, под которым фамилия студента записана в групповом журнале.

Таблица 3

Кондиции для подсчета запасов триоксида вольфрама по кварц-вольфрамитовой жиле

Варианты	Бортовое содержание, % масс.	Минимальная рабочая мощность, м	Минимальный метропроцент, м %
1	0,2	0,7	0,140
2	0,25	0,7	0,175
3	0,30	0,7	0,210
4	0,35	0,7	0,245
5	0,40	0,7	0,280
6	0,45	0,7	0,315
7	0,20	0,75	0,150
8	0,25	0,75	0,188
9	0,30	0,75	0,225
10	0,35	0,75	0,263
11	0,40	0,75	0,300
12	0,45	0,75	0,338
13	0,20	0,80	0,160
14	0,25	0,80	0,200
15	0,30	0,80	0,240
16	0,35	0,80	0,280
17	0,40	0,80	0,320
18	0,45	0,80	0,360
19	0,20	0,85	0,170
20	0,25	0,85	0,213

21	0,30	0,85	0,255
22	0,35	0,85	0,298
23	0,40	0,85	0,340
24	0,45	0,85	0,385
25	0,20	0,90	0,180
26	0,25	0,90	0,225
27	0,30	0,90	0,270
28	0,35	0,90	0,315
29	0,40	0,90	0,360
30	0,45	0,90	0,405

Методические указания по выполнению задания.

На основе разведочных данных, представленных на бланке задания и выбранного варианта кондиций, для оконтуривания каждому студенту необходимо последовательно выполнять следующие операции:

1. На отдельном листе миллиметровки построить вертикальную продольную проекцию в масштабе 1:2000, нанеся на нее места пересечения рудной жилы горными выработками и скважинами и оценочные параметры по каждому из них (рис. 16). В частности, указывается номер выработки, истинная мощность жилы, содержание триоксида вольфрама в % масс.

2. По заданным кондициям оконтурить в продольной проекции площади распространения балансовых руд, выделив блоки различной степени разведанности (категории запасов). Различные категории запасов обозначаются штриховкой или цветом (B – зеленым, C_1 – синим, C_2 – желтым).

3. Вычислить средние значения оценочных параметров (мощности рудного тела, содержания триоксида вольфрама, метропроцента) по блокам. При этом используются данные: для блока 1 – B по канавам и шурфам, для блока 2 – C_1 по шурфам и скважинам, для блока 3 – C_2 по скважинам. Результаты расчетов представляют в виде табл. 4.

Таблица 4

Расчеты средних значений по блокам

Блок 1				Блок 2				Блок 3			
Номер выработ-	m, м	C, %	$m{\cdot}C$	Номер выработ-	m, м	C, %	$m{\cdot}C$	Номер выработ-	m, м	C, %	$m{\cdot}C$

ток				ток				ток			
К-1	1,5	1,4	2,1	Ш-6	0,6	1,3	0,78	С-3	0,5	0,8	0,4
Ш-4	1,0	0,9	0,9	С-3	0,5	0,8	0,4	С-1	1,1	1,5	1,65
и т. д.											
Сумма	+	-	-	Сумма	+	-	+	Сумма	+	-	+
Сред-нее	+	+	-	Сред-нее	+	+	-	Сред-нее	+	+	-

Расчеты средних содержаний по блокам выполняются способом средневзвешенного:

$$\overline{m} = \sum \frac{m}{N}, \qquad \overline{C} = \frac{\sum_{1}^{N} m_i \cdot C_i}{\sum_{1}^{N} m_i}.$$

4. Определить площадный коэффициент рудоносности как отношение площади рудной части блоков к общей их площади (рудная / безрудная).

5. Подсчитать запасы по жиле методом геологических блоков, заполняя формуляр подсчета запасов (табл. 5).

Таблица 5

Формуляр подсчета запасов по месторождению методом геологических блоков

Номера блоков; категории запасов	Площадь, S, м	Средняя мощность, m, м	Объем рудного блока, V, м^3	Объемная масса, d, т/м^3	Запасы руды, Q, т	Среднее содержание металла, C, % масс	Запасы металла P, т
1-B	700	1,5	10500	2,8	29400	1,2	352,8
2-C_1							
3-C_2							
Итого: $B+C_1+C_2$	+		+		+		+

При определении площадей блоков нужно учесть угол падения жилы. При подсчете запасов в блоках 2-C_1 и 3-C_2 учитывается коэффициент рудоносности, определенный по данным оконтуривания рудного тела в блоке 1-B. Объемная масса руды принимается одинаковой для всех блоков – 2,8 т/м^3.

6. Определить степень разведанности месторождения как отношение запасов категории B к сумме запасов ($B+C_1$).

7. Сделать заключение о масштабе месторождения (крупное, среднее, мелкое, рудопроявление), отметив его промышленное значение.

8. Проанализировать систему разведочных сечений и сделать вывод о возможности ее совершенствования.

Требования к оформлению работы.

Вспомогательным отчетным документом является вертикальная продольная проекция (см. рис. 16), которая составляется на отдельном листке размером 297х210 мм. На ней производится оконтуривание балансовых руд по заданным кондициям (см. табл. 3), выделение блоков с различной степенью разведанности (категориям запасов), подсчет рудных площадей в каждом из выделенных блоков.

Дополнительными документами являются расчеты средних содержаний подсчетных параметров по блокам, оформленные в виде таблицы по представленному образцу (см. табл. 4), а также итоговый формуляр подсчета запасов по жиле, составленной в виде таблицы (аналогичной табл. 5). Эти документы располагаются на обороте бланка-задания. На лицевой стороне бланка студент записывает заданные кондиции, на основе которых произведены оконтуривание и подсчет запасов, а также записывает свою фамилию, группу, дату выполнения задания.

Продолжительность выполнения работы – 2 часа.

2.2. Разведка медноколчеданного месторождения и подсчет запасов методом разрезов

Подсчет запасов методом разрезов широко используется при разведке месторождений, рудные залежи которых имеют значительную площадь поперечных сечений (линзы, штокверки, штоки, изометричные тела) и разведуются системами параллельных и близпараллельных сечений (горизонтальных или вертикальных).

Сущность метода заключается в том, что все подсчетные параметры изначально определяются в плоскостях разведочных сечений, а затем распространяются на блоки между двумя рядом расположенных (чаще параллельных) сечений. При этом два крайних блока, располагающихся на выклинивании рудных залежей, опираются на один разрез, параметры которого экстраполируются на весь объем блока.

Предлагаемое задание предусматривает разведку и подсчет запасов медноколчеданного месторождения.

Исходные данные. На месторождении проведена начальная стадия разведки, в процессе которой поверхность рудоносных пород изучена системой вертикальных картировочных скважин по сети 50х20 м. В итоге произведено оконтуривание рудного тела под покровом рыхлых отложений. С целью 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, пройденными по сети 200х100 м. Представление о пространственном положении рудной залежи, вскрывших ее выработок, отражено на

рис. 17. В центральной части (профиль IV) пробурена глубокая скважина № 9, встретившая рудное тело видимой мощностью 35 м на отметке 0 м.

По данным проведенной разведки рудное тело имеет форму линзы, постепенно 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 предположительно составляет 400-450 м.

Залегает линза пирит-халькопирит-сфалеритового состава на контакте кварцевых риолитов (лежачий бок) и базальтов (висячий бок). Содержание меди в рудных пересечениях по рассечкам и скважинам колеблется в пределах от 0,9 до 2,0 %. Кроме этого в руде присутствуют цинк, сера, железо, которые в отдельных блоках являются основными компонентами. Соотношение содержаний основных компонентов приближенно составляет: Cu:Zn:S = 1:0,8:40. Железо не используется и складируется в виде пиритных огарков. В качестве попутных компонентов в руде присутствует золото (1,5-2,0 г/т), серебро, селен, теллур, висмут, свинец, германий и др. элементы.

По итогам выполненной разведки подсчитаны запасы руды по категориям C_1 и C_2 в соотношении 0,6:0,4. Размещение горных выработок и буровых скважин, пройденных в ходе разведки, отражено на бланке задания. Там же приведены разрезы по линиям II, IV, VI, где слева от разведочных выработок и буровых скважин показаны средние содержания меди. Месторождение оценено как имеющее промышленное значение.

Требуется. Необходимо запроектировать дополнительное количество разведочных пересечений для того, чтобы уровень разведанности рудного тела отвечало требованиям Инструкции ГКЗ [6]. Для этого необходимо выбрать плотность разведочной сети, рекомендуемую Инструкцией для обоснования запасов различных категорий, а также определить соотношение запасов различных категорий. В рассматриваемом случае месторождение по сложности геологического строения может быть отнесено как к первой, так и ко второй группе. Поэтому мы выбираем плотность сети, рекомендуемую ГКЗ для 2-й группы, несколько ее разрежая.

Если инструкцией ГКЗ рекомендуются сетки для категории *B* – 50х75 м и для категории C_1 – 100х150 м, то мы выбираем, соответственно, сетки 100х50 и 200х100. При этом степень разведанности должна соответствовать выражению

$$\eta = \frac{B}{B + C_1} \cdot 100, \ \%.$$

Методические указания по выполнению работы.

Получив от преподавателя вариант задания (см. табл. 6) и специальный бланк с расположением разведочных выработок на плане и в разрезе (см. рис. 17), студент должен выполнить следующие операции:

1. Оконтурить рудное тело в разрезах по линиям II – IV и проектным V, VI, используя морфологические особенности залежи и учитывая уменьшение содержания меди с глубиной.

2. Построить проекцию рудного тела на вертикальную плоскость, взяв данные с плана и имеющихся разрезов. На проекции должны быть показаны все пройденные разведочные и проектные выработки в условных обозначениях, приведенных на рис. 17.

Вертикальная проекция дает наглядное представление об общих размерах рудного тела и степени разведанности отдельных его частей (блоков). Это позволяет использовать ее для составления схемы блокировки запасов (рис. 18).

3. Построить дополнительные разрезы по линиям III и V, используя план, проекцию и имеющиеся разрезы, а также предполагаемые содержания меди в проектных скважинах (табл. 6). На разрезах и на плане нужно разместить дополнительные (проектные) шурфы и скважины, чтобы обеспечить необходимую плотность сети в различных блоках для проектируемой стадии разведки. При задании скважин следует стремиться пересечь рудное тело на определенных горизонтах, придерживаясь по возможности требования о регулярной разведочной сети. Затем нанести на проекцию рассечки и места пересечения скважинами оси рудной линзы, пронумеровать их и указать средние содержания меди (взятые из табл. 6).

Таблица 6

Содержание меди в проектных скважинах и рассечках по различным вариантам задания, % масс.

Варианты	Рассечки из шурфов		Номера скважин								
	4п л III	5п л V	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1,9	1,7	1,1	1,3	1,0	0,9	1,5	1,3	1,6	1,9	2,1
2	2,1	1,9	1,6	1,4	1,3	1,5	1,7	1,4	2,3	2,5	2,1
3	1,1	1,3	1,2	1,5	1,7	1,3	1,9	2,0	2,1	3,0	3,2
4	0,9	1,2	1,5	1,7	1,5	1,1	1,3	2,1	2,2	1,5	1,9
5	1,5	1,3	1,2	1,5	1,7	1,6	1,9	1,8	1,5	1,3	1,1
6	2,1	2,0	2,3	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	2,1	1,5	3,0
7	2,0	1,9	1,7	2,1	1,6	1,9	2,2	1,3	1,7	1,4	1,1
8	1,2	1,1	1,3	1,1	0,9	1,3	1,1	1,5	1,9	1,1	1,0
9	0,9	1,2	1,3	1,1	1,0	1,4	1,7	1,5	1,6	1,4	1,1
10	1,1	2,1	1,5	2,1	0,9	2,7	1,0	2,1	1,5	1,0	1,0
11	1,3	3,1	1,3	1,9	1,3	2,5	1,2	1,9	1,7	1,2	1,1
12	1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	2,3	1,4	1,7	2,0	1,4	1,3
13	1,7	1,9	1,9	1,5	2,1	2,1	1,6	1,8	2,3	1,6	1,7
14	1,9	1,5	2,1	1,3	2,5	2,0	1,8	2,0	2,6	1,8	1,9
15	1,0	1,7	2,3	1,2	2,2	1,8	2,0	1,6	2,9	2,3	2,1
16	1,5	1,9	2,5	1,1	2,0	1,6	2,3	2,2	2,7	2,1	2,3
17	1,9	1,5	2,7	1,0	1,7	1,4	2,5	1,8	2,5	2,0	2,5
18	1,7	1,3	2,6	0,9	1,3	1,1	2,2	2,3	2,2	2,4	2,0
19	1,3	1,1	2,4	1,1	0,9	1,0	2,1	1,7	1,9	2,3	1,8
20	1,1	1,0	2,2	1,3	1,1	1,3	1,9	1,5	1.7	2,7	1,6
21	1,0	1,0	2,0	1,5	1,3	1,5	1,7	1,3	1,5	2,9	1,6
22	0,9	0,9	1,8	1,7	1,5	1,7	1,5	1,1	2,0	1,7	1,1
23	1,2	1,7	1,6	2,1	1,7	1,9	1,3	1,0	2,2	1,5	1,3
24	2,1	2,0	1,4	2,0	1,9	2,1	1,1	1,5	2,5	2,0	1,5
25	2,3	1,9	1,2	1,9	2,1	1,9	0,9	1,7	2,7	1,3	1,7
26	0,9	1,1	1,4	2,0	2,2	1,7	1,5	1,9	2,3	1,7	1,6
27	1,7	1,5	1,6	1,3	2,9	1,5	1,7	2,1	2,2	1,9	1,4
28	1,5	1,3	1,8	1,2	2,7	1,3	1,9	1,2	1,9	2,3	1,1

4. На вертикальной проекции составить схему блокировки запасов, сначала выделив участок, который проектом предусматривается разведать до категории *B*. Ориентировочно он должен занимать не менее 1/5 площади рудного тела на проекции и находиться в центральной части. Его позиция учитывает очередность освоения запасов при эксплуатации месторождения. Затем выделить блоки

категории C_1 и C_2. Блоки запасов различных категорий следует показывать на проекции и на разрезах штриховкой или цветом.

5. Провести подсчет запасов, последовательно выполняя следующие операции:

а) измерить дважды площади (S, м^2) поперечных сечений рудных тел на разрезах для блоков различных категорий (палеткой или планиметром);

б) определить объем рудных блоков (V, м^3), используя формулы:

призмы – $V_{1-2} = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot l$, при $S_1 \approx S_2$;

усеченной пирамиды – $V_{1-2} = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} \cdot l$, при $S_1 \neq S_2$ (при расхождении S_1 и S_2 на 40 % и более);

клина – $V = S_к/2 \cdot l_к$, для крайних блоков, ограниченных одним разрезом,

где S_1, S_2 *и* $S_к$ – площади рудных тел в поперечных сечениях, м^2; l – расстояние между параллельными разрезами, м; $l_к$ – расстояние между линией крайнего разреза и точкой выклинивания рудного тела, м;

в) определить запасы руды в блоках путем умножения их объемов на значение объемной массы руды ($\bar{d}$ = 4,0, т/м^3);

г) рассчитать средние содержания по разрезам (для каждой категории запасов) и по блокам (табл. 7, 8). Операция определения среднего содержания по выработке в данном случае выпадает, так как на бланке задания и в табл. 6 средние содержания уже указаны.

Формуляры подсчета средних содержаний по разрезам и блокам даются в табл. 7 и 8 на примере участка между линиями II и IV (блоки 3-B и 6-C_1).

Блок 3-B ограничен линиями разрезов III (проектный), IV и опирается вверху на рассечки из шурфов; с боков он ограничен скважинами 1(пробуренная) и 11, 12, 15 (проектные – «п»). Блок 6-C_1 ограничен скважинами 1, 3, 4, 5, 9 и 15, 18 проектными (рис. 17 и 18).

Таблица 7

Подсчет средних содержаний в разрезах по категориям запасов

Номера разрезов	Категория запасов	Средние содержания меди по выработкам, % масс.	Среднее по разрезу, % масс.
III	*B*	Рассечка 4п – 1,5, скв. 12п – 2,7, скв. 15п – 1,2	1,8
IV	*B*	Рассечка 1 – 2,0, скв. 11п – 1,6, скв. I – 1,5	1,7
II	C_1	Скв. 3 – 1,9, скв. 5 – 1,60, скв. 18п. – 1,3	1,6
IV	C_1	Скв. 1 – 1,5, скв. 4 – 1,7, скв. 9 – 1,4	1,53

Таблица 8

Подсчет средних содержаний в блоках по категориям запасов

Номер блока, категория запасов	Разрезы, ограничивающие блок	Средние содержания меди в разрезах, % масс.	Площадь рудного тела в разрезах, *S*, м^2	Среднее содержание меди в блоках, % масс.
3-*B*	III IV	1,8 1,7	7000 9000	$\overline{C} = \frac{C_{III} + C_{IV}}{2} = 1{,}75$
6-C_1	II IV	1,6 1,53	7350 15240	$\overline{C} = \frac{\sum_{1}^{n} S_i C_i}{S_2 + S_4} = 1{,}72$

д) запасы металла в блоке ($P_м$) определяются умножением запасов руды ($Q_р$) на содержание меди ($\overline{C}$):, $P_м = Q_р \cdot \overline{C} \cdot 10^{-2}$,
где 10^{-2} – пересчетный коэффициент для перевода из % масс. в т;

е) одновременно с выполнением указанных расчетов ведется заполнение сводного формуляра подсчета запасов по месторождению (табл. 9).

Примечание. Запасы в блоке 8-C_2 оцениваются на основе средней площади по разрезам II, IV, VI при длине блока, равной расстоянию между разрезами II и VI. Объем блоков 7-C_2 и 9-C_2 подсчитывается по формуле клина, где учитывается суммарная площадь рудного тела в разрезах 2 и 6 соответственно.

Запасы цинка, серы и золота вычисляются на основе соотношения их с медью, приведенного выше.

Требования по оформлению работы.

Все операции по проекту разведки месторождения следует выполнить на бланке задания, где на плане и разрезах показывается пространственное положение всех разведочных выработок и скважин. Проектные скважины показываются пунктирной линией на разрезах и полым кружочком на плане красным цветом. В правом верхнем углу бланка следует указать вариант задания, плотность разведочной сети для запасов категорий *B* и C_1. В нижней части бланка студент пишет номер студенческой группы и свою фамилию. Вертикальная продольная проекция оформляется на листе бумаги размером 297х210 мм. На нем фиксируются фактические и проектные разведочные пересечения по пространственному положению мест встречи разведочных скважин с осью линзы.

В соответствии с плотностью разведочных сечений выделяются штриховкой или цветом блоки запасов различных категорий (*B* – зеленый; C_1 – голубой; C_2 – желтый).

Отчетным документом также является сводная таблица подсчета запасов меди по месторождению, которая оформляется на обороте бланка-задания. Здесь же делается подсчет запасов цинка, серы, золота. В относительных единицах оценивается их промышленное значение в сравнении с разведанными запасами меди [7].

Расчеты средних содержаний по разрезам и блокам можно выполнить на обратной стороне листа с отображением вертикальной продольной проекции месторождения и схемы-блокировки запасов.

Время выполнения работы в аудитории – 4 часа.

Таблица 9

Подсчет запасов по медноколчеданному месторождению методом разрезов

Номера блоков, категория запасов	Разрезы, ограничивающие блок	Площадь рудного тела		Расстояние между разрезами, l, м	Объем блока, V, тыс. м^3	Объемная масса, d, т/м^3	Запасы руды, $Q_р$, тыс. т	Среднее содержание меди в блоке, $\overline{C}$, % масс	Запасы металла, $P_м$, тыс. т
		в разрезах, S_i, м^2	средняя, $\overline{C}$, м^2						
3-B	л III л IV	7000 9000	8000	100	800	4,0	3200	1,75	56,0
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum B$	-	-	-	-	-	-	+	+	+
6-C_1	л II л IV	7350 15240	11295	200	2259	4,0	9036	1,72	155,4
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum C_1$							+	+	+
7-C_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8-C_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9-C_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum C_2$							+	+	+
Итого: $B+C_1$							+	+	+
Всего: $B+C_1+C_2$							+	+	+

2.3. Подсчет запасов по золоторудному месторождению жильной формы способом эксплуатационных блоков

Способ эксплуатационных блоков применяется для подсчета запасов маломощных залежей полезных ископаемых, разведанных системами продольных разрезов с помощью горных выработок [1, 2]. Под эксплуатационными блоками подразумевают отдельные участки залежей, оконтуренные горными выработками с двух-трех или четырех сторон.

При использовании этого метода графические построения сводятся к составлению продольных проекций залежей. Запасы по каждому эксплуатационному блоку определяются как произведение его площади на среднюю горизонтальную или вертикальную мощность и на среднюю объемную массу полезного ископаемого. Запасы полезного компонента – как произведение запасов полезного ископаемого на среднеблочное содержание полезного компонента. Достоинством способа является простота графических построений и возможность подсчета запасов в контурах отрабатываемых эксплуатационных участков.

Исходные данные. Жильное тело золото-сульфидно-кварцевого типа расположено в горной местности. Имеет крутое падение (80^0) и характеризуется неравномерным распределением металла. Оно разведано до абсолютной отметки 320 м системой горных выработок: канавами (К), штольнями (Шт), восстающими (В). Более глубокие горизонты оценены штреком (Штр), пройденным из разведочной шахты (Шх), а также системой разведочных скважин (Скв) (рис. 19).

Требуется. Произвести подсчет запасов по жиле способом эксплуатационных блоков, пользуясь следующими кондициями (табл. 10).

Таблица 10

Показатели кондиций

Показатели кондиций	Варианты			
	1	2	3	4
Минимальная промышленная мощность, м	0,7	0,8	0,9	1,0
Бортовое содержание золота, г/т	2,5	3,0	3,75	4,0
Минимальное промышленное содержание золота в блоке, г/т	10	12	14	16

При мощности жилы ниже минимальной промышленной и повышенном значении золота следует воспользоваться рассчитанным значением метрограмма ($m \cdot c$).

Методические указания по выполнению задания.

Задание выполняется бригадой из двух студентов. Один из них обобщает результаты опробования по жильному телу с поверхности (где пройдены канавы) до горизонта 320 м, а другой – с горизонта 320 м и ниже. При этом студенты руководствуются одним из вариантов кондиций. Последовательность работы сводится к выполнению следующих операций:

1) Данные опробования (табл. 11) выносят на продольную вертикальную проекцию жильного тела. Пользуясь значениями кондиций, производится оконтуривание балансовых запасов руды.

2) Заполняют формуляр расчета средних параметров по каждой выработке (табл. 12). Один образец этой таблицы прилагается в качестве отчетной документации.

3) Производят пространственный анализ рассчитанного значения (метрограмма) на предмет выявления обогащенных участков (рудных гнезд, рудных столбов) в жильном теле. Их отражают на графике.

4) На продольной проекции выполняют блокировку запасов различных категорий (B, C_1, C_2), руководствуясь рекомендациями Инструкции ГКЗ [6].

5) Рассчитывают средние значения параметров (мощности, содержания) по блокам (табл. 13) и выносят их на проекции. Один из образцов заполненного формуляра прилагается. Составляют сводный формуляр подсчета запасов по жиле (табл. 14). Оценивают (по литературным источникам) масштаб разведанного месторождения [7].

Время выполнения задания – 4 часа.

Таблица 11

Данные опробования по золоторудной жиле

Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т	Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т
К-1	1,6	3,5	Шт 1-21	0,6	18,0
К-2	1,5	10,0	Шт 1-22	0,9	31,0
К-3	2,0	15,0	Шт 1-23	1,3	19,6
К-4	0,8	17,0	Шт 1-24	1,6	47,6
К-5	1,2	18,0	Шт 1-25	1,4	37,6
К-6	0,8	5,0	Шт 1-26	1,2	18,8
К-7	1,0	3,0	Шт 1-27	0,8	42,6
К-8	0,4	8,0	Шт 1-28	1,1	11,6
К-9	1,0	2,0	Шт 1-29	0,8	10,0
К-10	1,0	4,0	Шт 1-30	1,4	24,0
К-11	0,5	9,0	Шт 1-31	1,2	9,0
Шт 1-1	1,0	49,6	Шт 1-32	2,0	42,0
Шт 1-2	0,6	57,0	Шт 1-33	1,1	12,0
Шт 1-3	0,9	14,8	Шт 1-34	2,9	10,0
Шт 1-4	1,3	11,8	Шт 1-35	1,6	1,0
Шт 1-5	1,0	51,8	Шт 1-36	1,3	50,0
Шт 1-6	1,6	31,8	Шт 1-37	1,2	3,0
Шт 1-7	1,8	6,0	Шт 1-38	1,0	10,0
Шт 1-8	1,4	66,4	Шт 1-39	1,5	36,0
Шт 1-9	1,1	56,9	Шт 1-40	1,3	43,0
Шт 1-10	0,9	14,0	Шт 1-41	1,7	1,6
Шт 1-11	1,5	3,0	Шт 1-42	2,0	2,4
Шт 1-12	1,7	40,6	Шт 1-43	2,4	3,5
Шт 1-13	1,4	7,0	Шт 1-44	1,7	9,0
Шт 1-14	1,2	49,6	Шт 1-45	1,3	12,0
Шт 1-15	0,9	2,3	Шт 1-46	0,4	38,0
Шт 1-16	0,6	43,2	Шт 1-47	1,0	3,0
Шт 1-17	0,4	41,2	Шт 1-48	1,5	2,0
Шт 1-18	0,9	20,0	Шт 1-49	2,0	4,0
Шт 1-19	1,3	42,6	Шт 1-50	1,8	3,6
Шт 1-20	0,8	41,6	Шт 1-51	2,0	19,0

Продолжение табл. 11

Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т	Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т
Шт 1-52	1,5	18,0	Шт 2-92	1,2	19,6
Шт 1-53	1,3	1,3	Шт 2-93	1,0	42,0
Шт 1-54	1,4	2,0	Шт 2-94	0,7	27,6
Шт 1-55	0,7	38,0	Шт 2-95	0,6	12,2
Шт 1-56	0,8	20,0	Шт 2-96	0,4	31,6
Шт 1-57	1,5	1,7	Шт 2-97	0,8	39,4
Шт 1-58	1,6	13,0	Шт 2-98	0,5	40,2
Шт 1-59	1,3	4,0	Шт 2-99	0,7	37,0
Шт 1-60	1,1	7,2	Шт 2-100	0,9	21,0
Шт 1-61	1,4	47,0	Шт 2-101	1,1	50,0
Шт 1-62	1,0	23,0	Шт 2-102	1,3	53,2
Шт 1-63	0,8	15,0	Шт 2-103	1,2	5,8
Шт 1-64	1,2	1,5	Шт 2-104	1,6	9,8
Шт 2-65	1,7	4,0	Шт 2-105	1,8	5,0
Шт 2-66	1,5	2,0	Шт 2-106	1,7	16,6
Шт 2-67	1,3	8,3	Шт 2-107	1,4	45,2
Шт 2-68	1,1	46,4	Шт 2-108	1,2	41,2
Шт 2-69	0,9	63,7	Шт 2-109	1,1	40,0
Шт 2-70	0,7	21,5	Шт 2-110	1,0	23,9
Шт 2-71	0,5	84,6	Шт 2-111	0,8	31,2
Шт 2-72	0,9	63,2	Шт 2-112	0,6	50,2
Шт 2-73	1,4	57,6	Шт 2-113	0,5	7,0
Шт 2-74	1,8	66,0	Шт 2-114	0,3	1,0
Шт 2-75	1,6	10,0	Шт 3-115	1,6	24,0
Шт 2-76	1,4	22,4	Шт 3-116	2,0	1,6
Шт 2-77	1,3	20,6	Шт 3-117	1,4	16,0
Шт 2-78	1,1	41,6	Шт 3-118	1.1	16,4
Шт 2-79	0,6	13,4	Шт 3-119	1,3	8,4
Шт 2-80	0,4	56,3	Шт 3-120	1,6	2,2
Шт 2-81	0,7	10,4	Шт 3-121	0,7	10,0
Шт 2-82	0,9	67,6	Шт 3-122	1,3	12,4
Шт 2-83	0,8	20,2	Шт 3-123	1,7	2,8
Шт 2-84	1,1	2,2	Шт 3-124	1,8	7,6
Шт 2-85	1,0	22,4	Шт 3-125	1,6	4,4
Шт 2-86	1,3	10,8	Шт 3-126	1,4	8,0
Шт 2-87	1,4	3,1	Шт 3-127	1,2	32,0
Шт 2-88	1,7	1,2	Шт 3-128	1,0	4,6
Шт 2-89	1,9	9,2	Шт 3-129	0,8	20,0
Шт 2-90	1,5	9,8	Шт 3-130	1,3	6,4
Шт 2-91	1,4	13,4	Шт 3-131	1,5	3,0

Продолжение табл. 11

Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т	Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т
Шт 3-132	1,6	2,3	В4-172	1,1	24,0
Шт 3-133	1,0	21,6	В4-173	0,8	29,0
Шт 3-134	0,8	7,4	В4-174	0,6	73,0
Шт 3-135	0,7	22,8	В4-175	0,8	41,0
Шт 3-136	0,4	48,4	В4-176	1,0	4,0
Шт 3-137	0,6	41,6	В5-177	1,2	4,3
Шт 3-138	0,8	15,2	В5-178	1,4	13,0
Шт 3-139	1,0	61,2	В5-179	1,1	2,0
Шт 3-140	1,2	8,2	В5-180	0,8	41,0
Шт 3-141	1,6	3,8	В5-181	0,7	20,0
Шт 3-142	1,7	4,6	В5-182	0,6	53,0
Шт 3-143	1,3	3,5	В5-183	1,0	37,0
Шт 3-144	1,1	5,7	В6-184	1,0	27,0
Шт 3-145	1,0	8,3	В6-185	1,3	15,0
Шт 3-146	0,8	9,5	В6-186	1,6	2,6
Шт 3-147	0,6	4,0	В6-187	1,9	9,0
Шт 3-148	1,4	1,5	В6-188	1,4	17,0
В 1-149	0,8	10,6	В6-189	1,1	11,4
В 1-150	1,1	40,5	В6-190	0,8	14,0
В 1-151	1,4	3,0	В7-273	1,1	12,0
В 1-152	1,0	54,0	В7-274	1,0	19,4
В 1-153	0,8	42,0	В7-275	0,6	6,0
В 1-154	0,9	2,0	В7-276	0,2	19,0
В 1-155	0,6	29,0	В7-277	0,9	5,0
В2-156	1,2	2,7	В7-278	1,4	11,7
В2-157	0,9	14,0	В7-279	1,5	2,4
В2-158	0,7	59,1	В8-280	1,0	14,7
В2-159	0,4	16,0	В8-281	1,4	21,0
В2-160	0,8	13,0	В8-282	1,6	18,4
В2-161	1,2	27,0	В8-283	1,0	4,1
В2-182	0,8	19,0	В8-284	1,2	23,6
В3-163	1,5	12,0	В8-285	1,0	49,1
В3-164	1,1	44,0	В8-286	0,8	14,0
В3-165	0,8	43,0	В9-287	1,2	51,0
В3-166	0,4	5,0	В9-288	1,4	41,0
В3-167	0,9	1,0	В9-289	1,6	4,0
В3-168	1,3	3,0	В9-290	1,1	11,0
В3-169	1,5	17,4	В9-291	0,8	29,0
В4-170	1,6	8,0	В9-292	0,6	61,0
В4-171	1,3	41,0	В9-293	1,0	17,0

Продолжение табл. 11

Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т	Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т
В10-294	0,4	41,0	Штр1-224	0,9	11,0
В10-295	0,7	33,0	Штр1-225	2,4	5,0
В10-296	1,1	2,7	Штр1-226	2,0	3,0
В10-297	1,6	14,0	Штр1-227	1,7	8,3
В10-298	1,1	29,0	Штр1-228	1,1	19,6
В10-299	0,9	16,0	Штр1-229	0,7	21,4
В10-300	1,6	2,9	Штр1-230	0,1	27,9
Шх1-191	1,4	13,0	Штр1-231	0.1	31,0
Шх1-192	1,1	14,0	Штр1-232	1,1	14,0
Шх1-193	0,8	2,5	Штр1-233	1,7	9,6
Шх1-194	1,2	62,0	Штр1-234	1,4	18,3
Шх1-195	1,5	41,0	Штр1-235	0,9	38,4
Штр1-196	1,3	21,0	Штр1-236	0,3	21,6
Штр1-197	1,1	17,0	Штр1-237	0,6	41,2
Штр1-198	0,8	43,0	Штр1-238	1,1	18,3
Штр1-199	0,4	35,0	Штр1-239	1,4	17,0
Штр1-200	0,7	13,0	Штр1-240	1,9	8,0
Штр1-201	1,2	5,0	Штр1-241	1,6	3,1
Штр1-202	1,0	2,0	Штр1-242	1,2	2,0
Штр1-203	1,3	20,4	Штр1-243	0,8	42,4
Штр1-204	1,0	31,0	Штр1-244	0,5	51,9
Штр1-205	0,8	27,0	Штр1-245	0,8	38,2
Штр1-206	0,4	44,0	Штр1-246	1,1	24,0
Штр1-207	0,5	11,4	Штр1-247	1,4	41,0
Штр1-208	1,1	3,1	Штр1-248	2,0	13,0
Штр1-209	1,6	9,0	Штр1-249	1,6	17,0
Штр1-210	1,8	3,7	Штр1-250	1,1	24,0
Штр1-211	1,4	18,0	Штр1-251	0,7	31,0
Штр1-212	1,2	23,0	Штр1-252	0,1	20,0
Штр1-213	1,0	41,0	Штр1-253	0,4	54,1
Штр1-214	0,7	23,0	Штр1-254	1,0	31,0
Штр1-215	0,6	51,0	Штр1-255	1,6	12,0
Штр1-216	0,9	14,0	Штр1-256	1,8	19,0
Штр1-217	1,4	21,0	Штр1-257	1,4	8,0
Штр1-218	1,8	12,0	Штр1-258	1,1	41,0
Штр1-219	1,5	31,0	Штр1-259	0,6	63,0
Штр1-220	1,1	24,0	Штр1-260	0,9	20,0
Штр1-221	0,7	47,0	Штр1-261	1,4	14,0
Штр1-222	0,2	31,0	Штр1-262	1,6	8,0
Штр1-223	0,4	43,0	Штр1-263	1,3	2,4

Окончание табл. 11

Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т	Номер опробованных сечений	Мощность жилы, м	Содержание золота, г/т
Штр1-264	0,9	27,0	Скв 1	1,0	4,8
Штр1-265	0,2	15,0	Скв 2	1,2	12,0
Штр1-266	0,6	41,0	Скв 3	1,4	3,8
Штр1-267	1,0	13,0	Скв 4	1,1	1,6
Штр1-268	1,4	19,4	Скв 5	0,8	24,0
Штр1-269	1,6	11,4	Скв 6	0,6	7,0
Штр1-270	1,1	3,4	Скв 7	1,3	2,9
Штр1-271	0,8	7,1	Скв 8	1,6	6,4
Штр1-272	0,4	6,0			

Таблица 12

Формуляр вычисления средних параметров по выработке

Номер выработки	Номера проб	Мощность, м	Содержание золота, г/т
Шт 1	31	1,2	12
Шт 1	-	-	-
Шт 1	-	-	-
Шт 1	-	-	-
Шт 1	40	1,3	7,6
Сумма: n = 10		$\sum m$ =	$\sum$C =
Среднее значение		$\frac{\sum m}{n} = m_{ср}$	$\frac{\sum C}{n} = c_{ср}$

Таблица 13

Формуляр подсчета средних мощностей и содержаний по блоку

Номер выработки	$m_{ср}$, м	$C_{ср}$, г/т	$\overline{m} \cdot \overline{C}$	l	$m \cdot C \cdot l$	$m \cdot l$
Восст. 3	-	-	-	-	-	-
Шт. 2 (91-100)	-	-	-	-	-	-
Восст. 4	-	-	-	-	-	-
Шт. 1 (41-50)	-	-	-	-	-	-
Сумма	$\sum m$	$\sum C_{ср}$	$\sum \overline{m} \cdot \overline{C}$	$\sum l$	$\sum m \cdot C \cdot l$	$\sum m \cdot l$

Окончание табл. 13

Номер выработки	$m_{ср}$, м	$C_{ср}$, г/т	$\overline{m} \cdot \overline{C}$	l	$m \cdot C \cdot l$	$m \cdot l$
Среднее значение по блоку *B*-3	$m_{ср} = \frac{\sum m \cdot l}{\sum l}$		$C_{ср} = \frac{\sum m \cdot C \cdot l}{\sum m \cdot l}$			

Таблица 14

Формуляр подсчета запасов по месторождению

Номер блока, категория запасов	Площадь, S, м^2	Мощность, $m_{ср}$, м	Объем, V, м^3	Объемная масса, d, т/м^3	Запасы руды, Q, т	Содержание золота, C, г/т	Запасы золота, P, кг
B-1	-	-	-	-	-	-	-
B-2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum B$	-	-	-	-	-	-	-
C_1-1	-	-	-	-	-	-	-
C_1-2	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
$\sum C_1$	-	-	-	-	-	-	-
Всего по месторождению: $B+C_1$				-	-	-	-

Примечание. Результаты подсчета запасов оформляются на обороте бланка-задания или на отдельном листе.

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 САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.Б.2.11 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 № 190 от 17.03.2020 г
дата

Екатеринбург

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.

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.Б.2.13 ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И КАРТОГРАФИИ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(Дата)

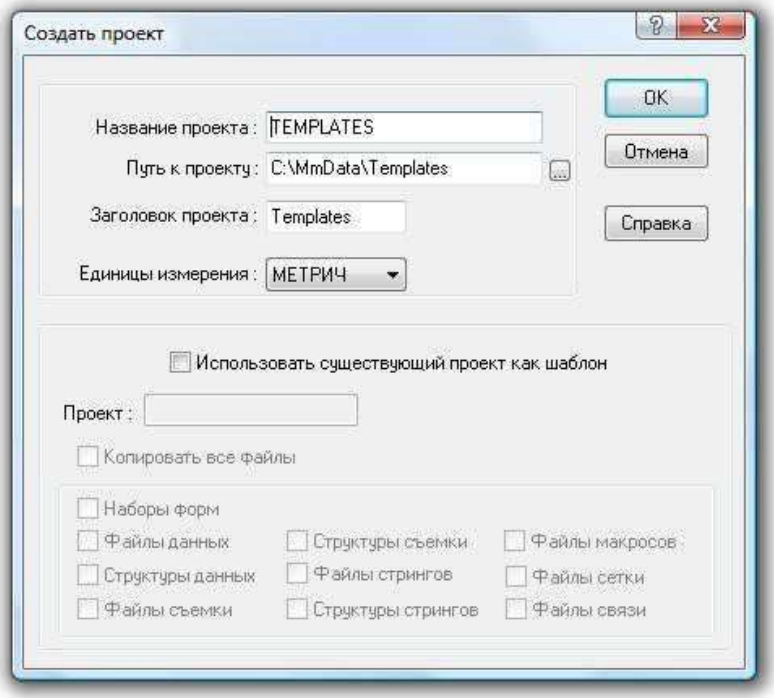
Екатеринбург
2020

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



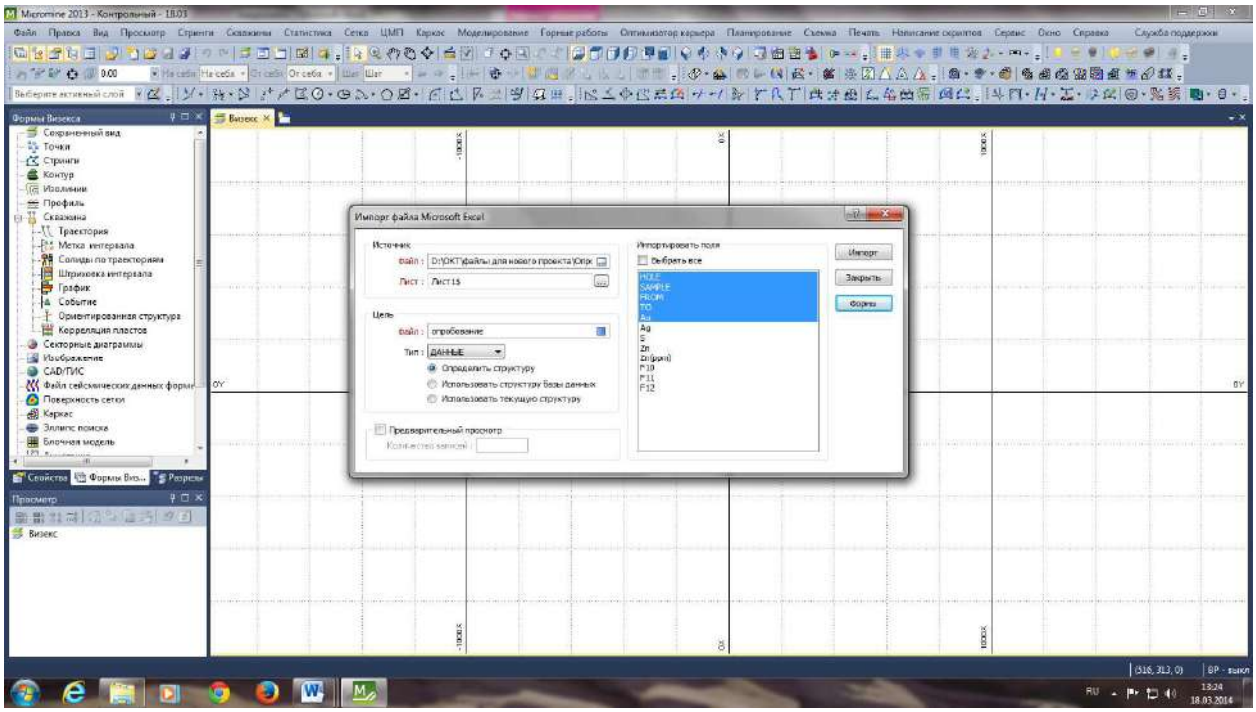
2. Импорт данных в проект в ГГИС Micromine

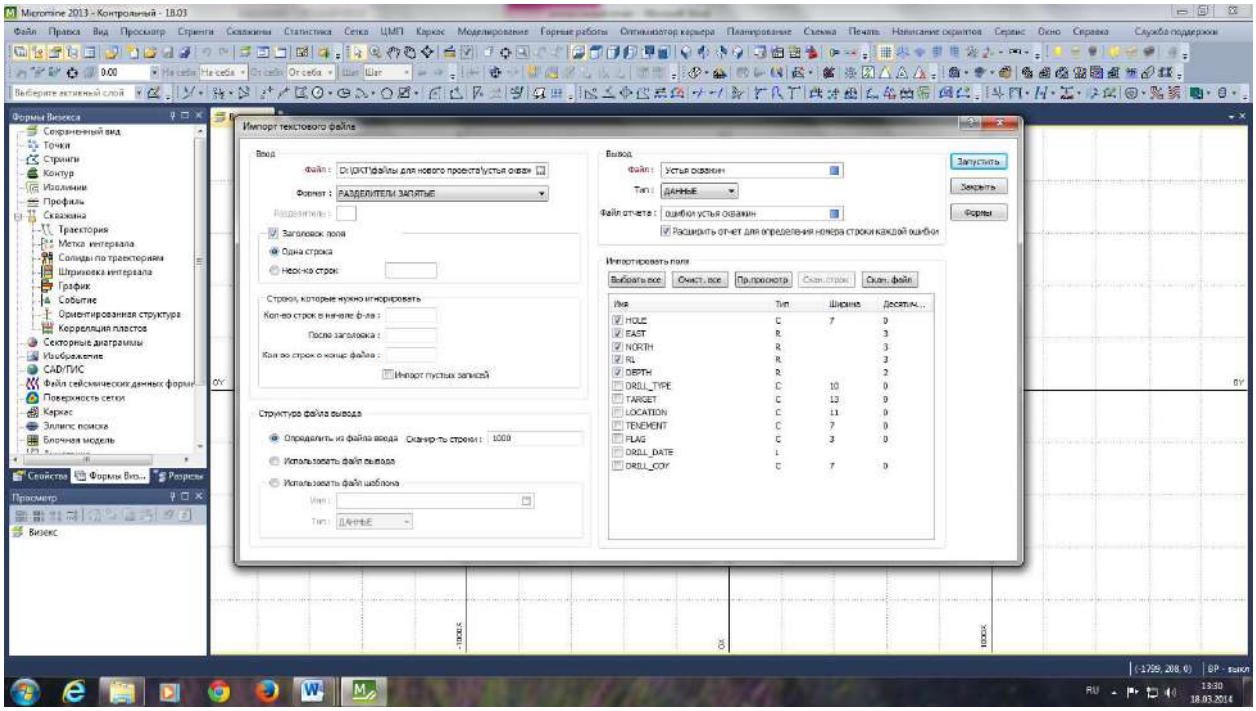
Для работы с проектом необходим минимальный набор данных, состоящий из файлов «опробования», «координат устьев скважин», «инклинометрии» и «литологии». На основе импортированных данных создается база данных.
Для импорта текстовых данных:

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.

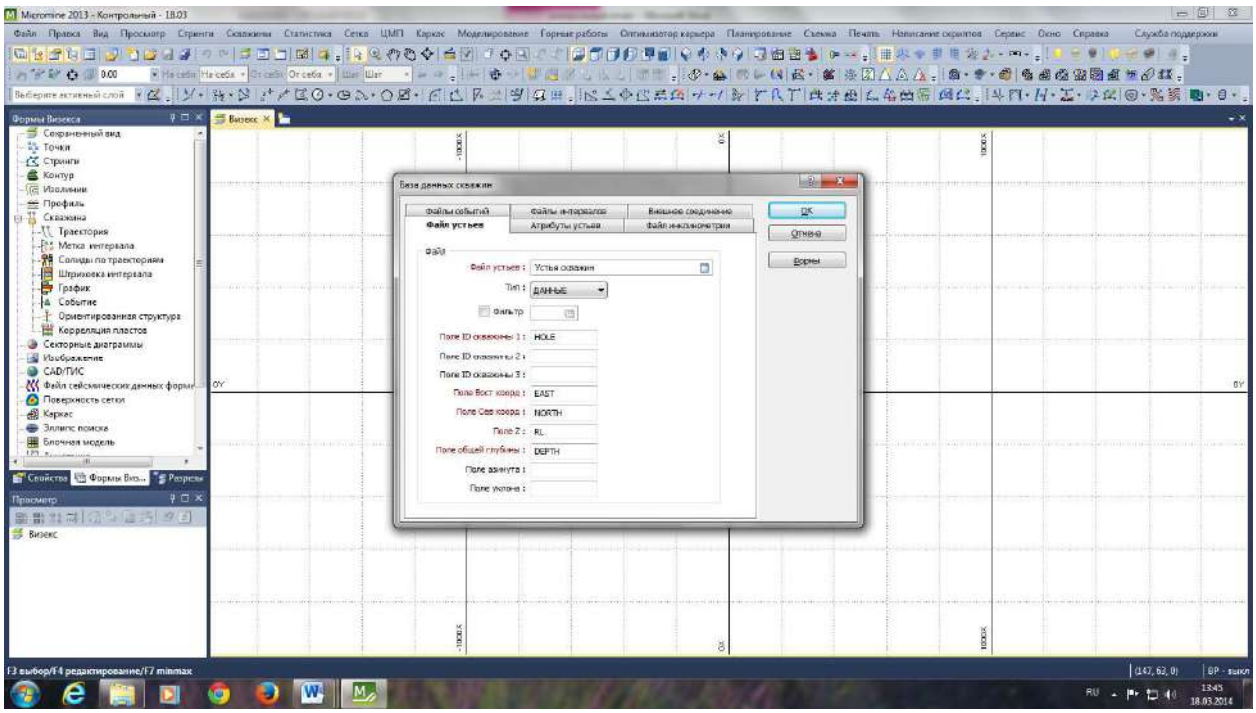


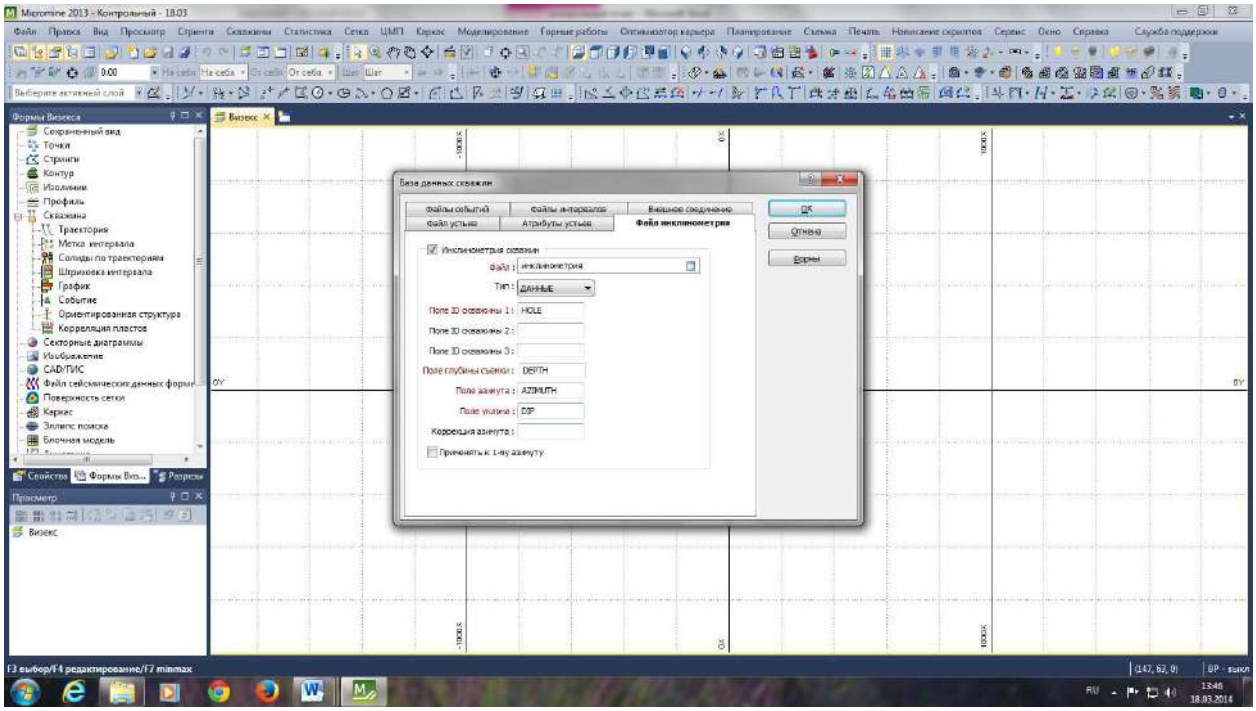


Таким же образом импортируем файл инклинометрии и файл геологии.

3. Создание базы данных в ГГИС Micromine

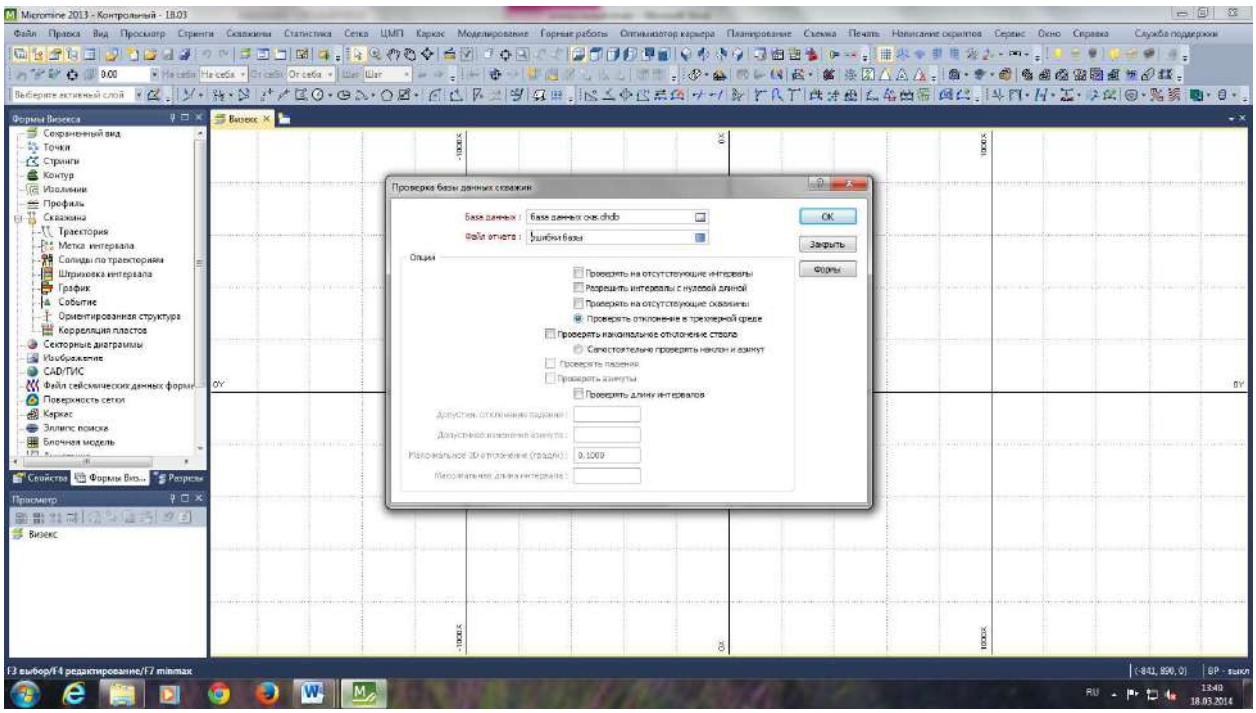
Для дальнейшей работы в проекте создаем **базу данных**:
скважины – база данных – создать.
Добавляем в базу все импортированные файлы





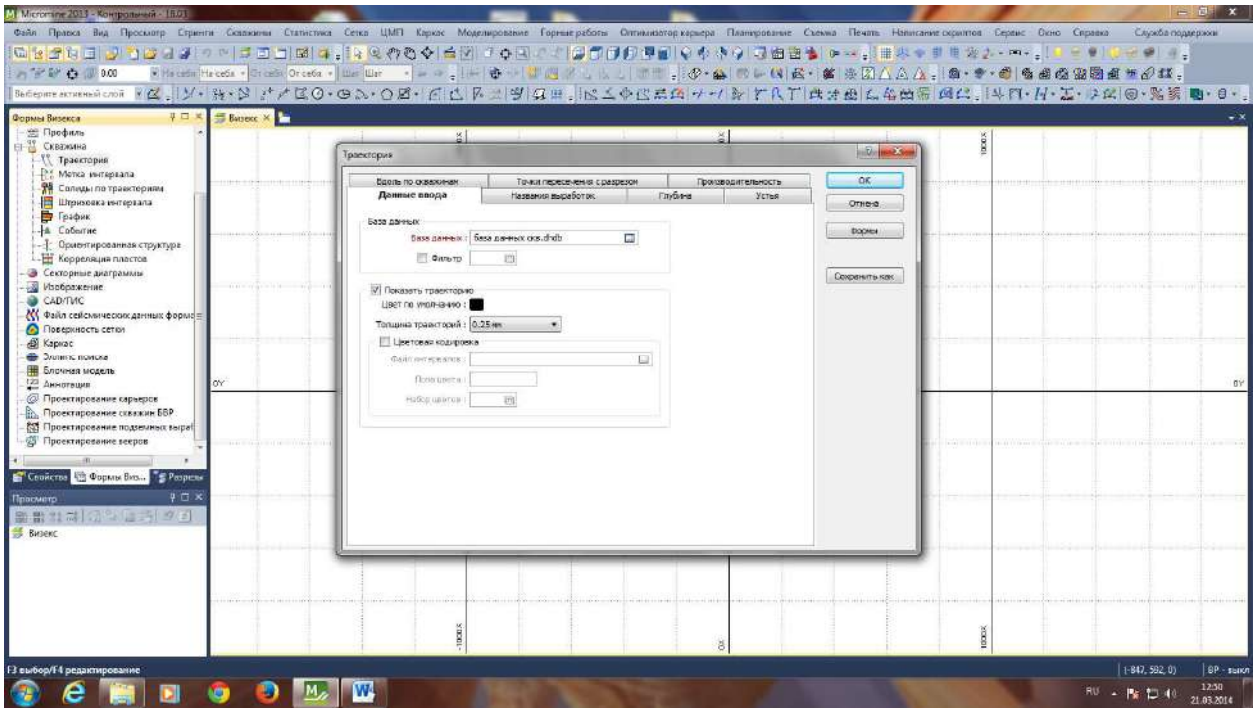
4. Проверка базы данных на наличие ошибок

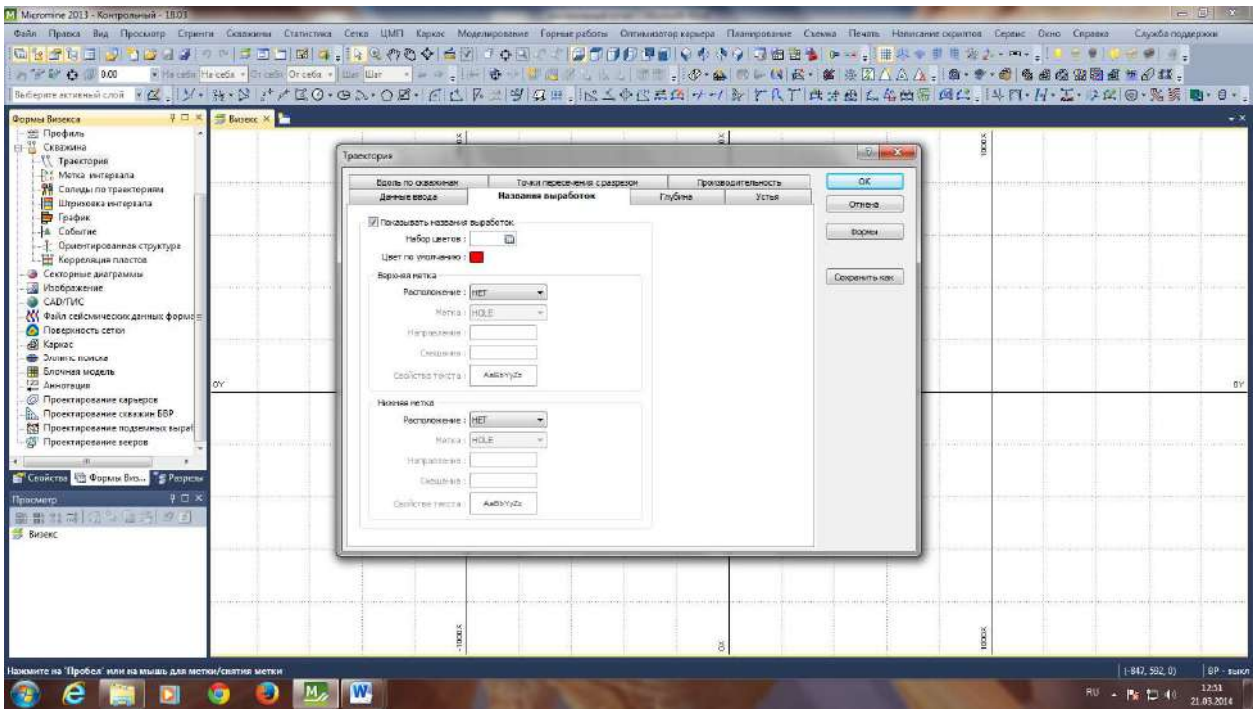
После создания базы данных проверяем ее на **наличие ошибок:**
«Скважины – базы данных – проверить».
Проверяем на отсутствующие интервалы, отсутствующие скважины,отклонения в трехмерной среде и разрешаем интервалы с нулевой длиной.

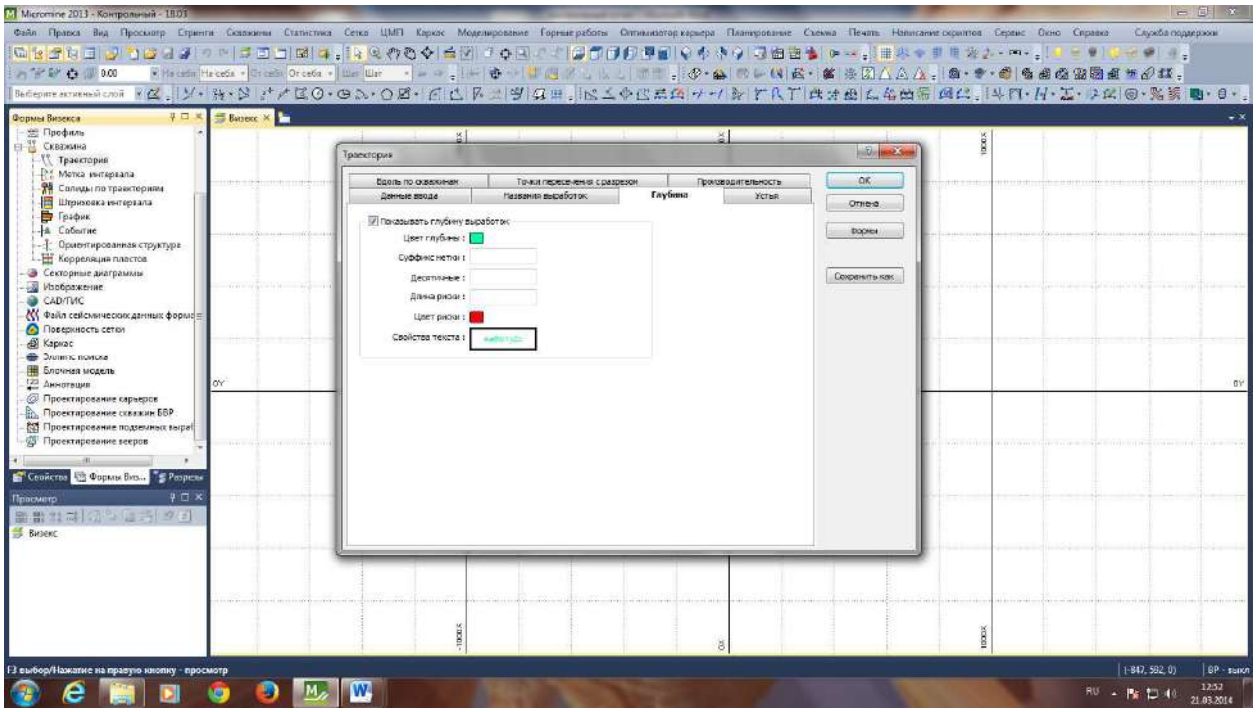


5. Визуализация геологоразведочных данных в ГГИС Micromine

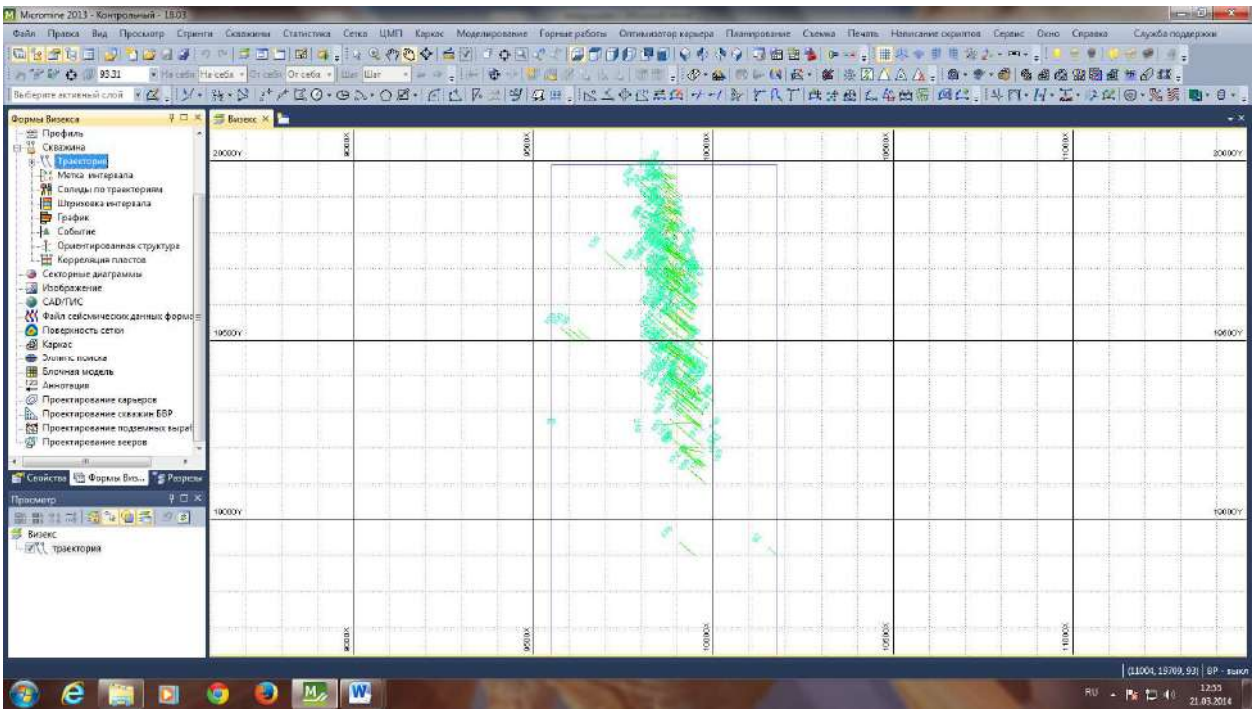
Визуализация скважин.
Для просмотра данных и работы с проектом надо визуализировать базу данных через траектории. В формах Визекса выбираем
«скважины – траектория». В появившемся окне выбираем свою базу данных и устанавливаем параметры.





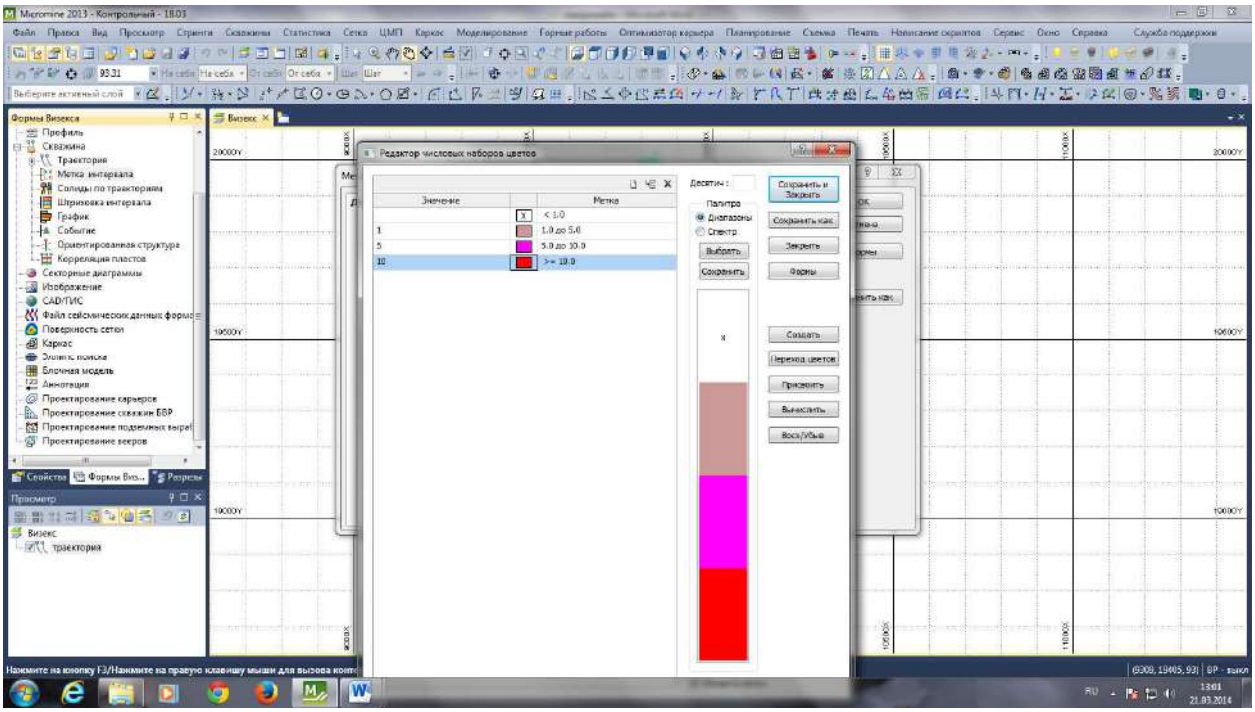


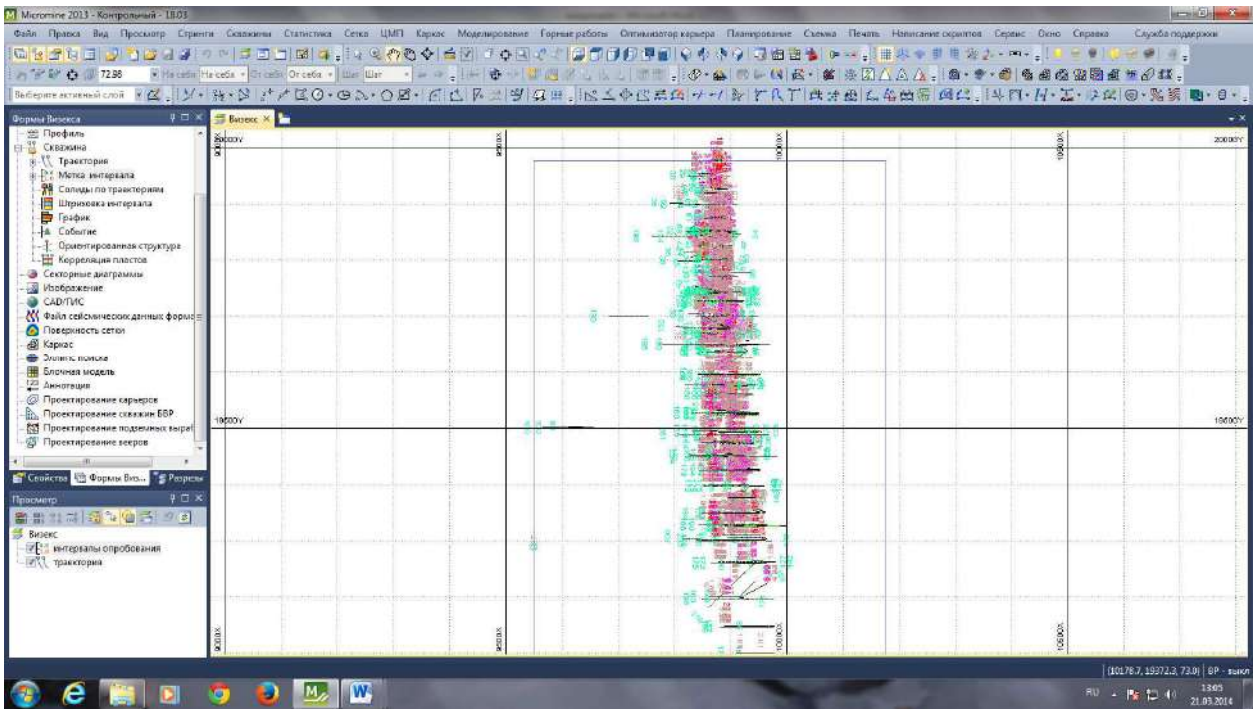
Сохраняем форму.



Визуализация опробования.

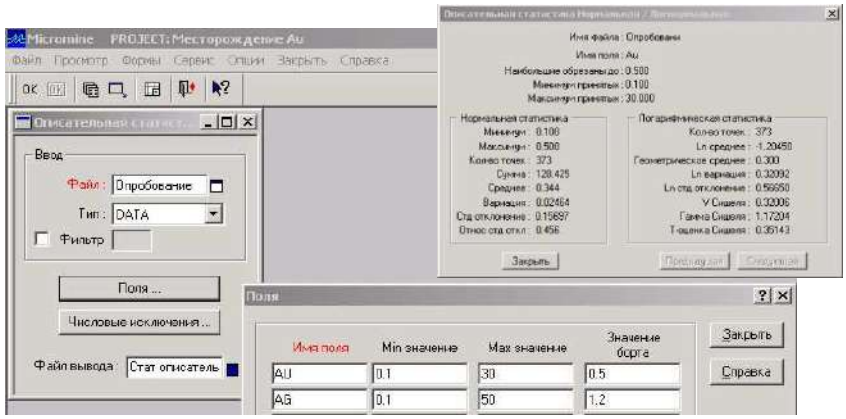
Визуализируем через формы визекса - метка интервала. Выбираем файл опробование. В редакторе числовых наборов цветов устанавливаем значения содержания по категориям. Каждой категории присваиваем отдельный цвет.





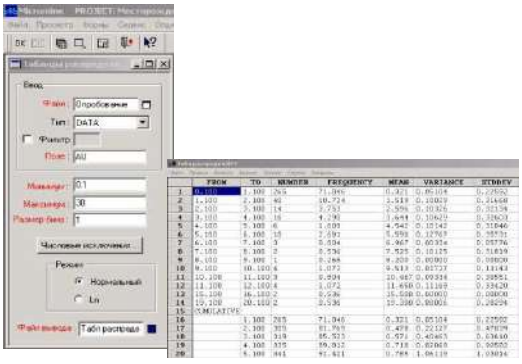
6. Статистика, построение гистограмм

Для получения статистических параметров запустите *Статистика* | *Описательная* |

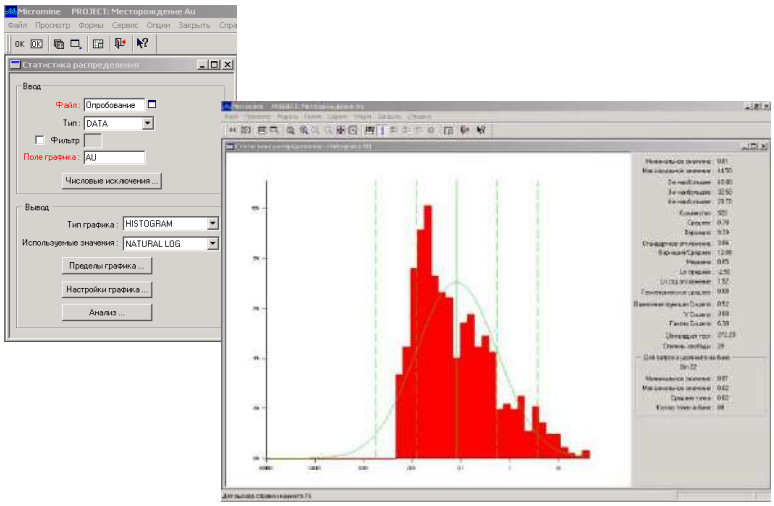


Нормальная/Логнормальная для каждого рудного элемента (домена) раздельно. Данные статистики будут записаны в сгенерированном файле в виде отчета (разделитель – запятые).

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.



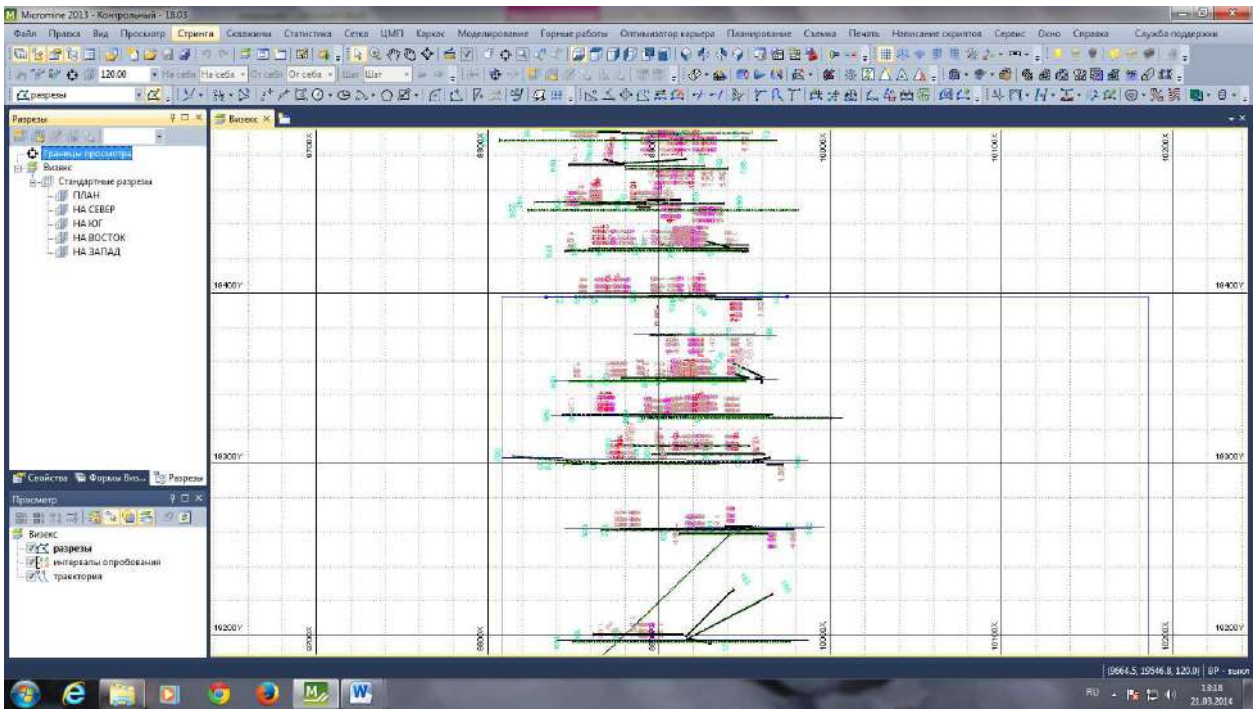
Наиболее важной задачей является определение количества популяций рудных элементов. Их количество может быть оценено путем *Статистика | Распределение* (выбрать *Probability Plot* и/или *Natural Log*). Когда график вероятностного распределения построен, запустите *Модель | Разбить* из верхнего меню (при 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.

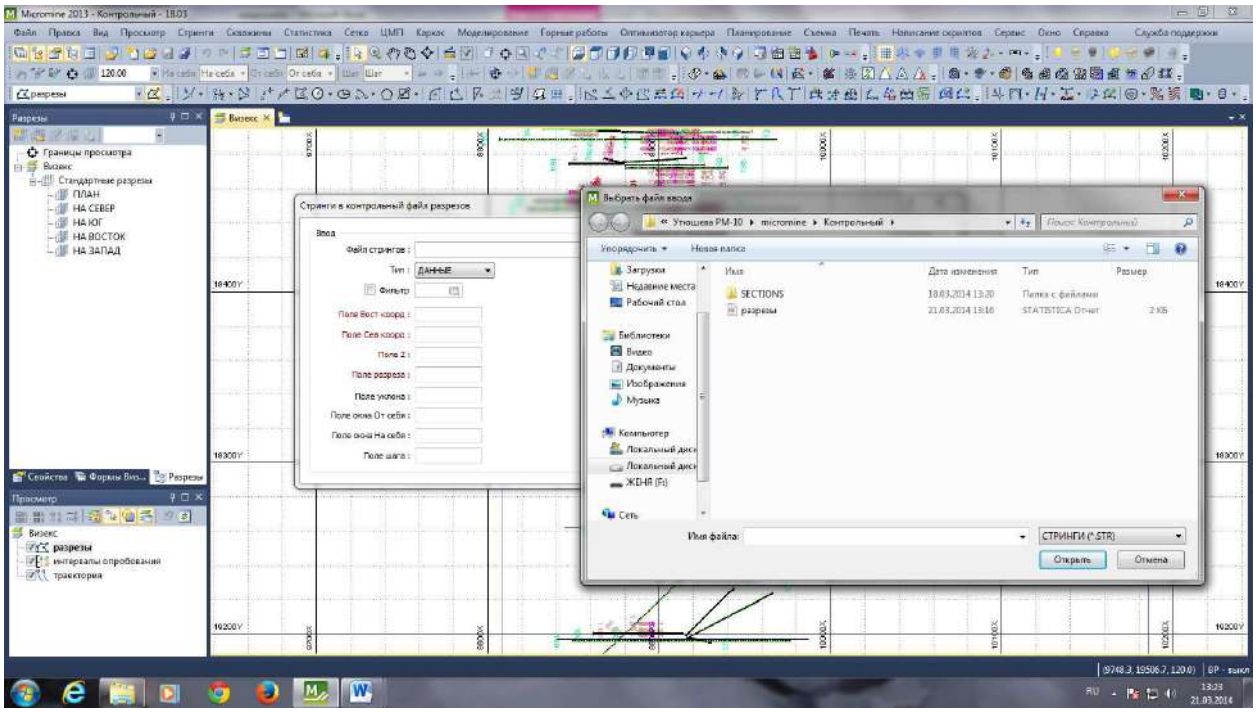
7. Создание разрезов в ГГИС Micromine

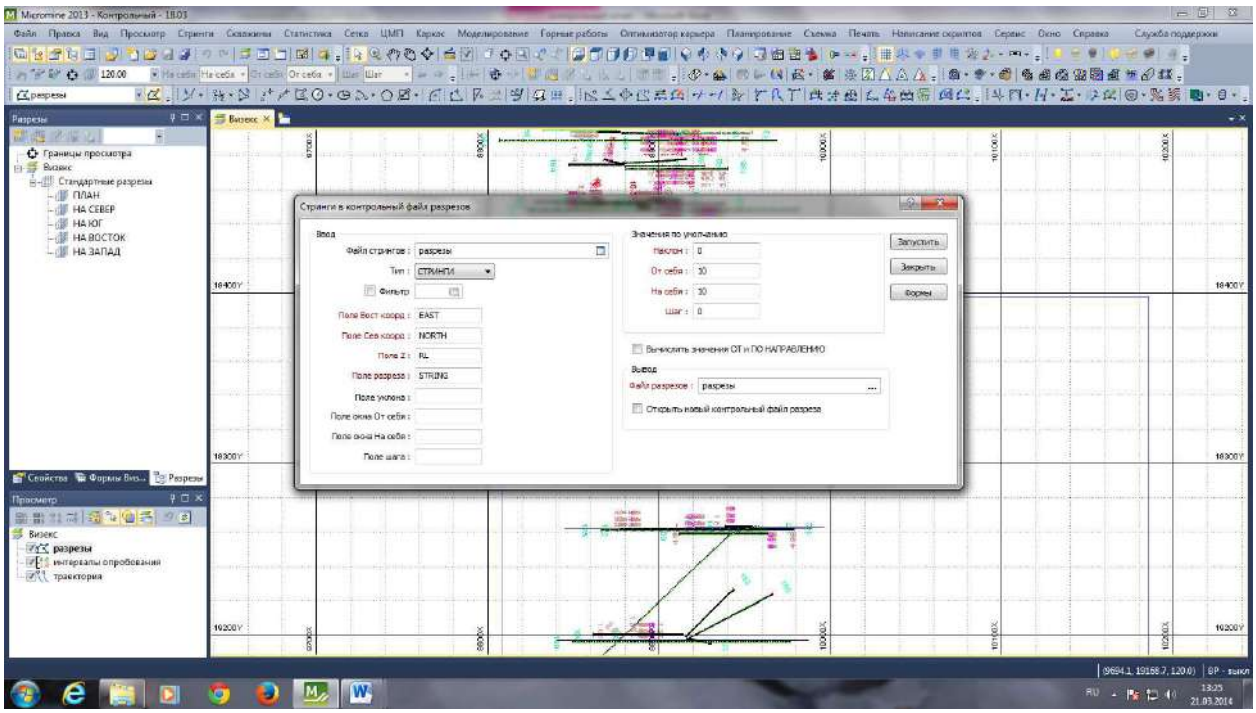
Чтобы оконтурить рудное тело, создаем линии разрезов по каждому профилю.

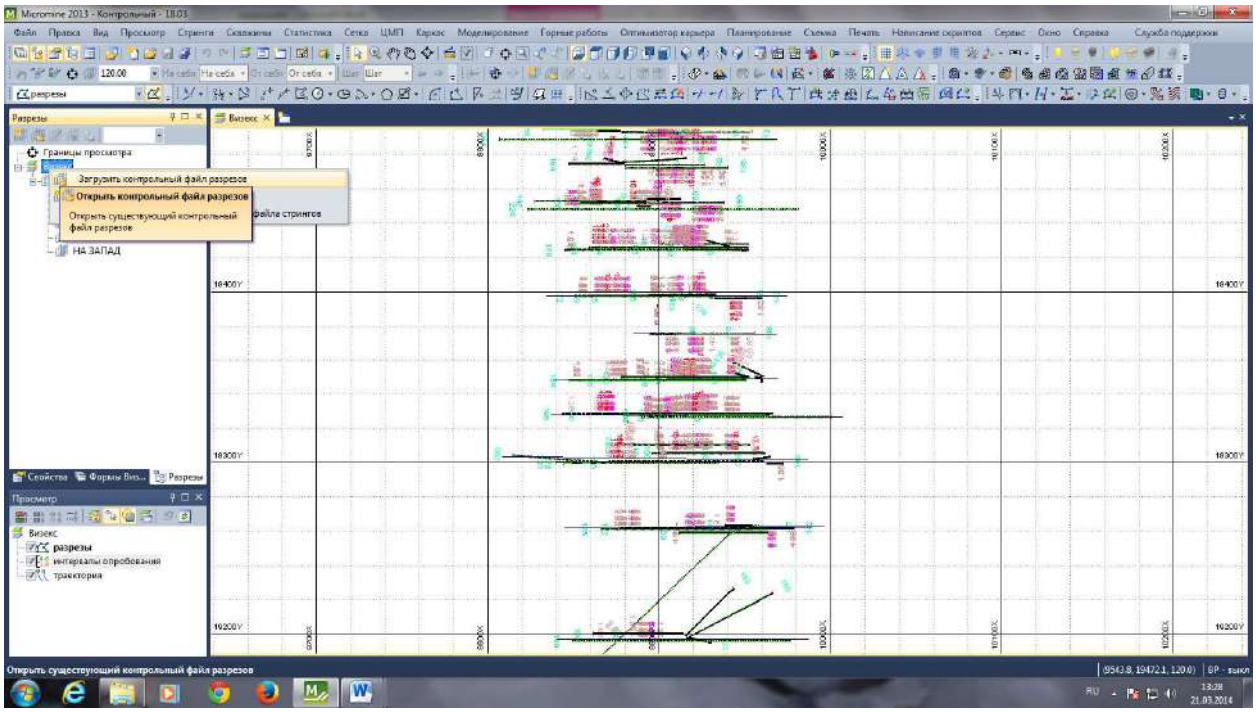
Вид ПЛАН. Выбираем точку 120. Линия разрезов.

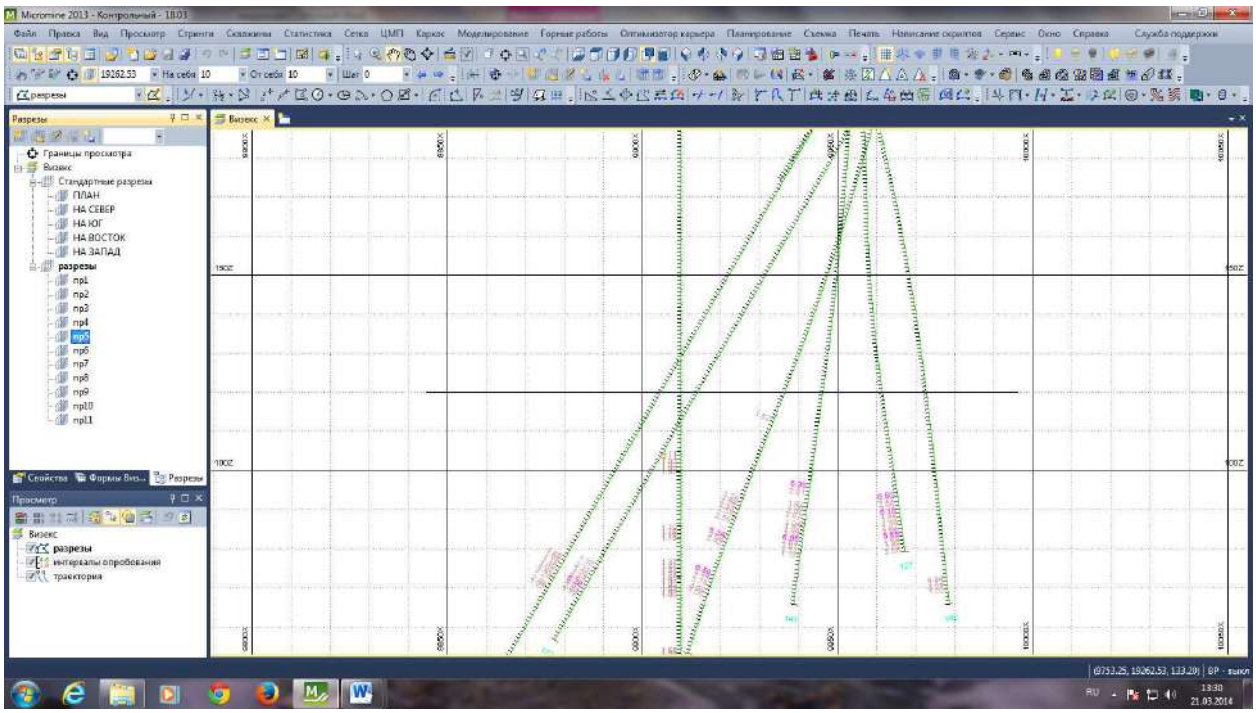
В поле «Активный слой» выбираем стринг и работаем в данном слое. Через скважины проводим новые стринги, которые могут иметь только 2 сегмента. После каждого стринга нажимаем Esc и 2лкм называем стринг, N:пр1, пр2 и тд. Далее сохраняем форму как… называем, задаем значение стринги. В разделе стринги на панели задач открываем контрольный файл разрезов и выбираем созданный файл с линиями разрезов. В итоге визуализации получаем разрезы по профилям.




Стринги в контрольный файл разрезов
Выбрать файл ввода
Имя файла:
СТРИНГИ (*.STR)
Открыть
Отмена

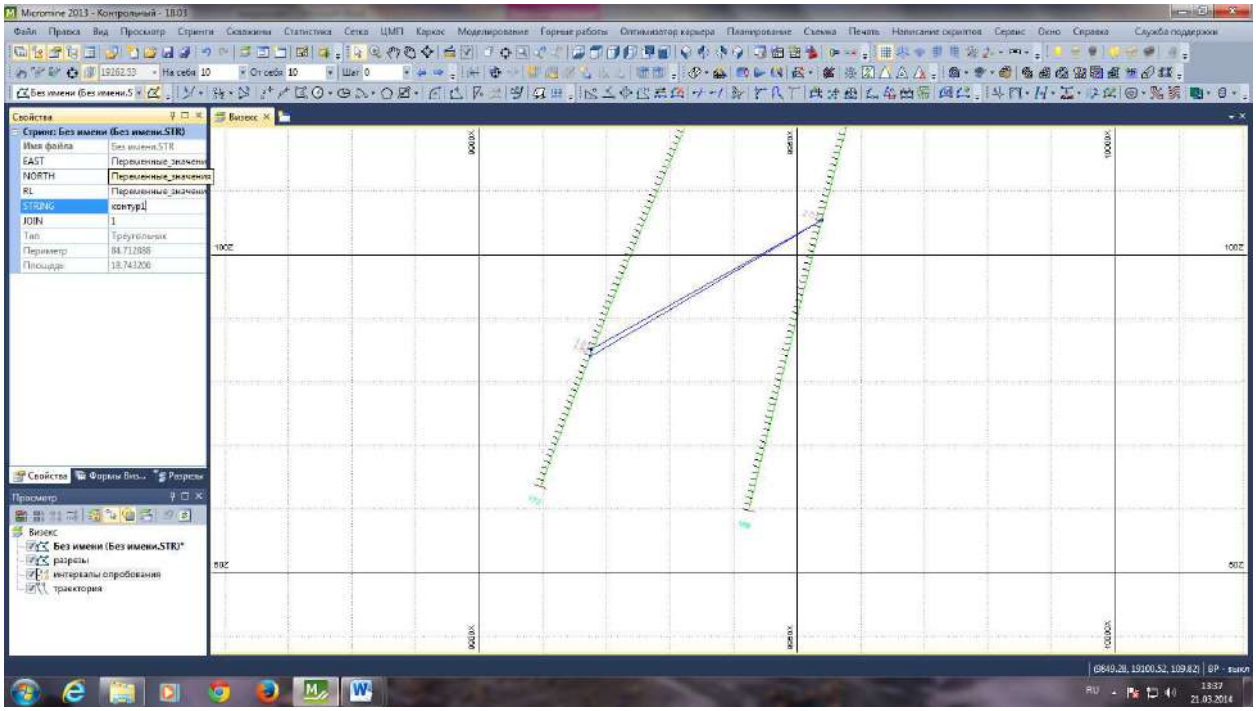

Стринги в контрольный файл разрезов
Ввод
Файл стрингов :
разрезы
Тип :
СТРИНГИ
Фильтр
Поле Вост коорд :
EAST
Поле Сев коорд :
NORTH
Поле Z :
RL
Поле разреза :
STRING
Поле уклона :
Поле окна От себя :
Поле окна На себя :
Поле шага :
Значения по умолчанию
Наклон :
0
От себя :
10
На себя :
10
Шаг :
0
Вычислять значения ОТ и ПО НАПРАВЛЕНИЮ
Вывод
Файл разрезов :
разрезы
Открыть новый контрольный файл разреза
Запустить
Закрыть
Формы

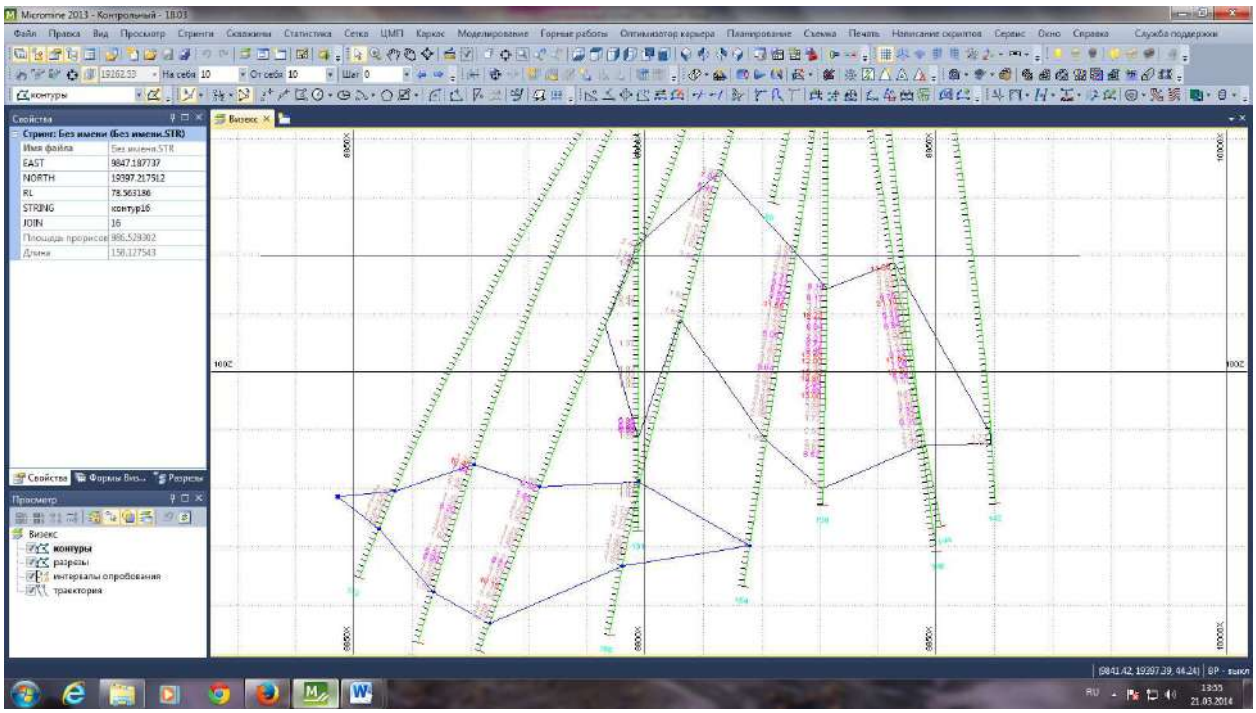

Загрузить контрольный файл разрезов
Открыть контрольный файл разрезов
Открыть существующий контрольный файл разрезов
Открыть существующий контрольный файл разрезов

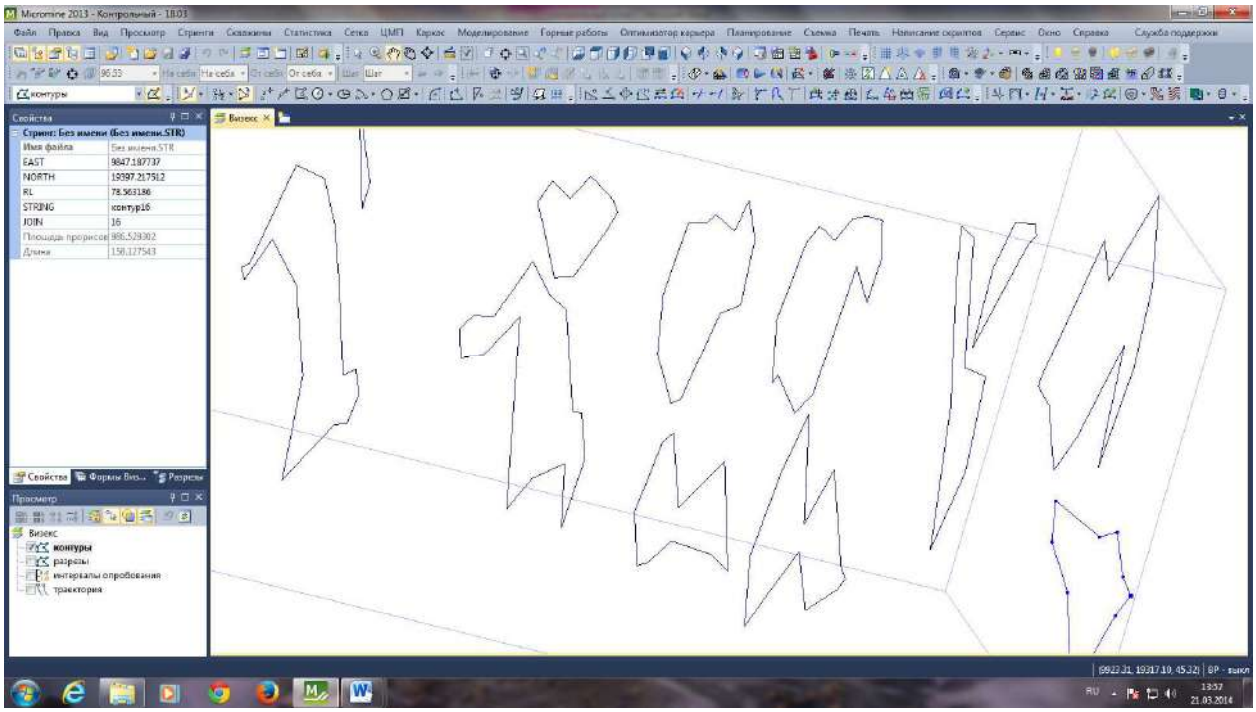


8. Каркасное моделирование в ГГИС Micromine

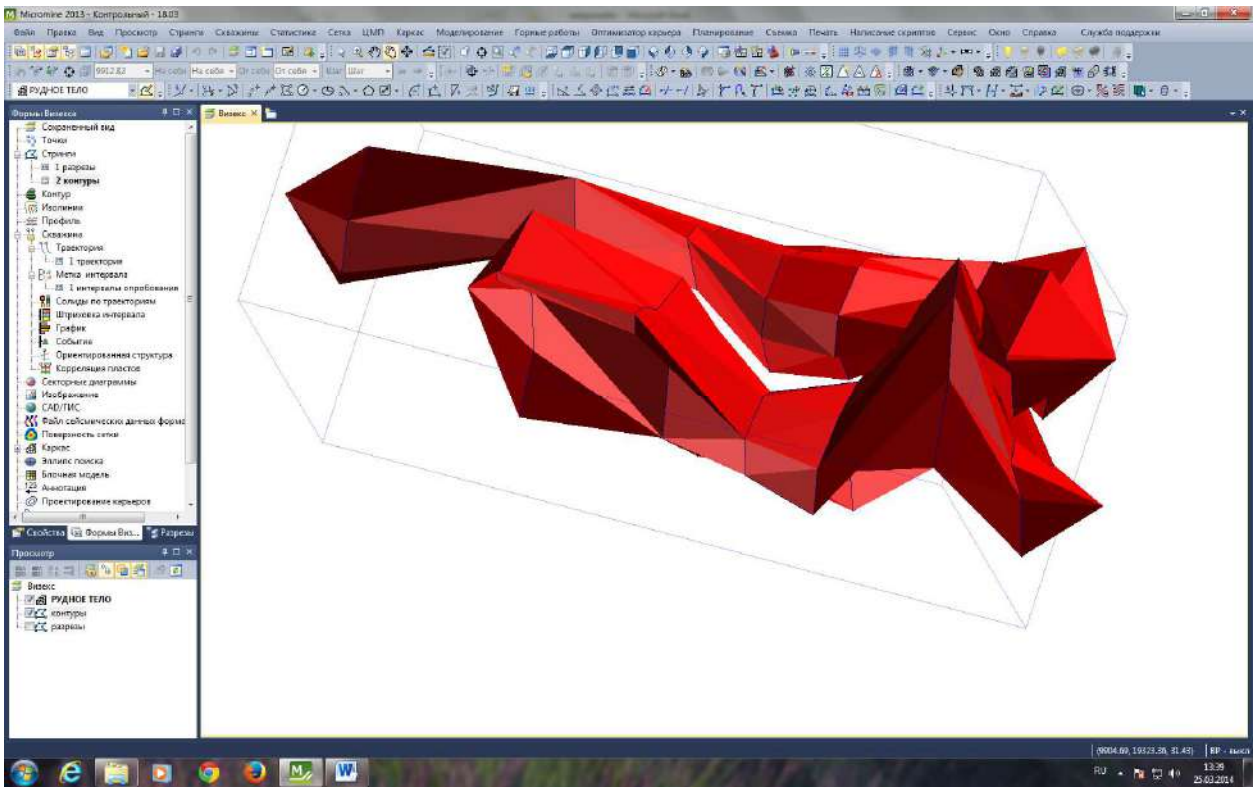
Для создания каркасной модели рудного тела необходимо оконтурить участки с содержание полезного компонента по каждому профилю разреза. Для этого создаем новый стринг и в каждом профиле соединяем точки с содержанием Au выше бортового содержания. Каждый контур имеет имя. После завершения сохраняем форму.





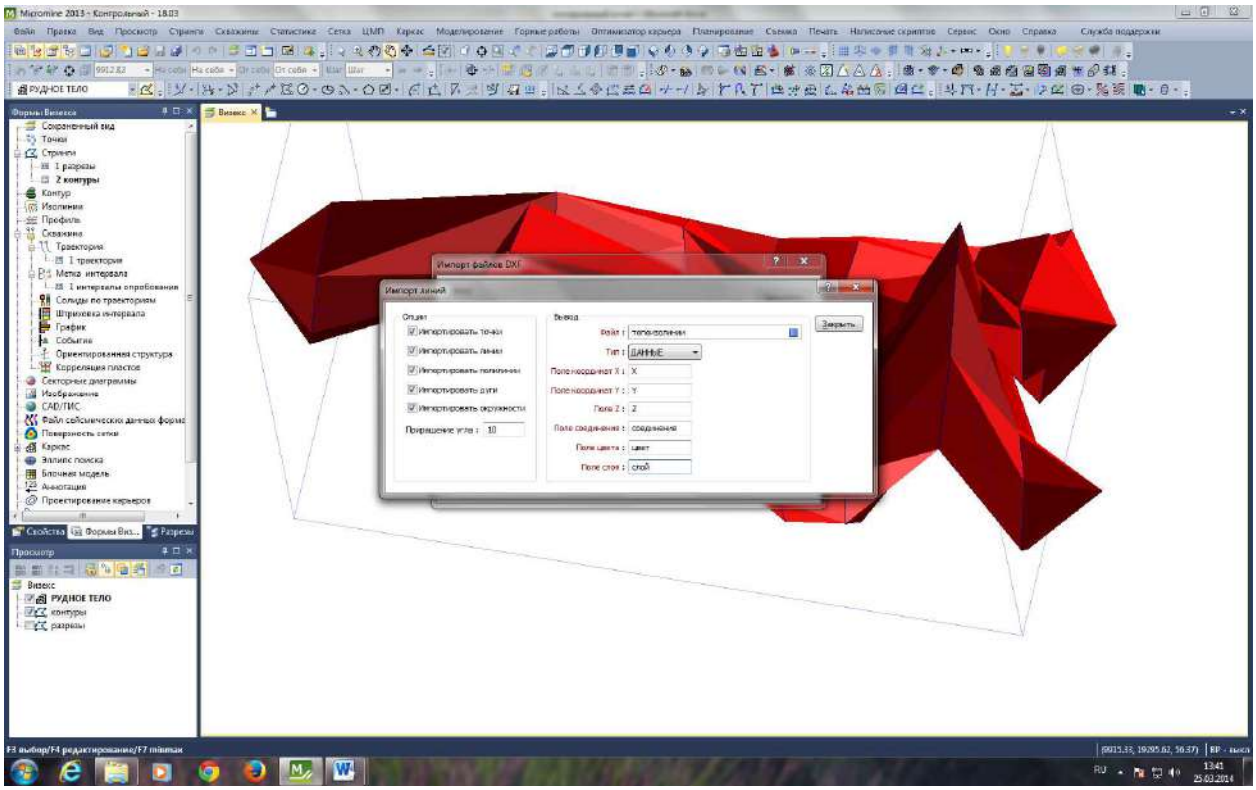


Построение каркаса рудного тела осуществляется объединением стрингов, а именно контуров рудного тела по разным профилям. В формах визекса создаем новую форму (каркас). На панели инструментов выбираем каркас и выделяем контуры поочередно, создавая замкнутую систему (каркас рудного тела). При наличии ошибок исправляем их путем добавления новых соединительных линий, а если требуется, то замыканием стринга. Сохраняем форму.

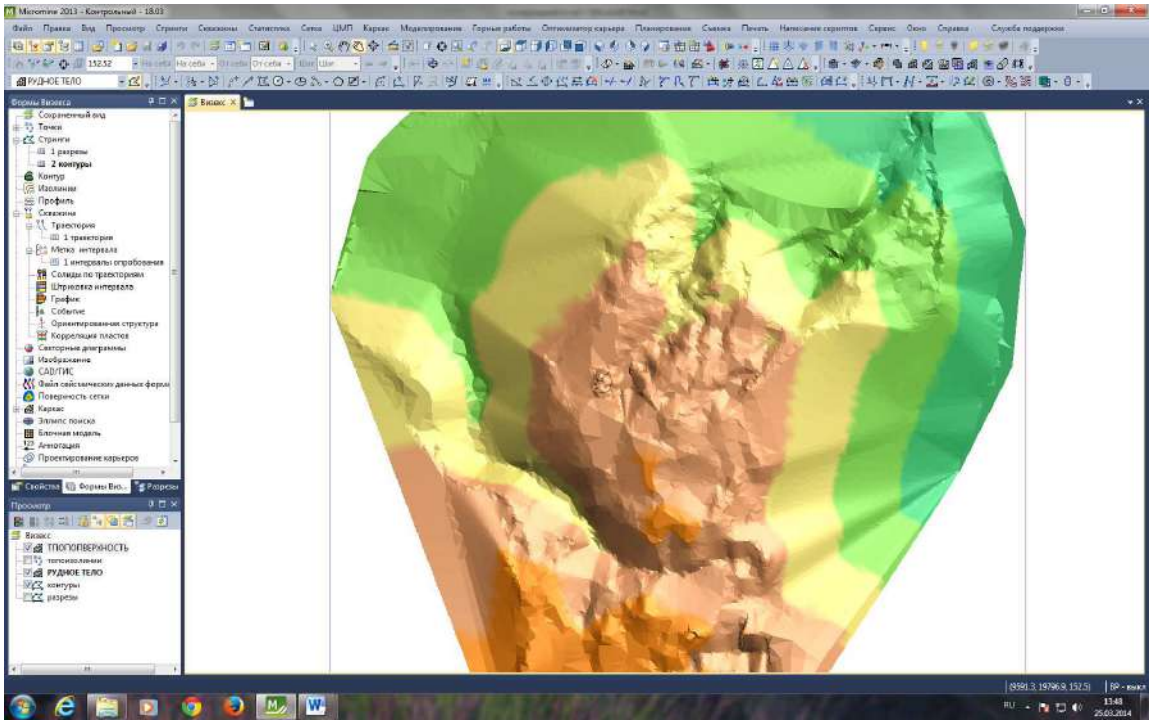


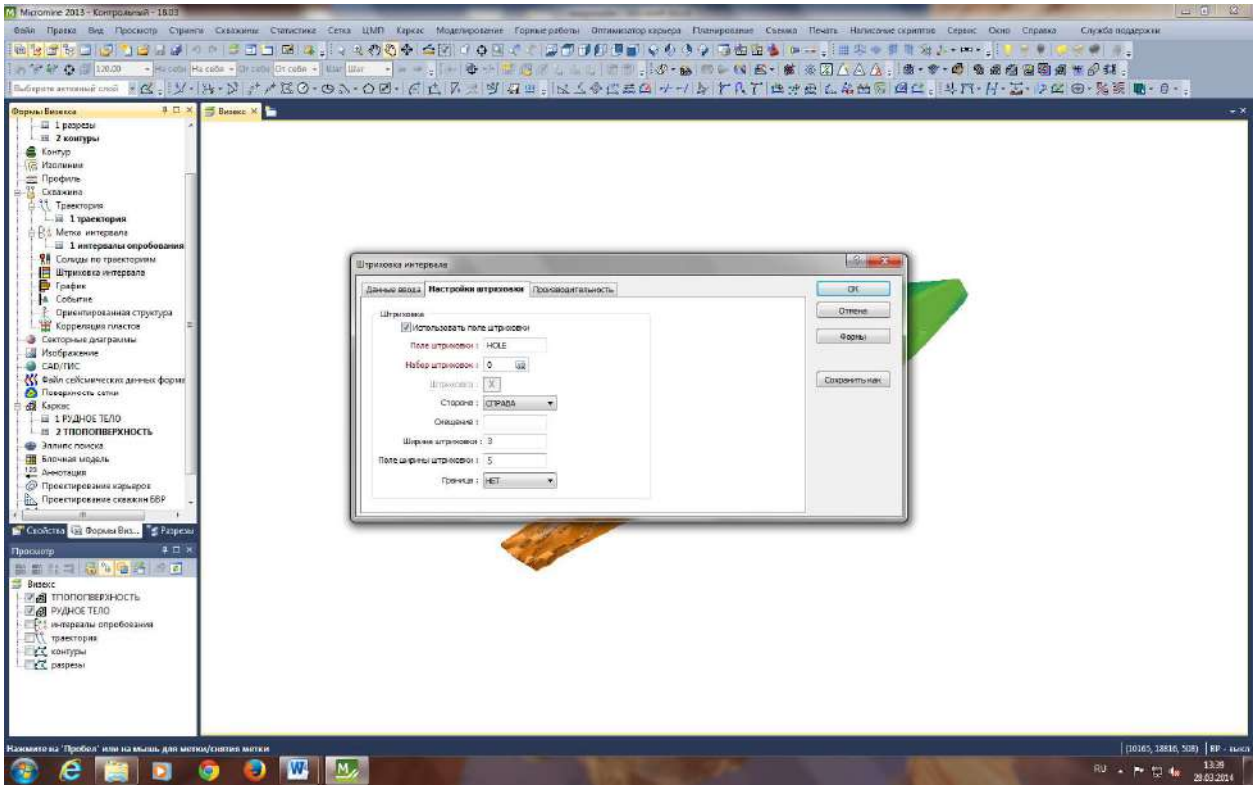
9. Создание тополоверхности в ГГИС Micromine

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.



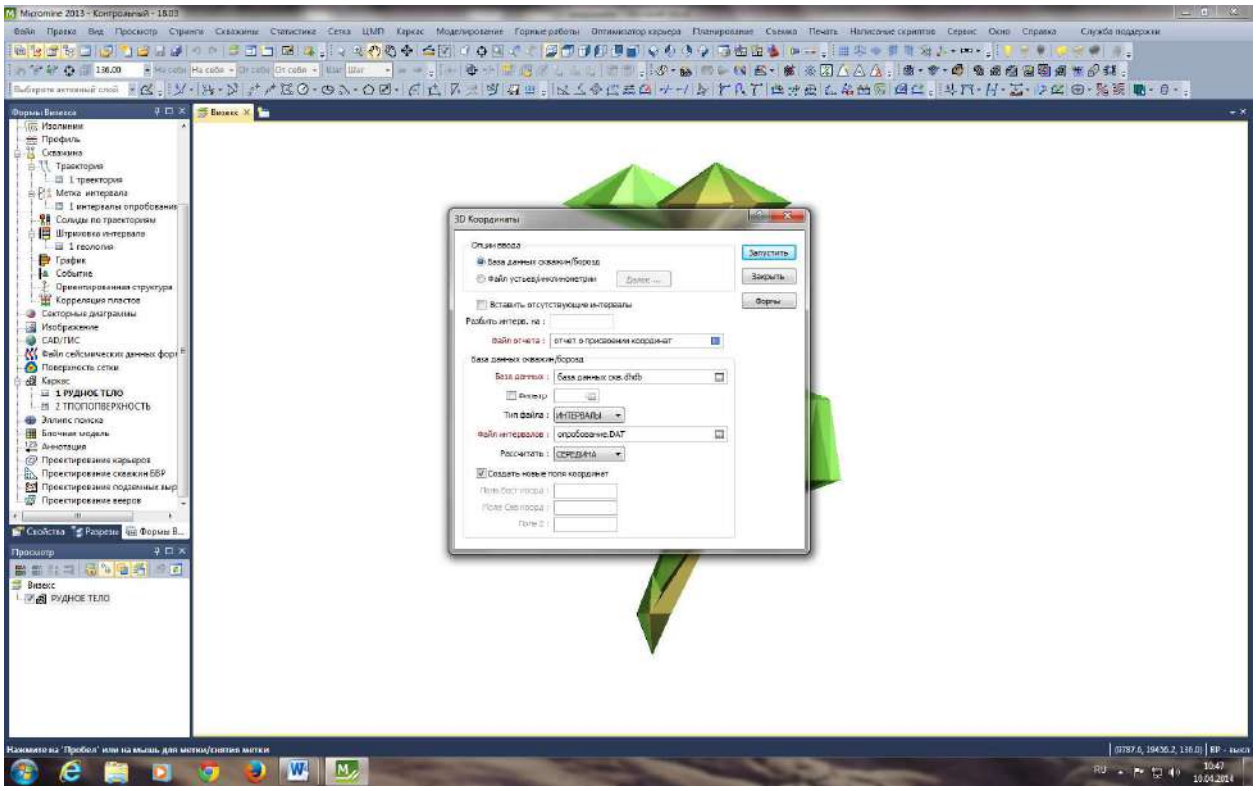


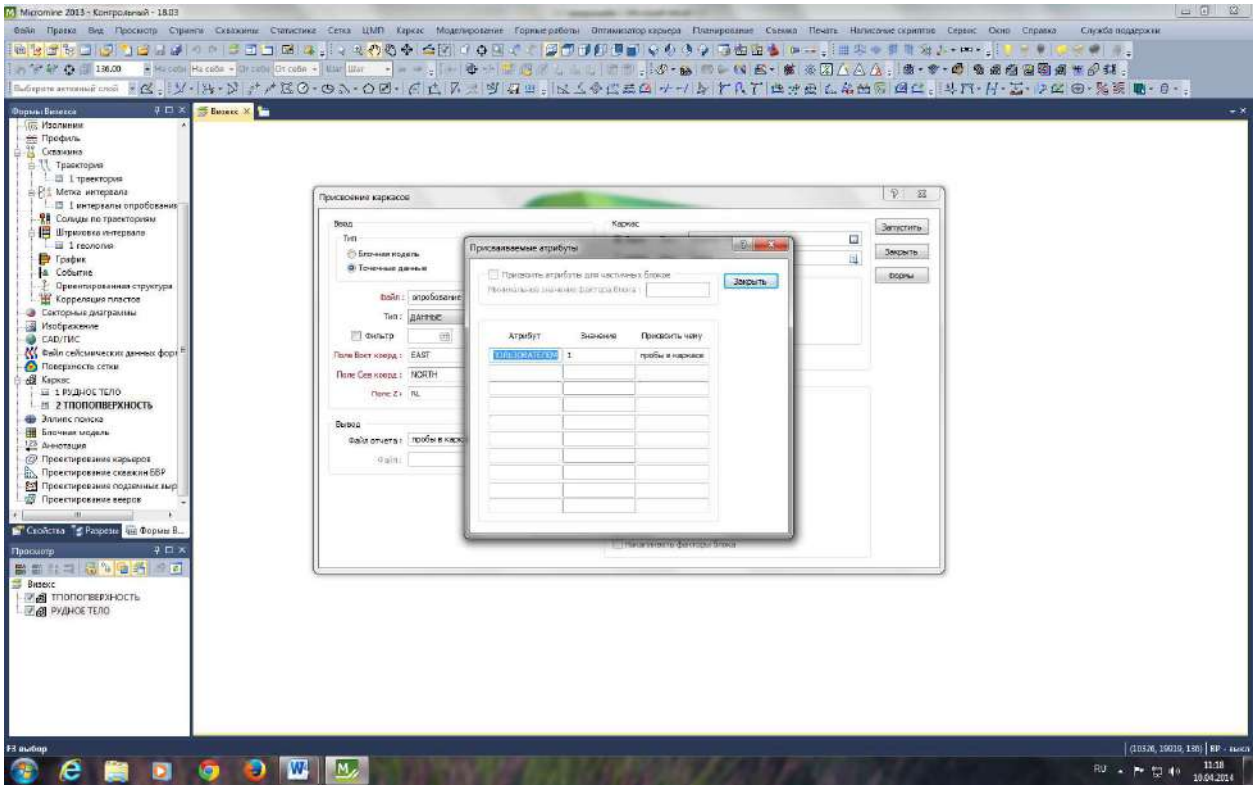
10. Блочное моделирование

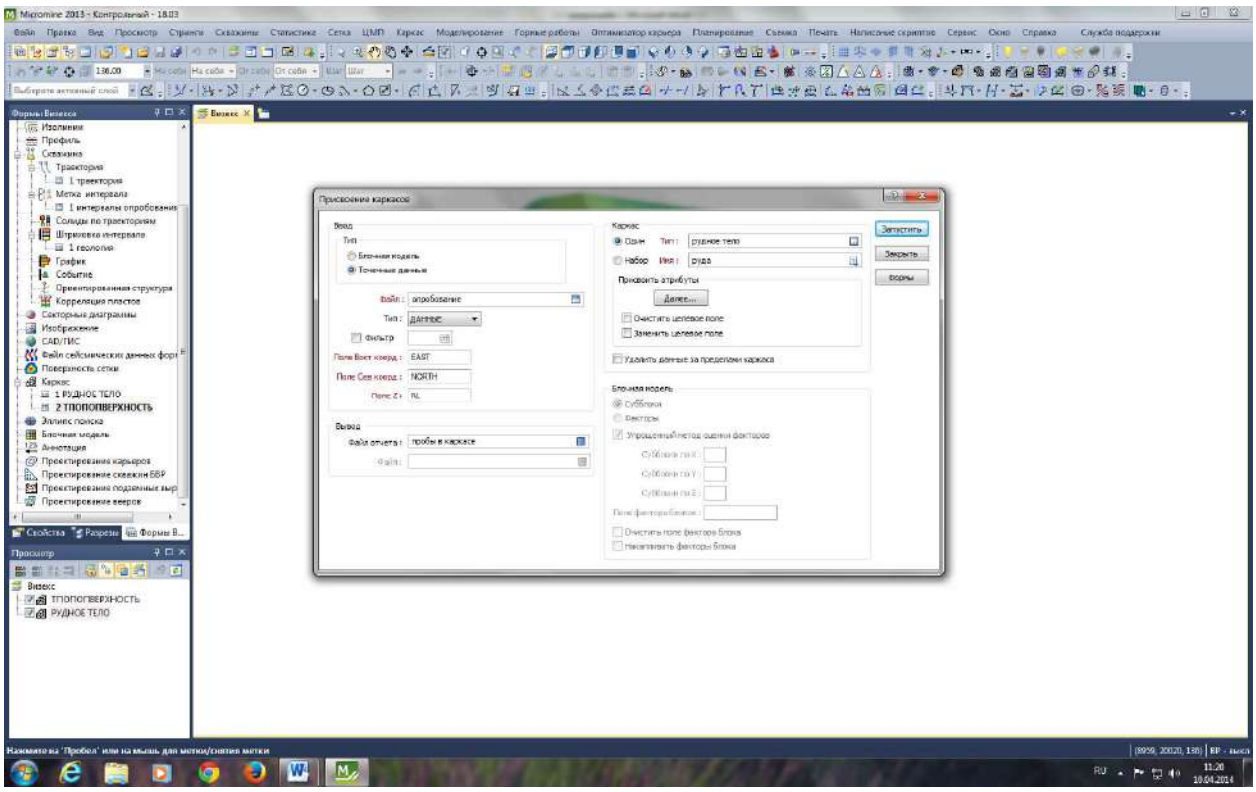
Создание пустой блочной модели

Пустая блочная модель строится с учетом размеров рудного тела по всем координатам.

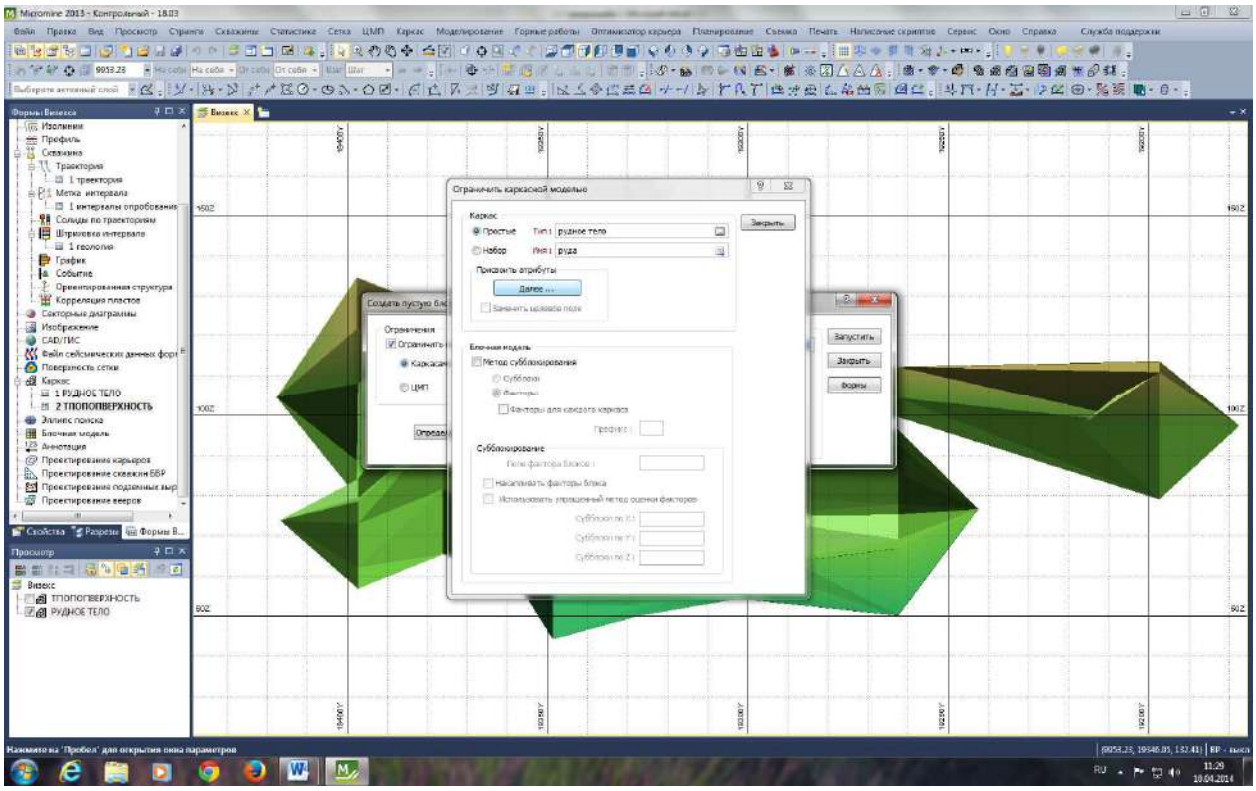
1) присвоение пробам координат пространства. Осуществляем в базе данных путем присвоения атрибута точкам с наличием Au. Каждый интервал должен быть одной длины.

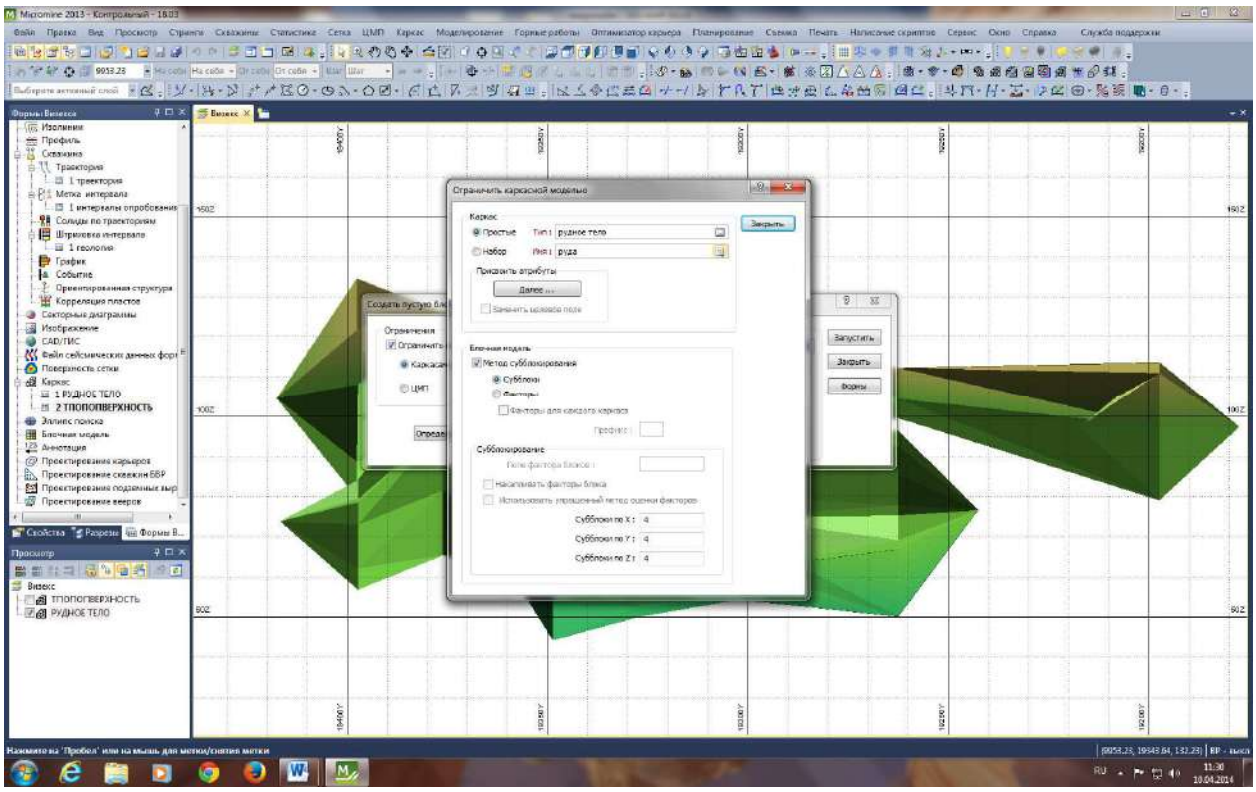


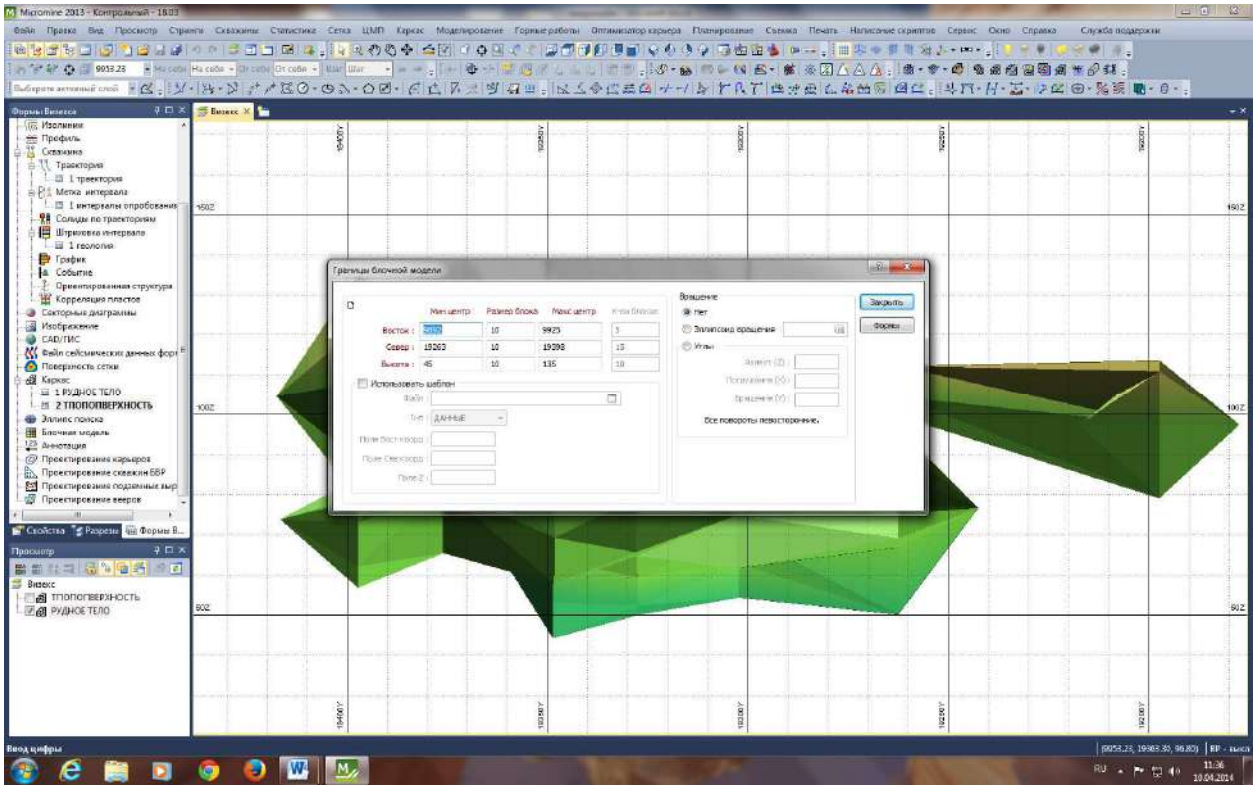


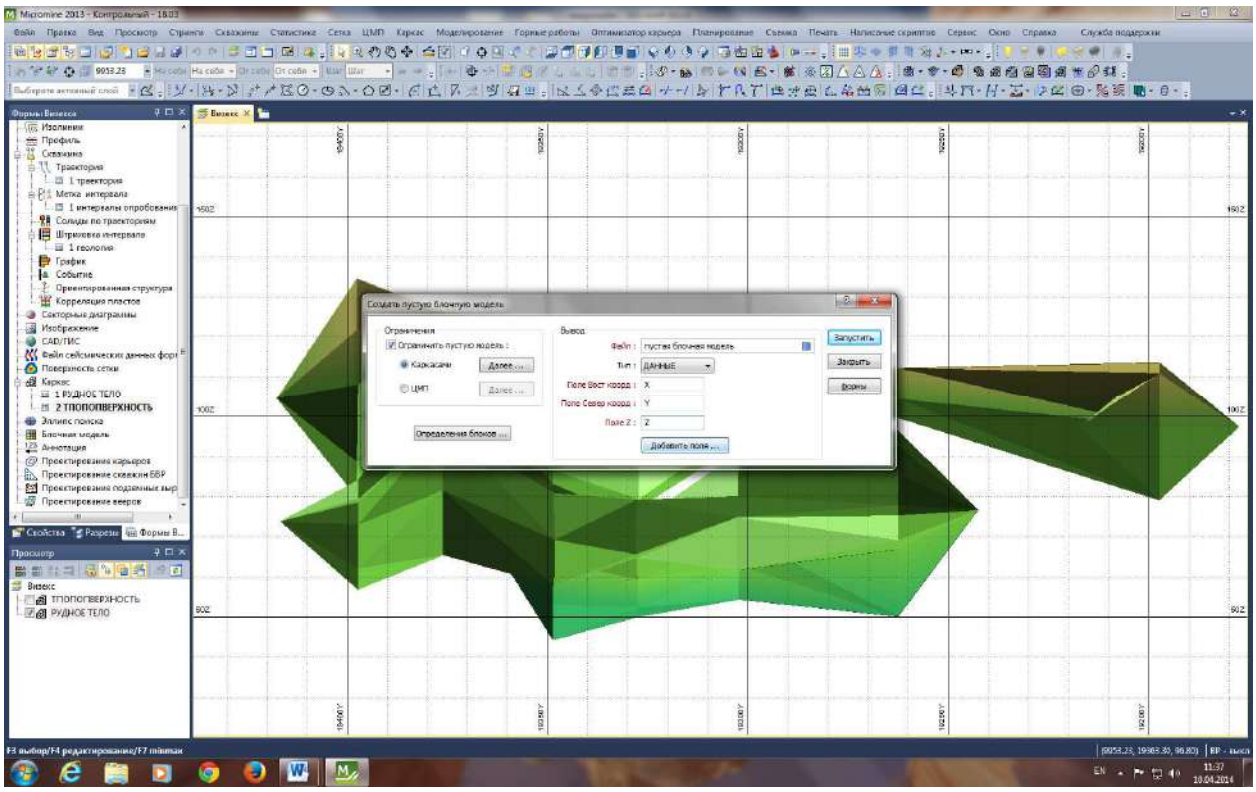


2) Для создания пустой блочной модели необходимо определить координаты рудного тела
X 9925 – 9892
Y 19398 – 19263
Z 135 – 45
Затем ограничиваем блочную модель каркасом рудного тела.

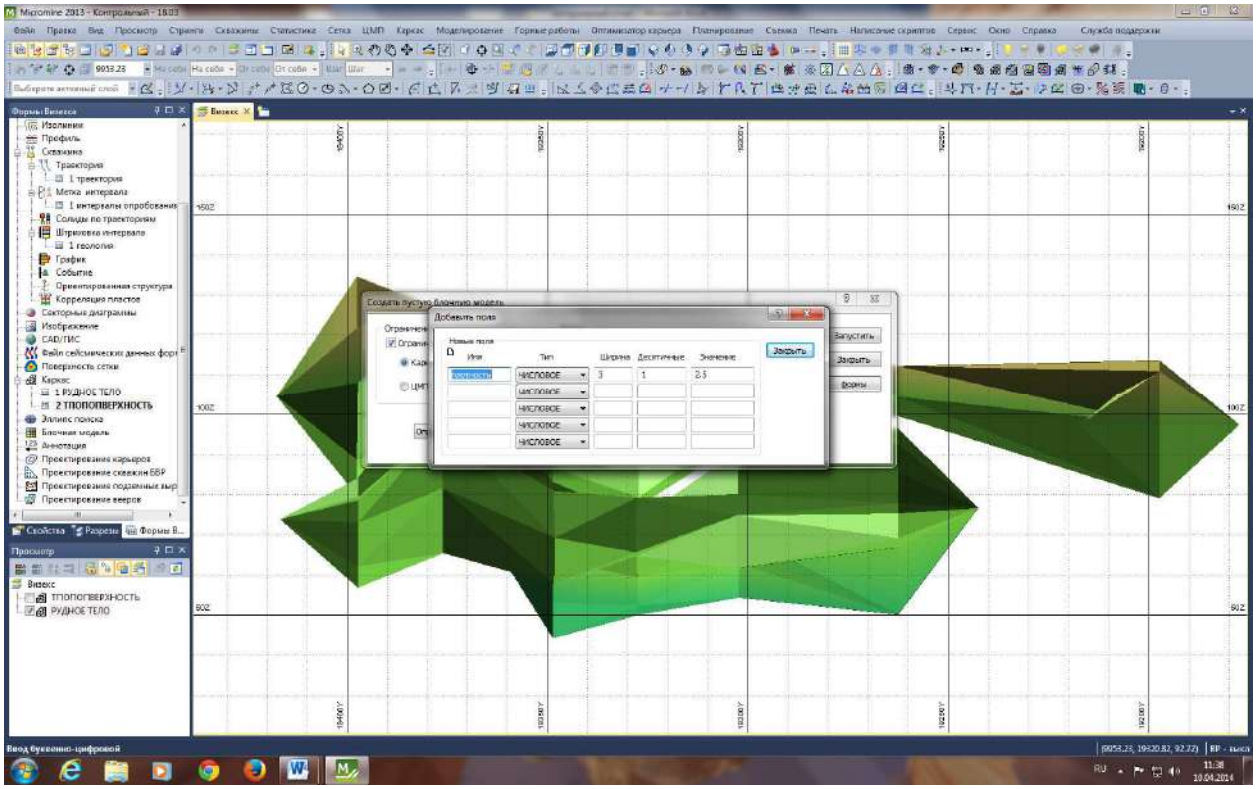


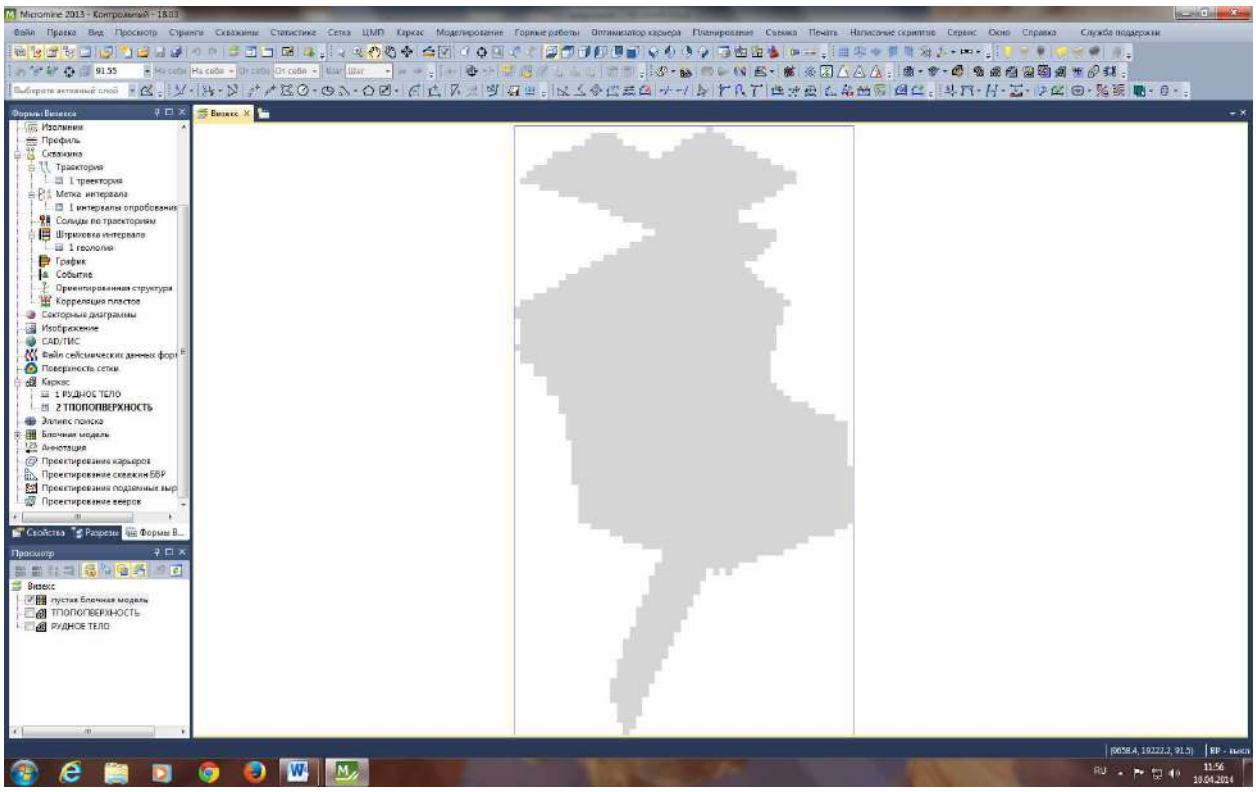






Добавляем новое поле плотность.

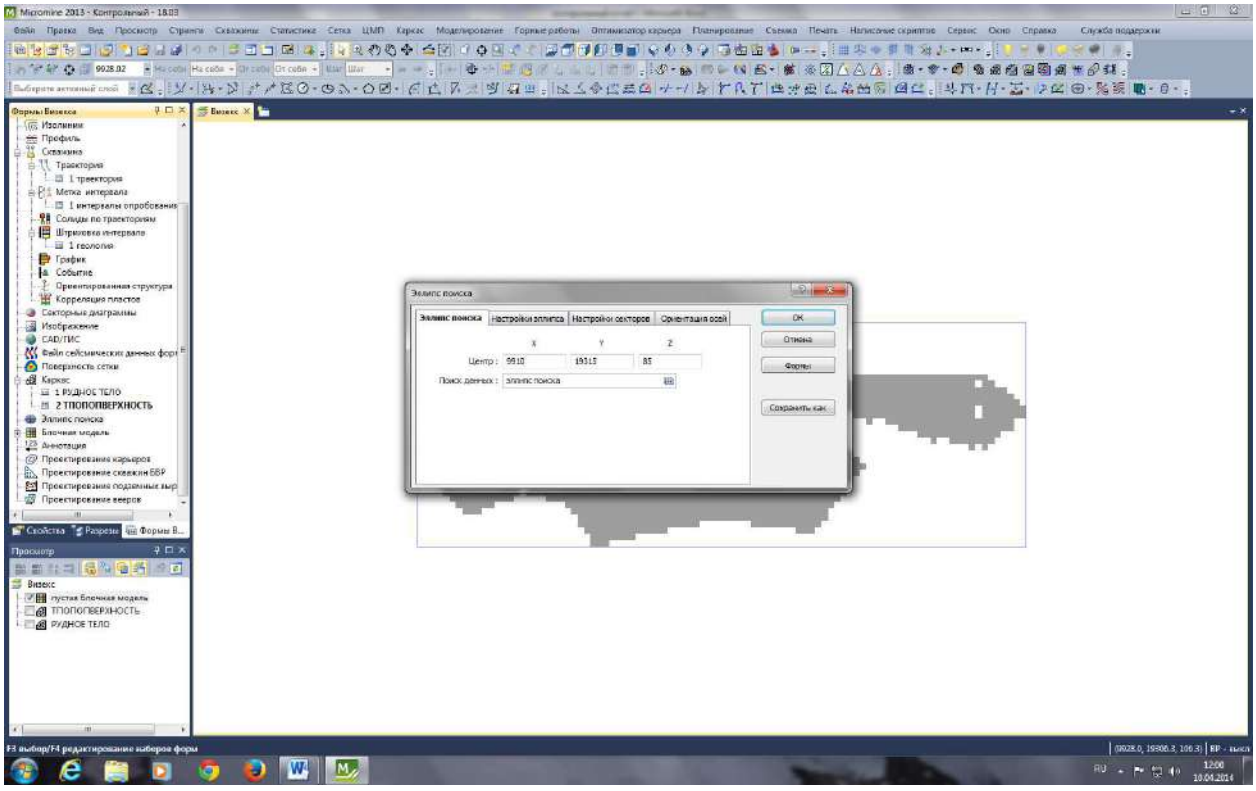


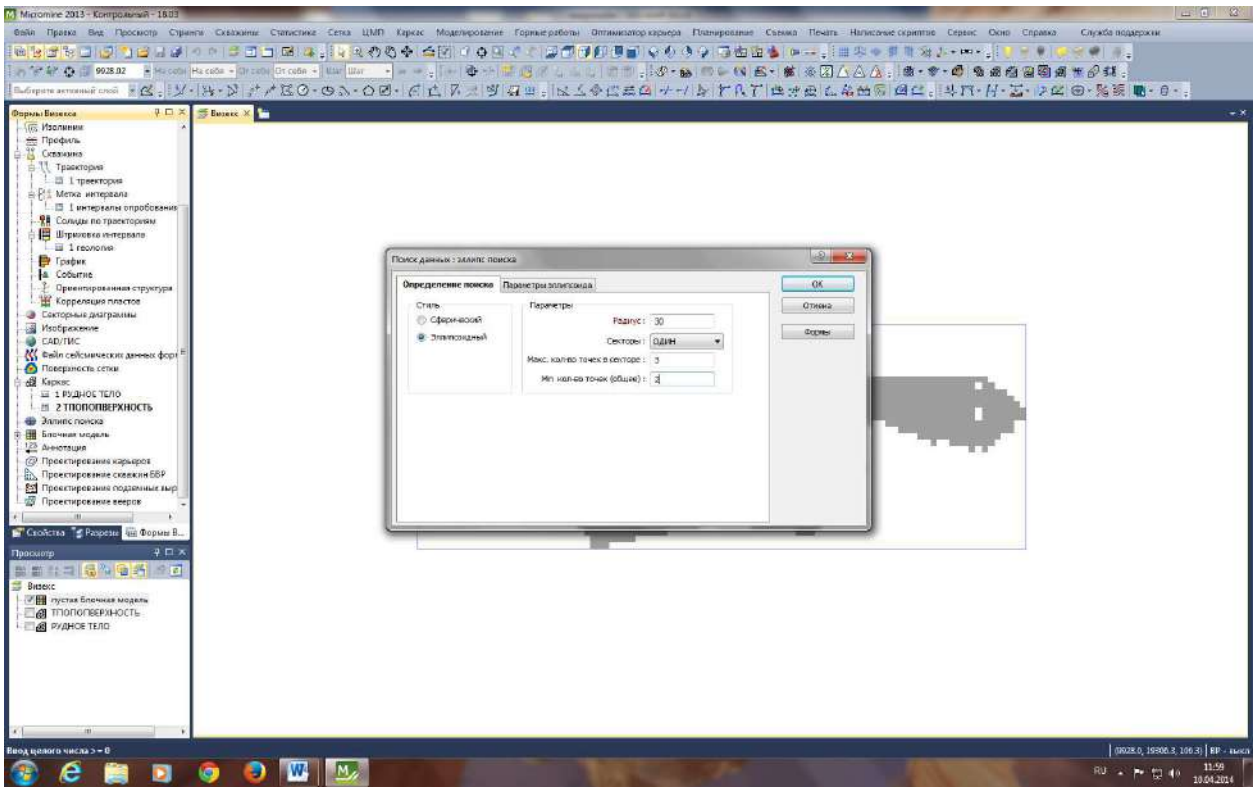


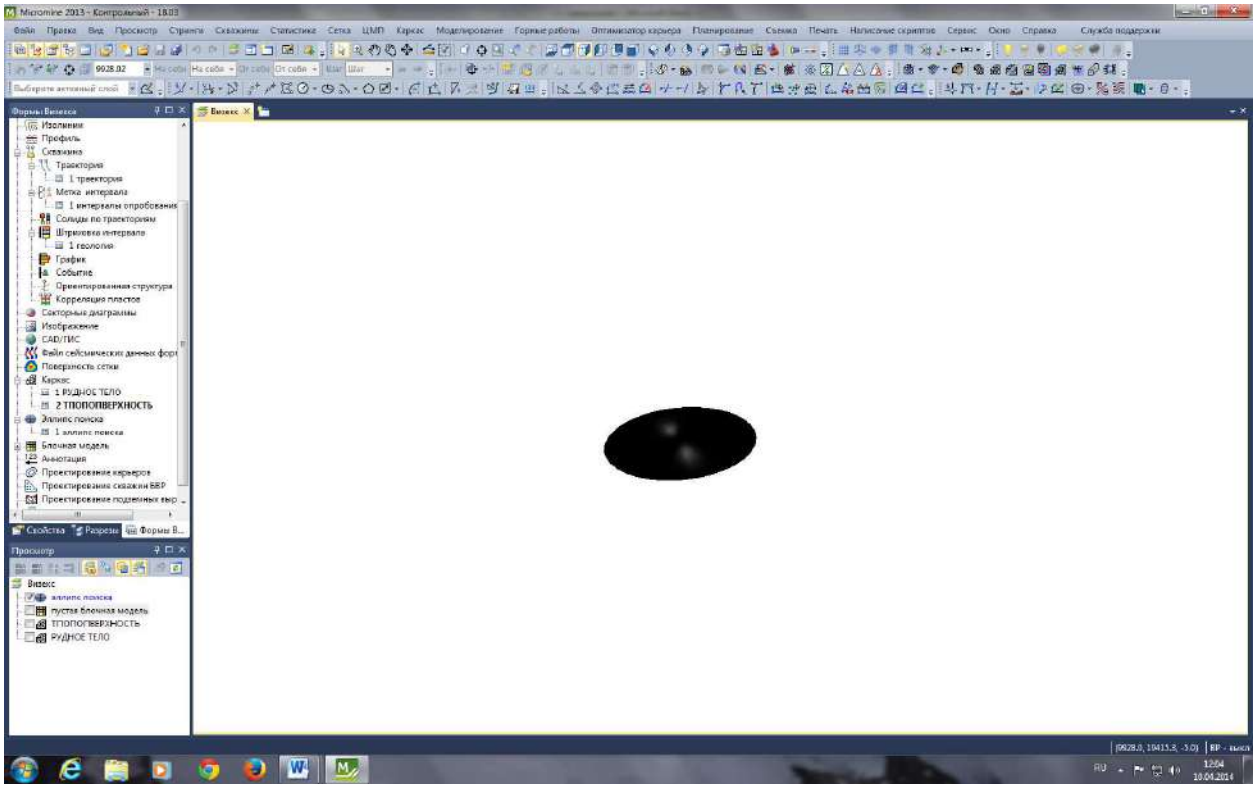
Создание эллипса поиска

Эллипс поиска определяет зону влияния элемента и предполагает зону ведения будущих работ.

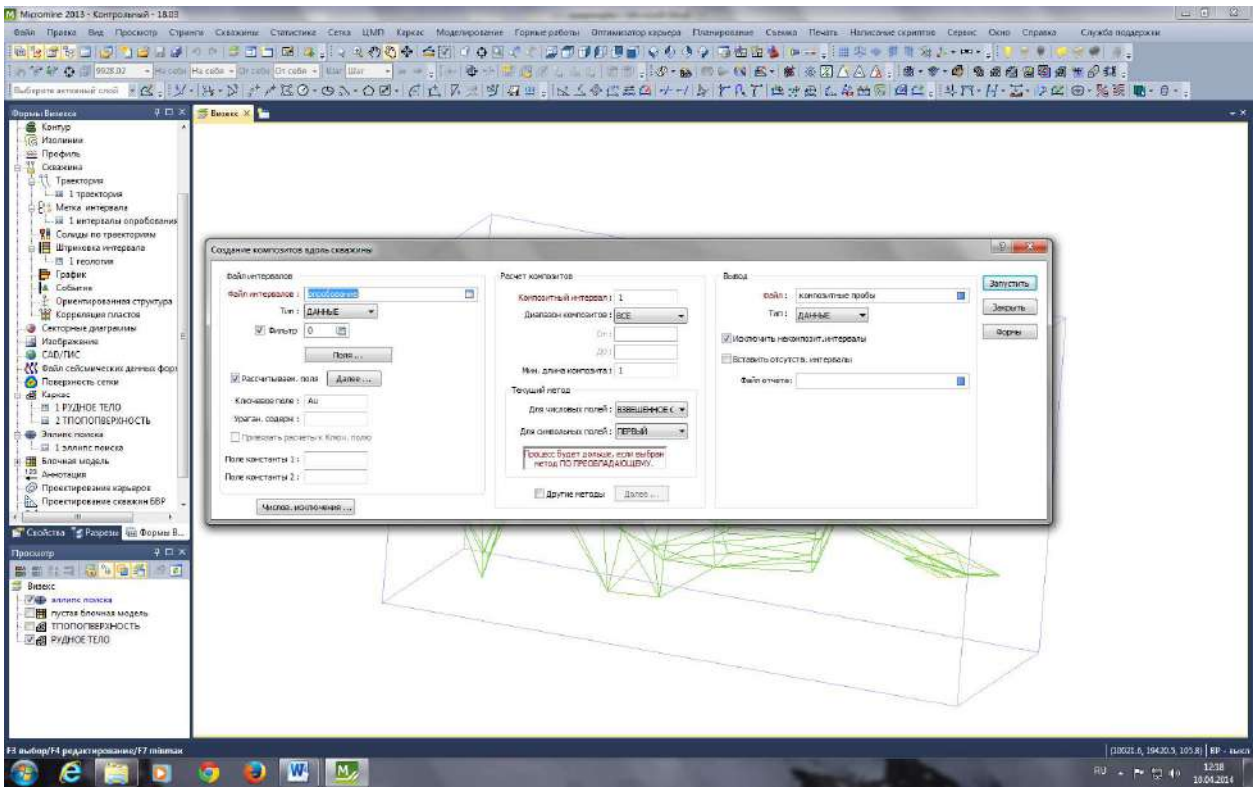
Для него необходимо задать координаты центра рудного тела.

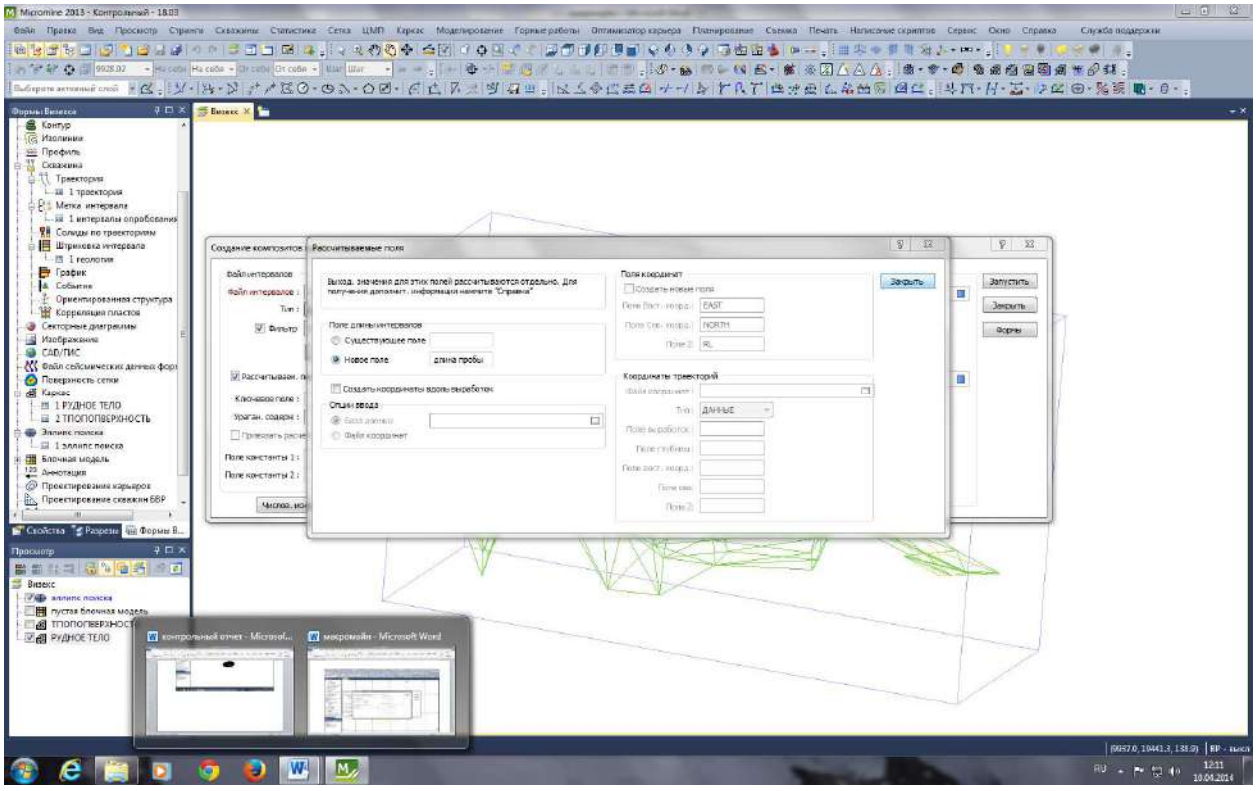






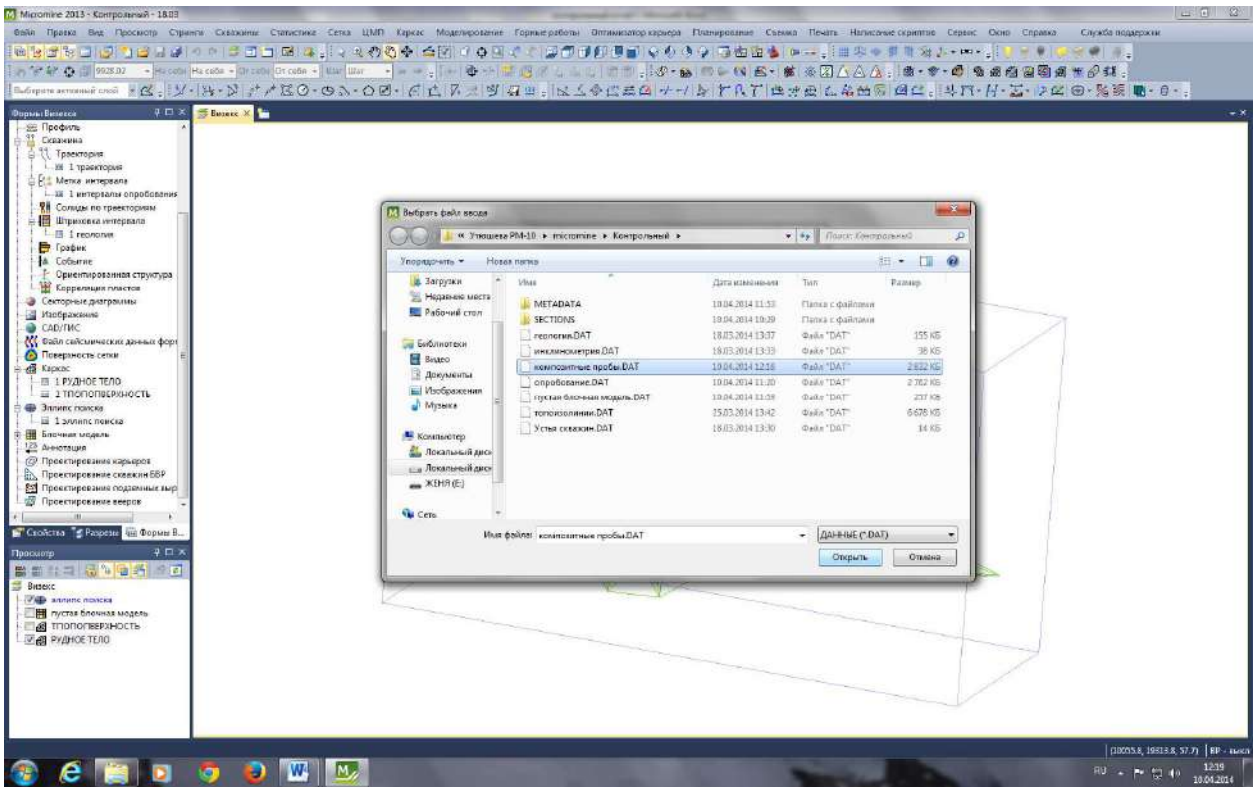
Составление композитов нужно, чтобы получить корректные результаты. Для этого приводим пробы к одной длине.

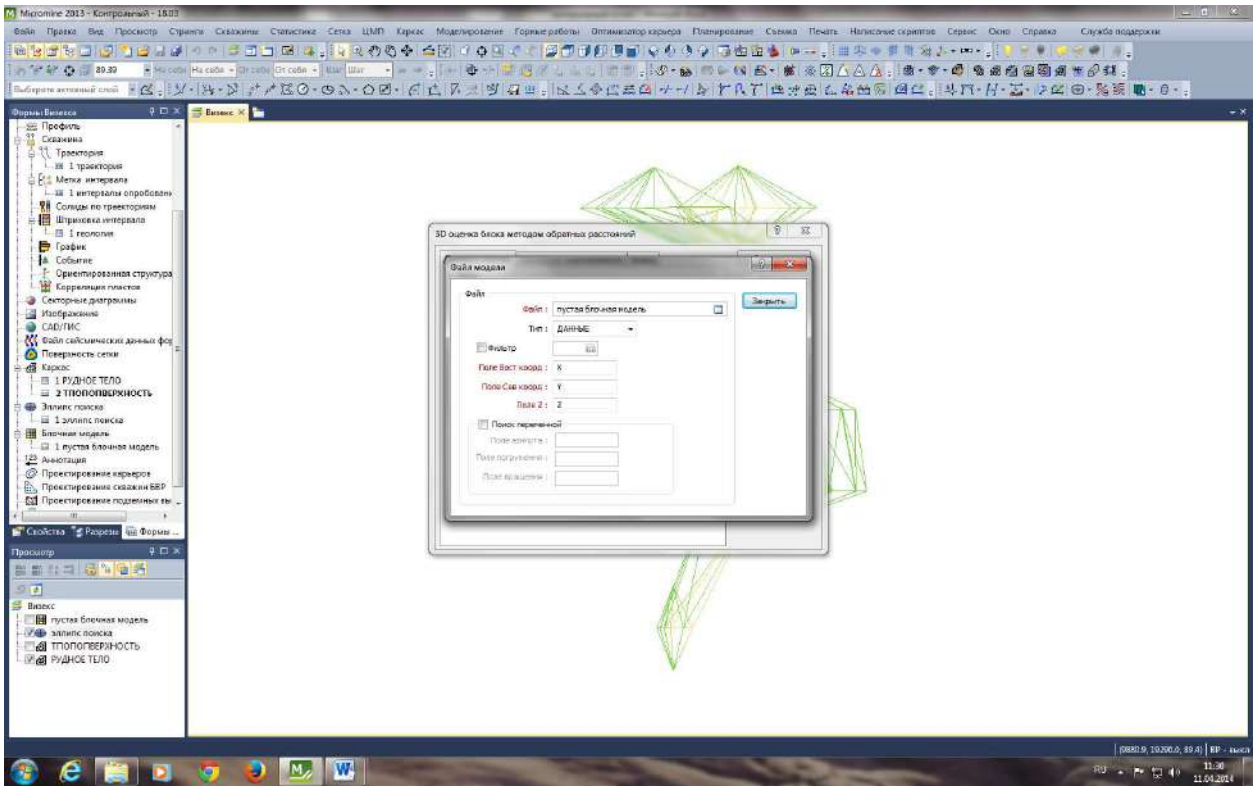


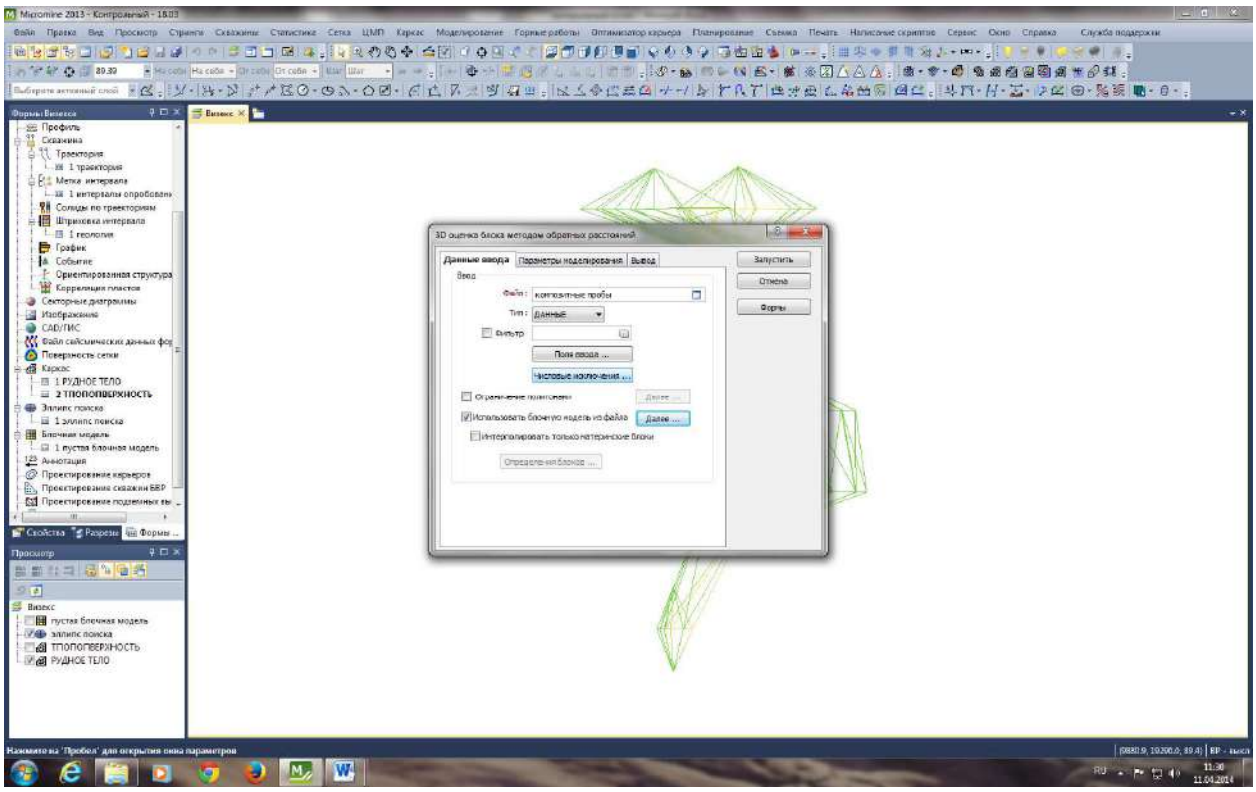


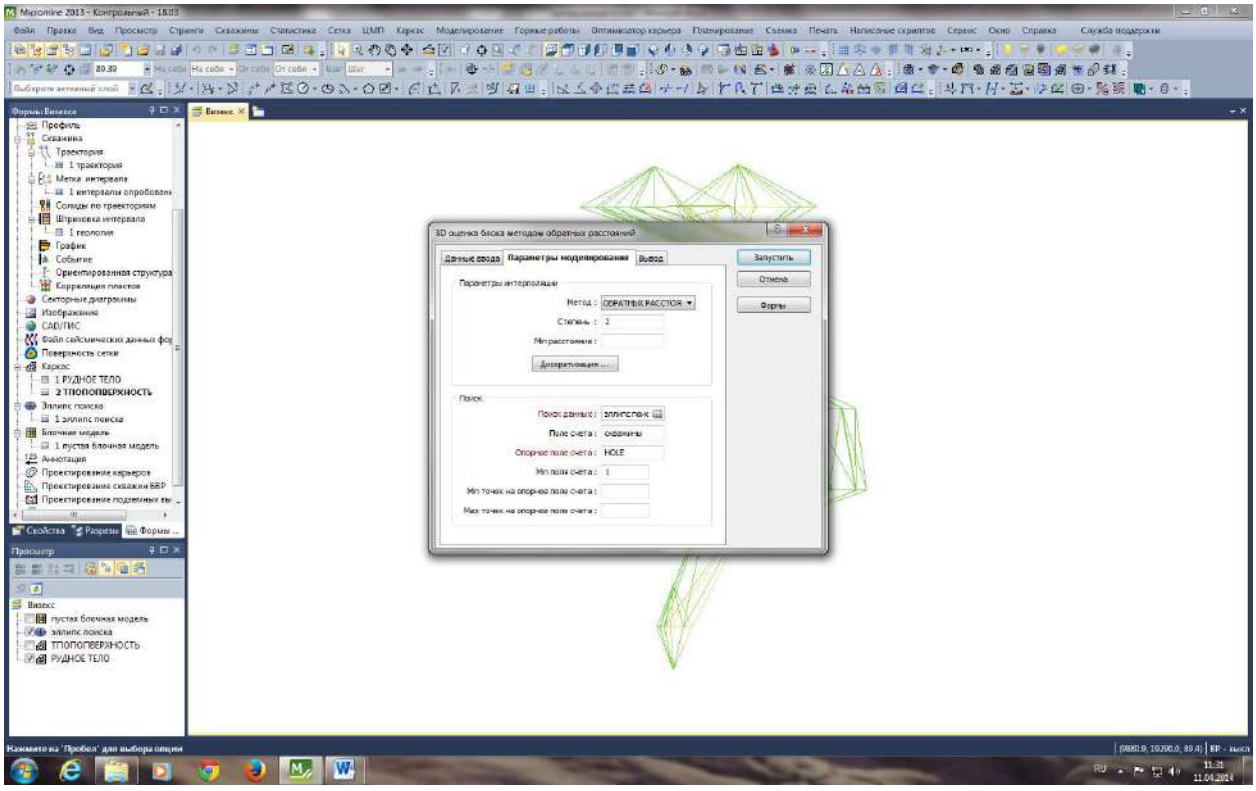
Интерполяция содержаний полезного компонента

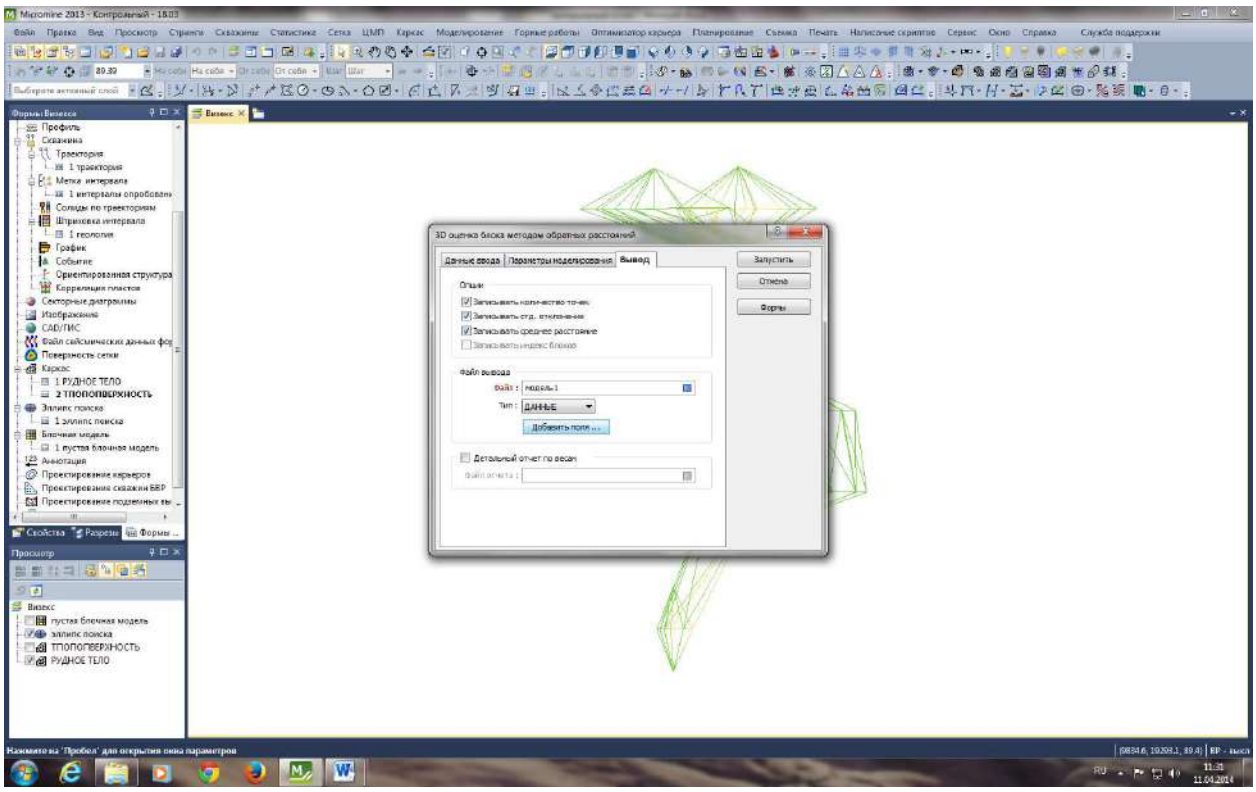
Моделирование - 3D оценка блоков обратным расстоянием.
В качестве исходного файла служит "Композитные пробы". Первой моделью является модель перовой категории с содержанием золота больше 3 г/т. Для ее создания файлом модели служит пустая блочная модель. Для следующих категорий файлом модели будут служить блочные модели высших категорий. Для последующей категории увеличиваем радиус эллипса 15, 30, 80

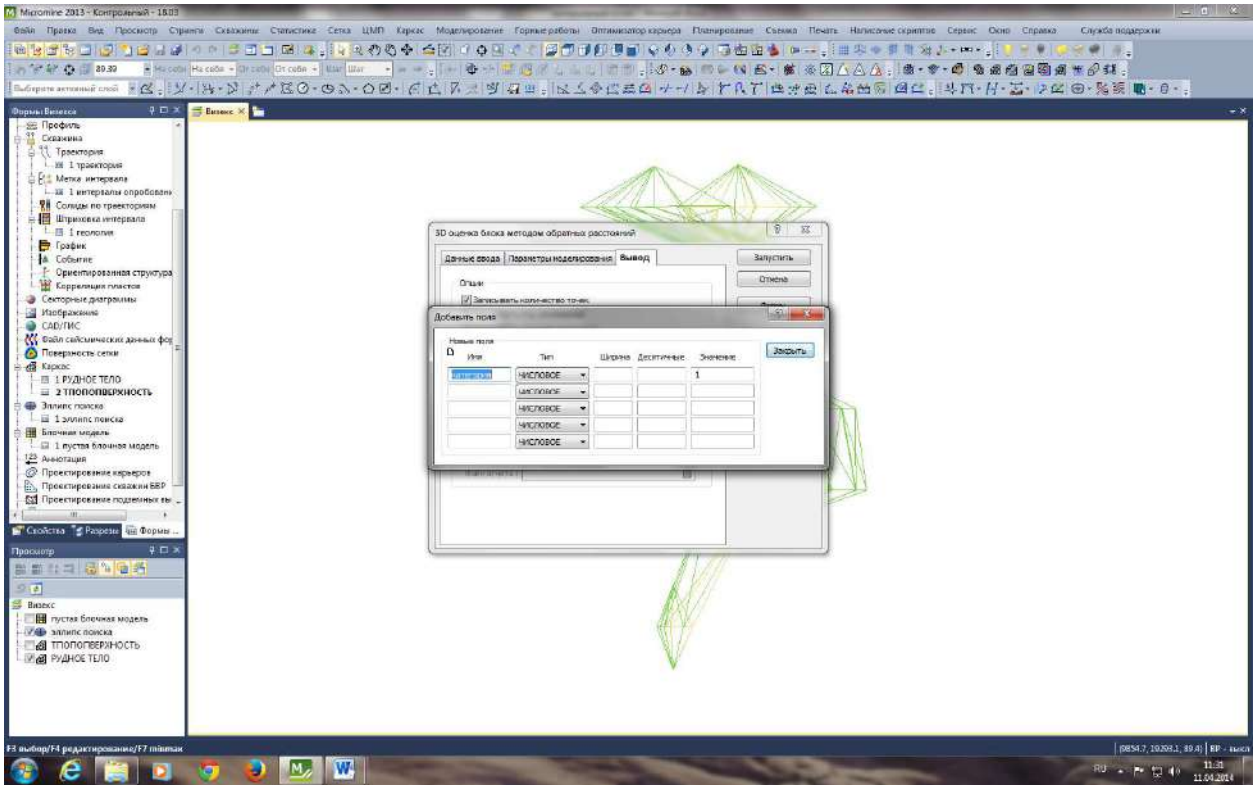

Выбрать файл ввода
METADATA
SECTIONS
геология.DAT
инклинометрия.DAT
композитные пробы.DAT
опробование.DAT
пустая блочная модель.DAT
топоизолинии.DAT
Устья скважин.DAT
Имя файла: композитные пробы.DAT
Открыть
Отмена

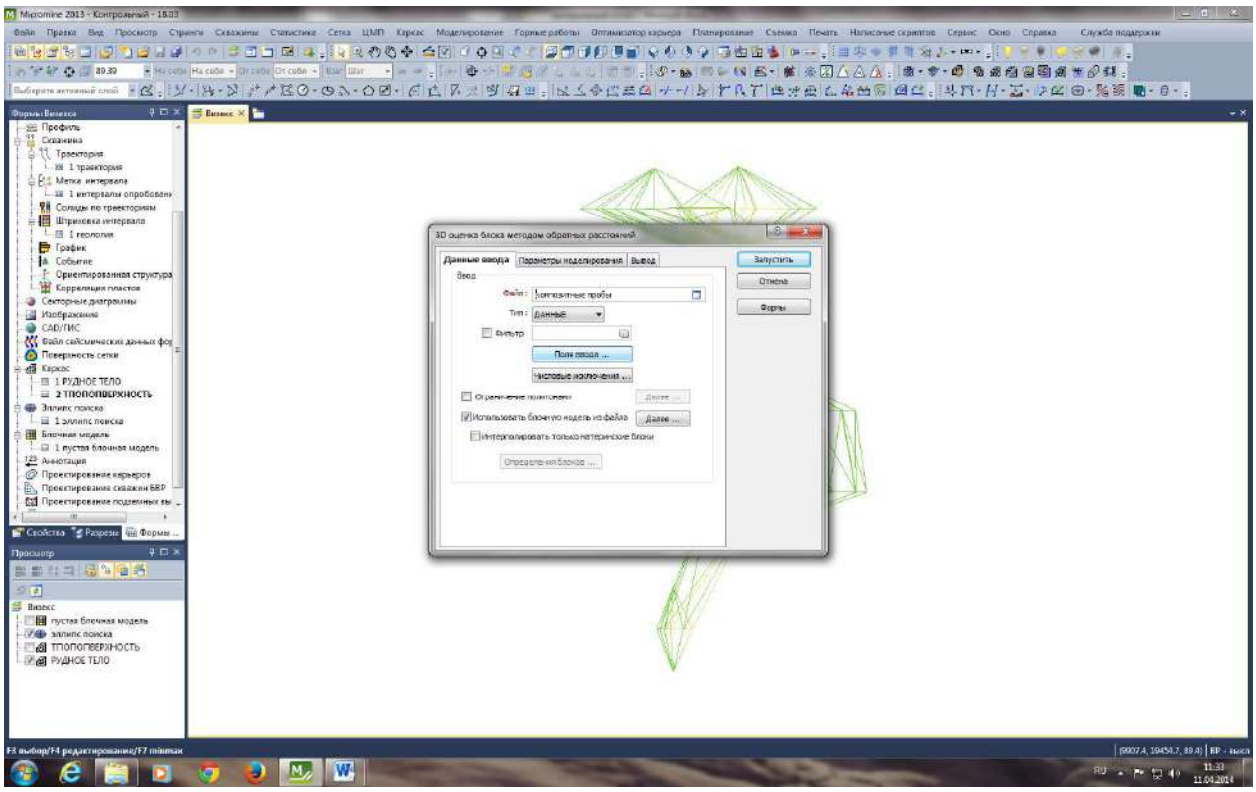

3D оценка блока методом обратных расстояний
Файл модели
Файл
Файл : пустая блочная модель
Закрыть
Тип : ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд : X
Поле Сев коорд : Y
Поле 2 : Z
Поиск переменной

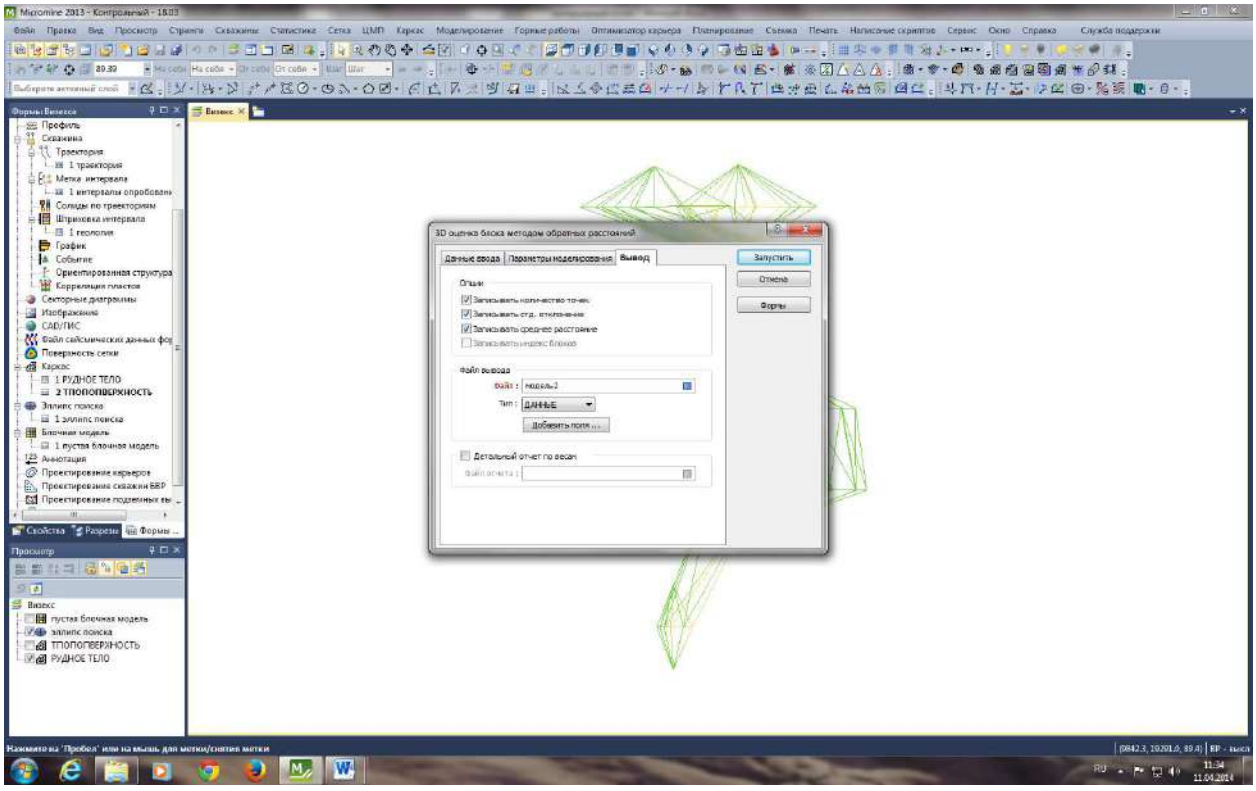

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы

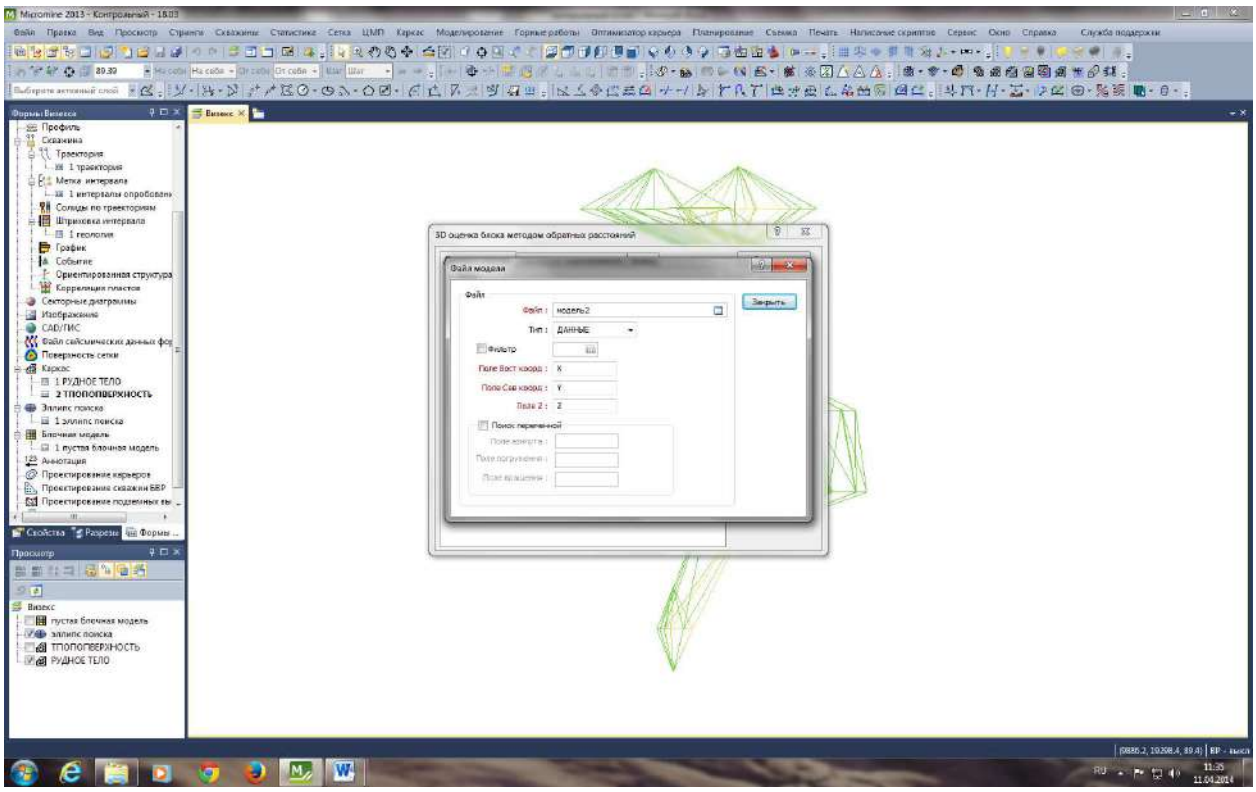

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы

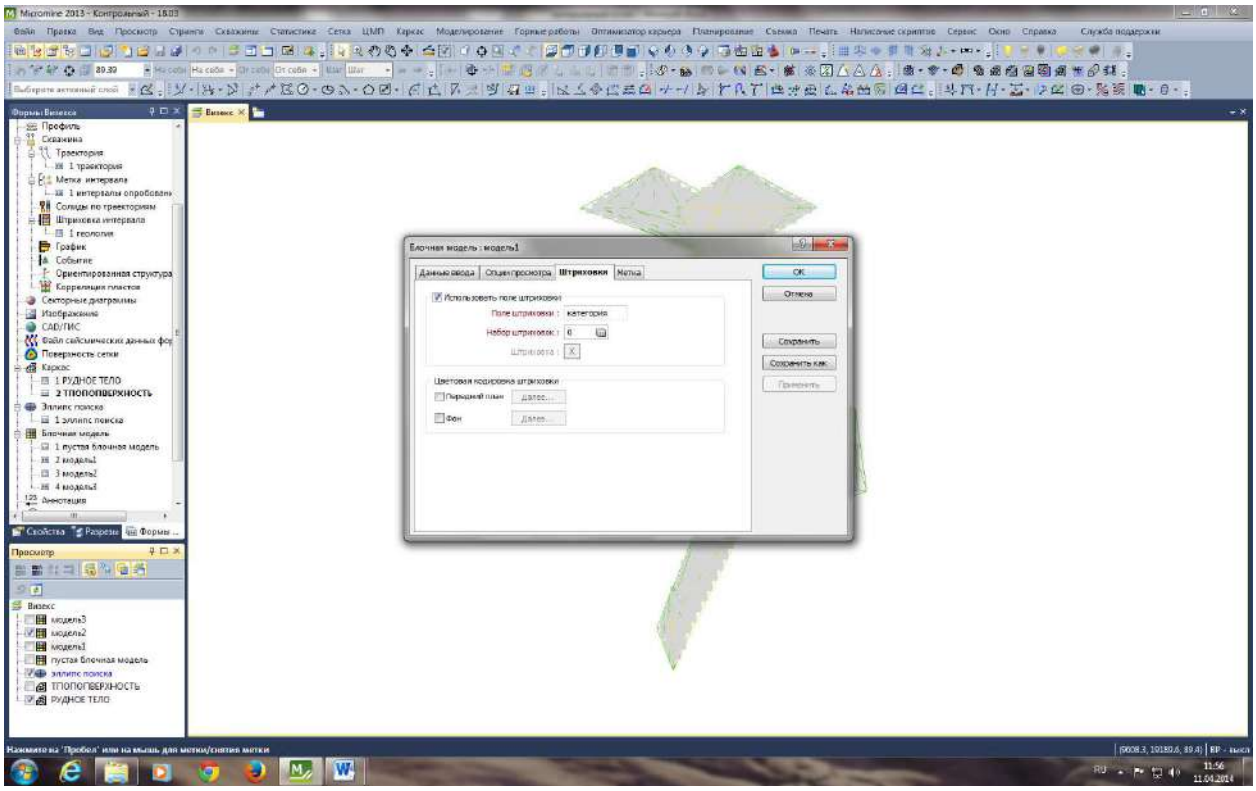

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы
Опции
Файл вывода
Добавить поля ...
Детальный отчет по весам

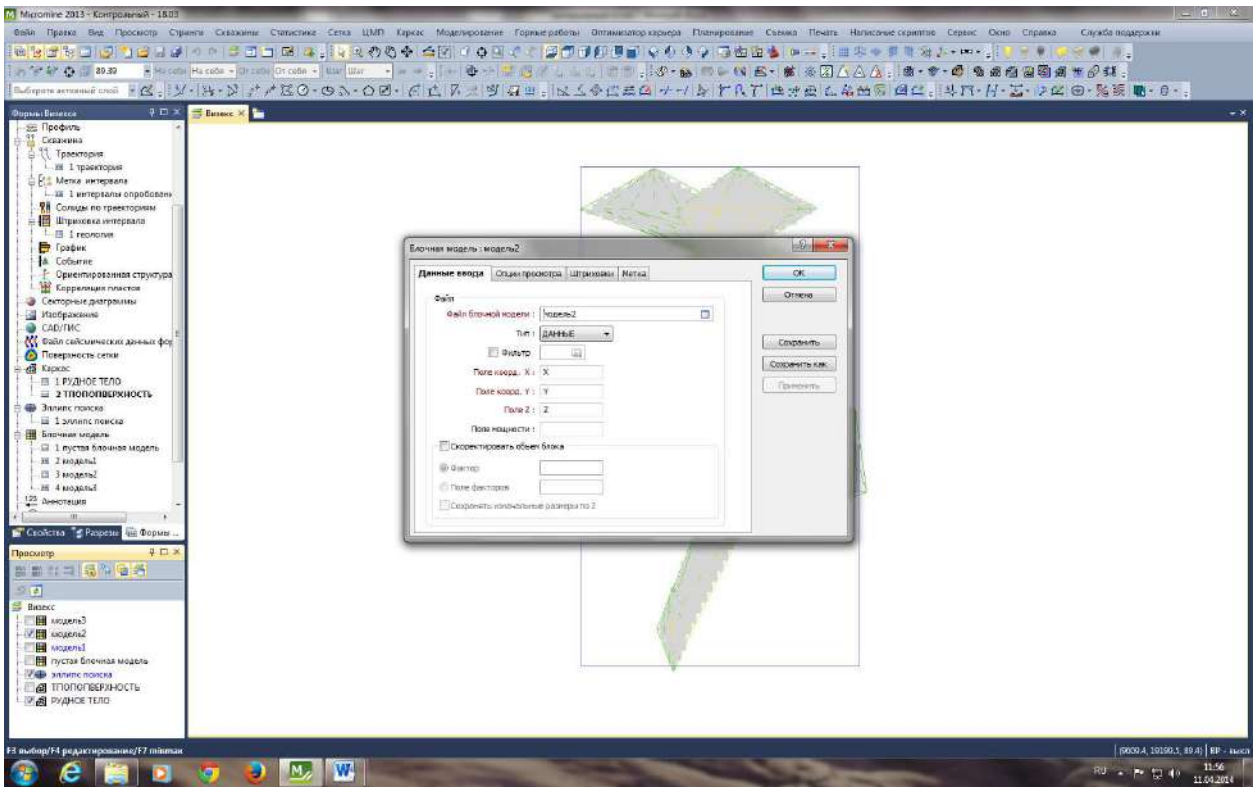

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Добавить поля
Закрыть
Имя
Тип
Ширина
Десятичные
Значение
ЧИСЛОВОЕ


3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы

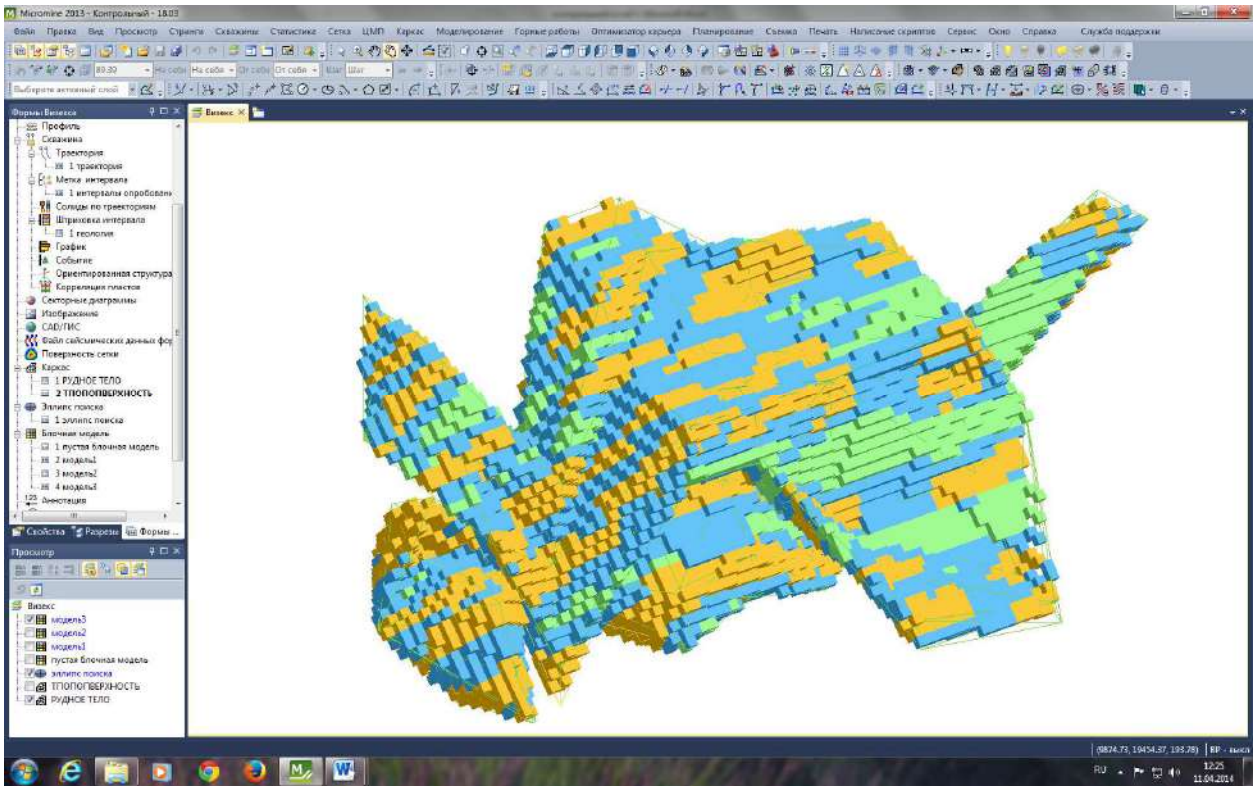

3D оценка блока методом обратных расстояний
Данные ввода
Параметры моделирования
Вывод
Запустить
Отмена
Формы


3D оценка блока методом обратных расстояний
Файл модели
Файл
Закрыть
Файл :
модель2
Тип :
ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд :
Поле Сев коорд :
Поле Z :
Поиск переменной
Бизнес
пустая блочная модель
эллипс поиска
ТПОПОВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО

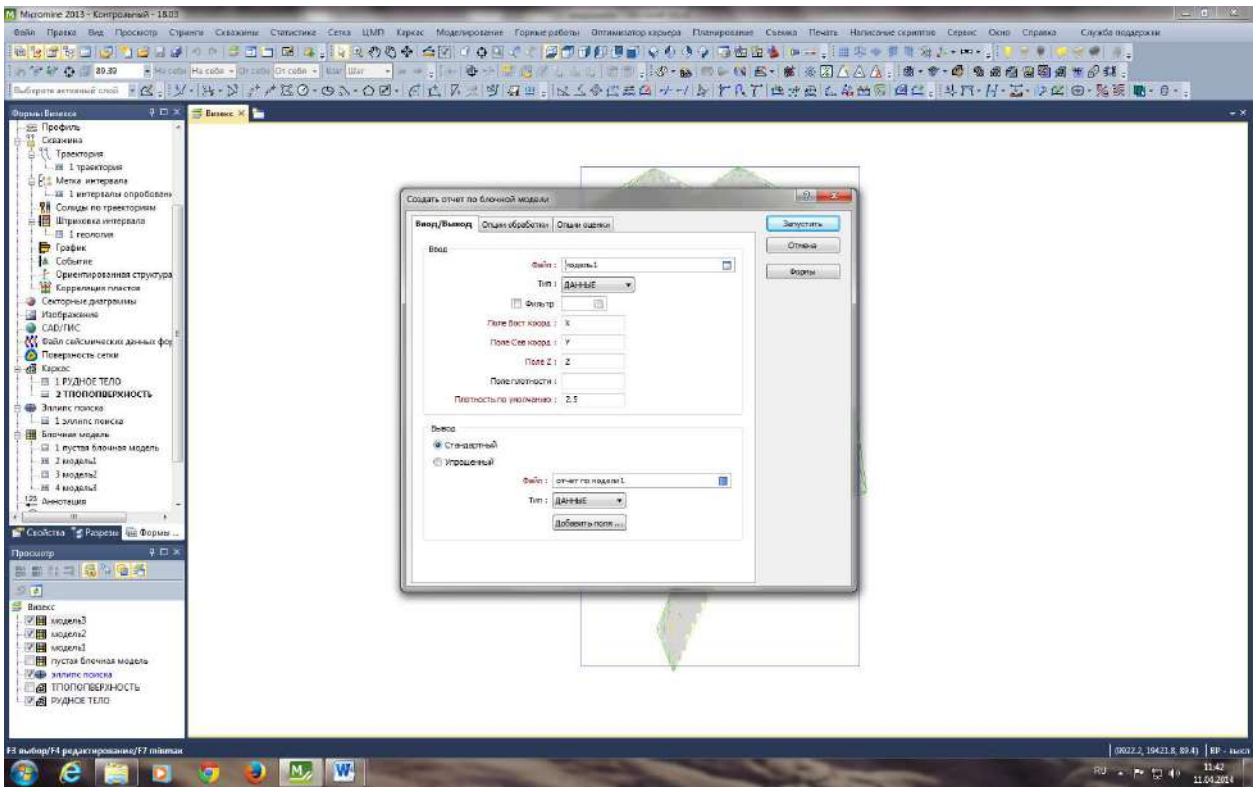

Блочная модель : модель1
Данные ввода
Опции просмотра
Штриховки
Метка
OK
Отмена
Сохранить
Сохранить как
Применить
Использовать поле штриховки
Поле штриховки :
категория
Набор штриховок :
Штриховка :
Цветовая кодировка штриховки
Передний план
Фон
Бизнес
модель3
модель2
модель1
пустая блочная модель
эллипс поиска
ТПОПОВЕРХНОСТЬ
РУДНОЕ ТЕЛО

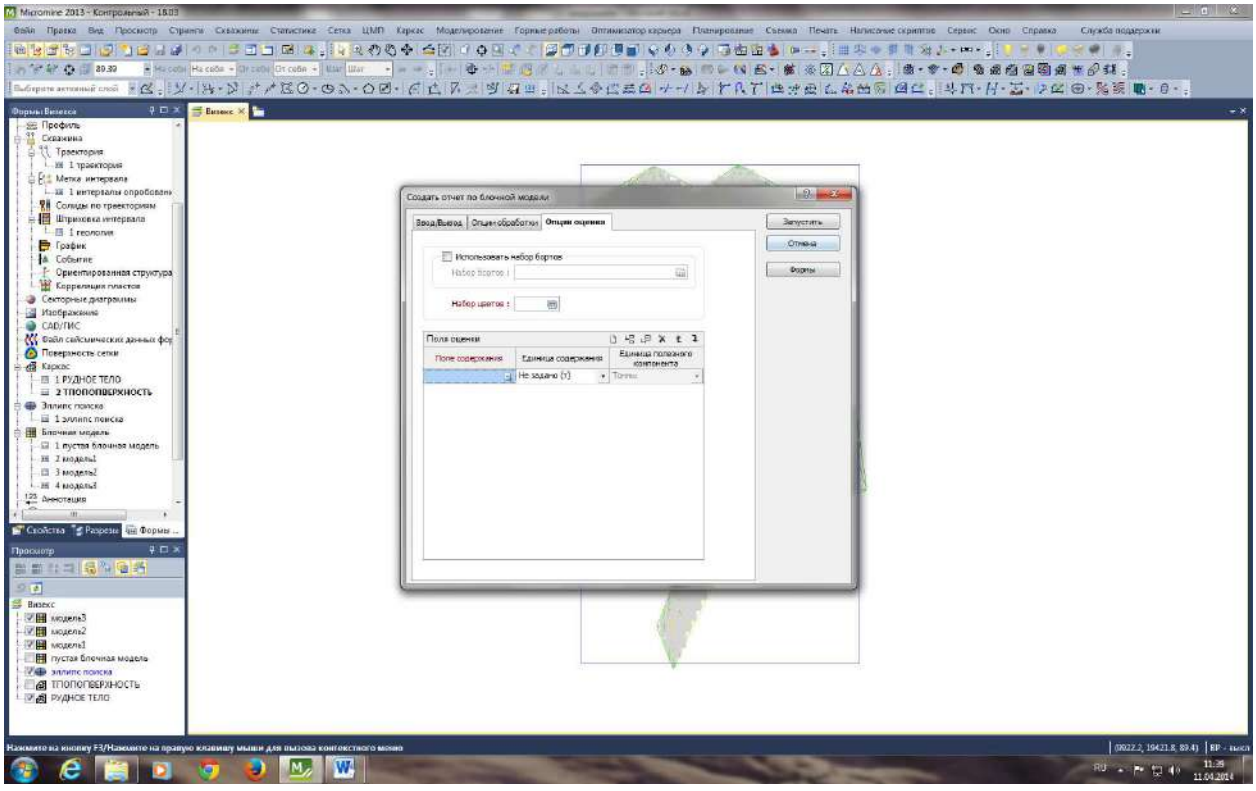


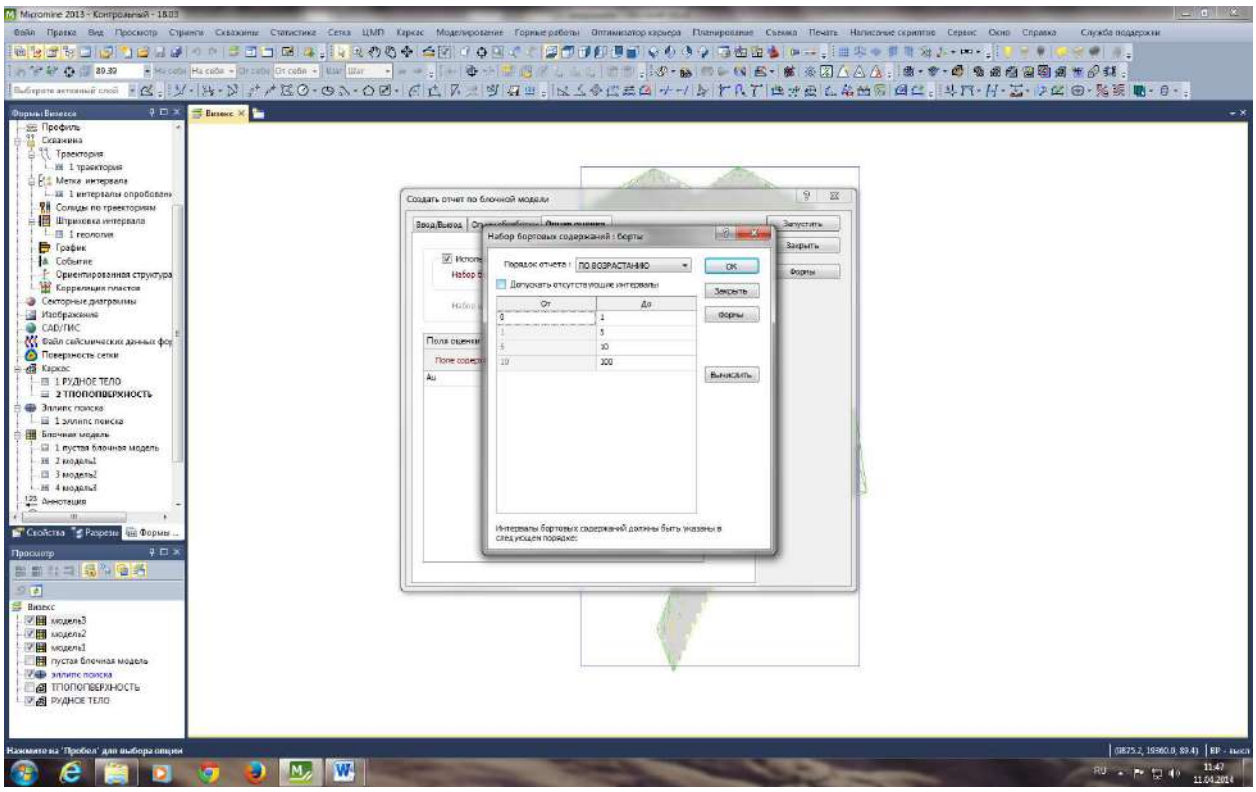
Итоговая модель отражает содержание элемента по трем категориям руд.

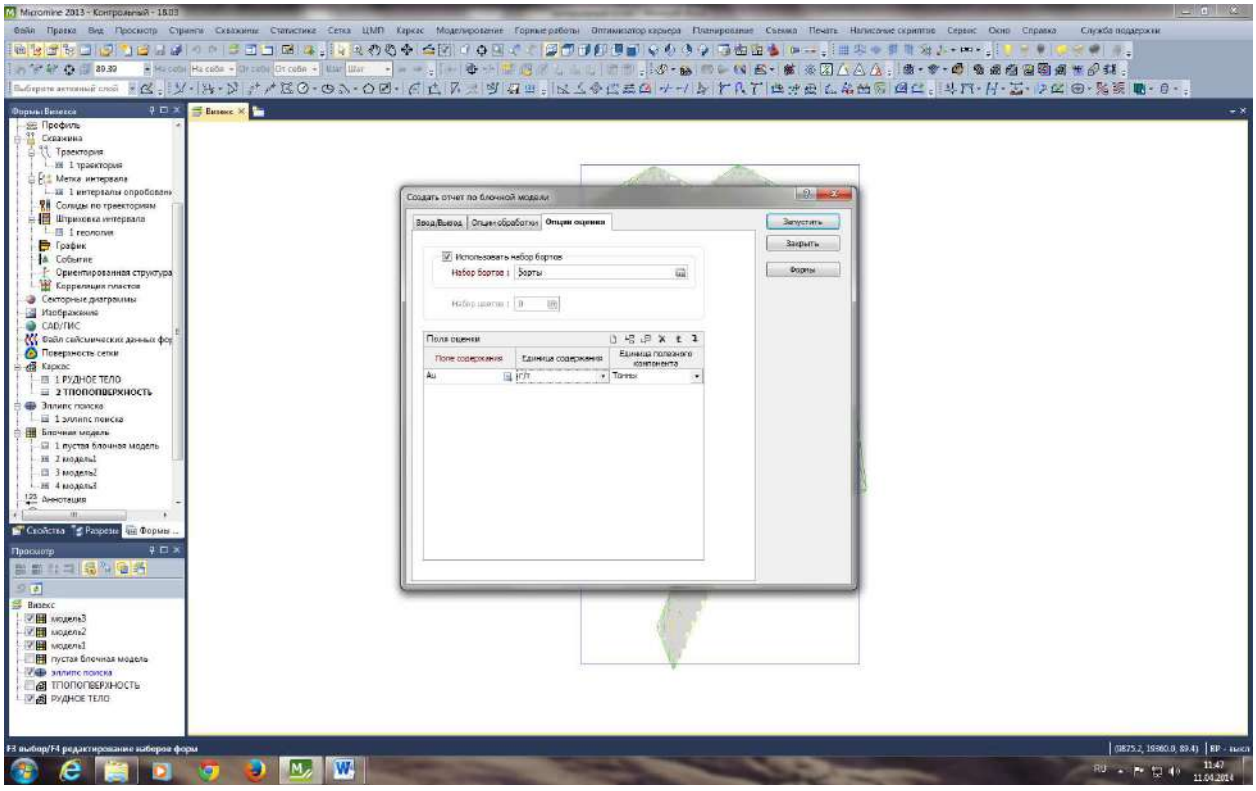


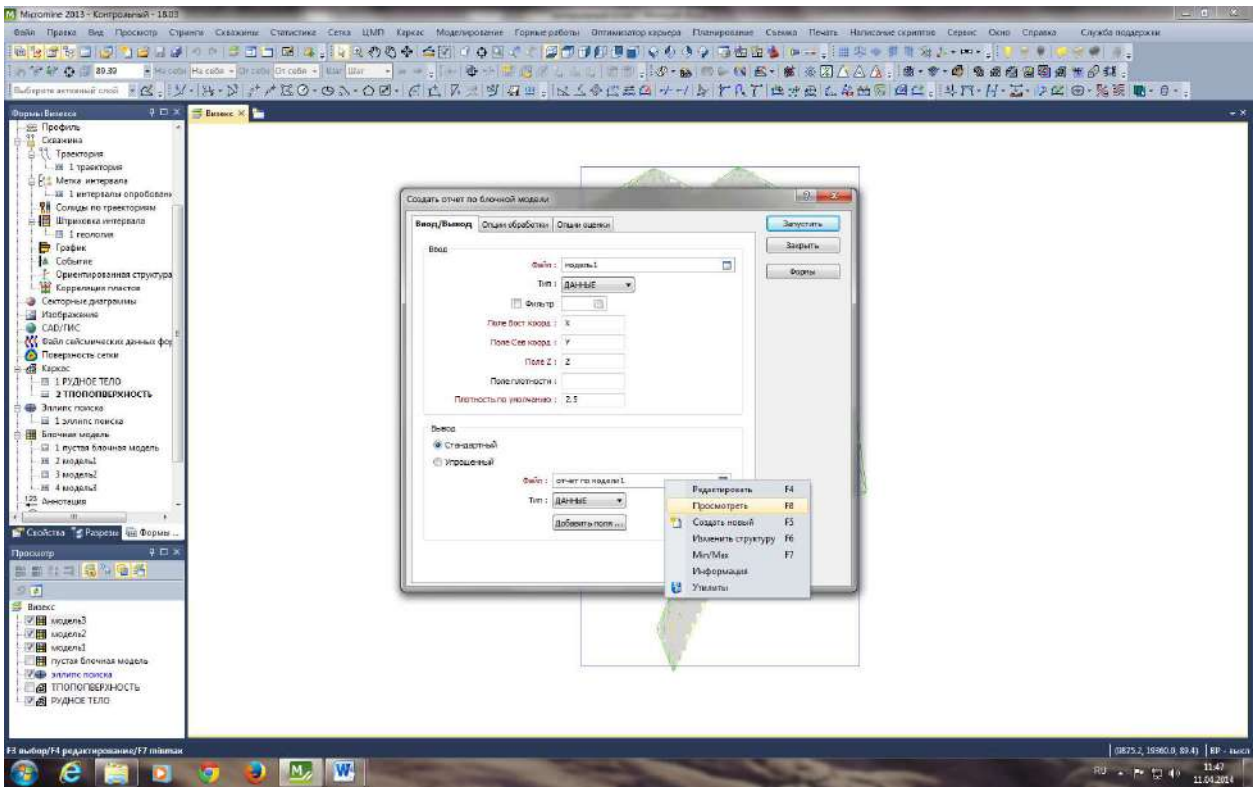
Создание отчета по блочной модели.


Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Отмена
Формы
Ввод
Файл :
Тип :
ДАННЫЕ
Фильтр
Поле Вост коорд :
Поле Сев коорд :
Поле Z :
Плотности :
Плотность по умолчанию :
2.5
Вывод
Стандартный
Упрощенный
Файл :
отчет по модели 1
Тип :
ДАННЫЕ
Добавить поля ...

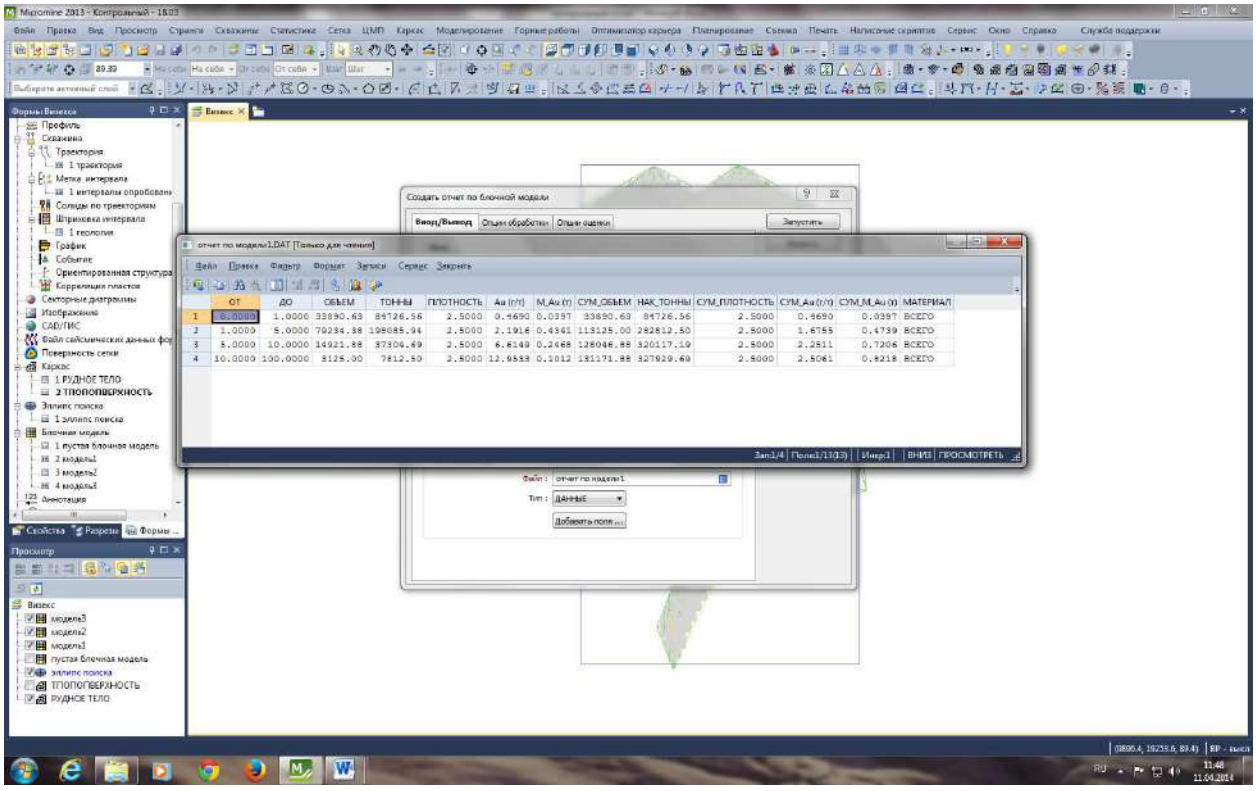

Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Отмена
Формы
Использовать набор бортов
Набор бортов :
Набор цветов :
Поля оценки
Поле содержания
Единица содержания
Единица полезного компонента
Не задано (т)


Создать отчет по блочной модели
Набор бортовых содержаний : борты
Порядок отчета :
ПО ВОЗРАСТАНИЮ
OK
Закрыть
Формы
Допускать отсутствующие интервалы
От
До
Вычислить
Интервалы бортовых содержаний должны быть указаны в
следующем порядке:


Создать отчет по блочной модели
Ввод/Вывод
Опции обработки
Опции оценки
Запустить
Закрыть
Формы
Использовать набор бортов
Набор бортов :
Борты
Поля оценки
Поле содержания
Единица содержания
Единица полезного компонента
Au
г/т
Тонны



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
ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ И
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Б1.Б.2.14 ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

для обучающихся по специальности:

21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1

Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
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.

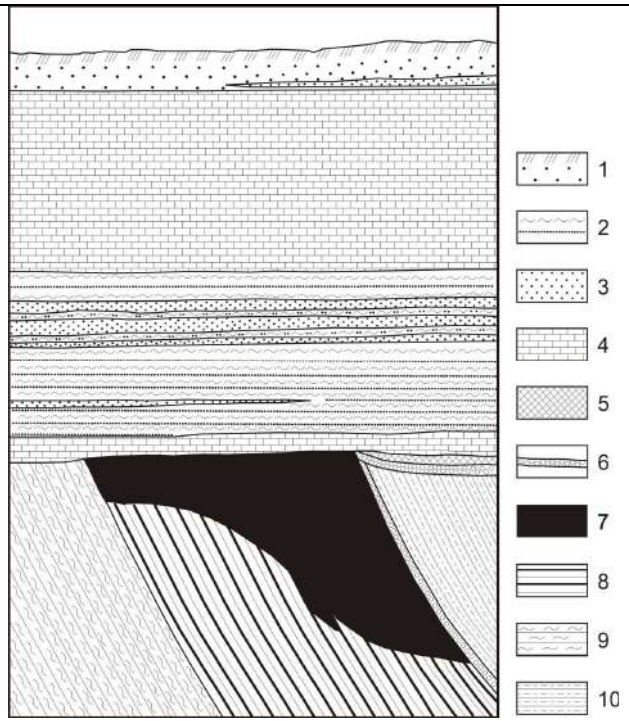
№пп	Название месторождения	Генетический класс	Извлекаемые ПИ	Масштаб месторождения	Разрез (план) месторождения	Форма рудных тел	Минеральный состав руд и вмещающих пород	Структуры и текстуры руд
1	КМА (Яковлевское)	Метаморфизованный	Fe	12 000 млн. т.	 1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 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.

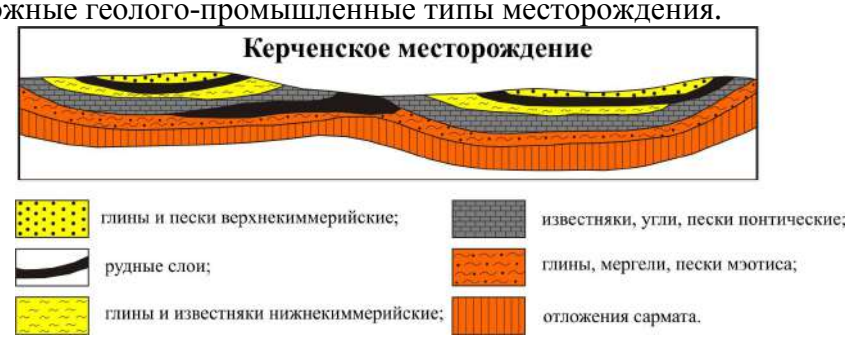
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МПИ» Часть 2

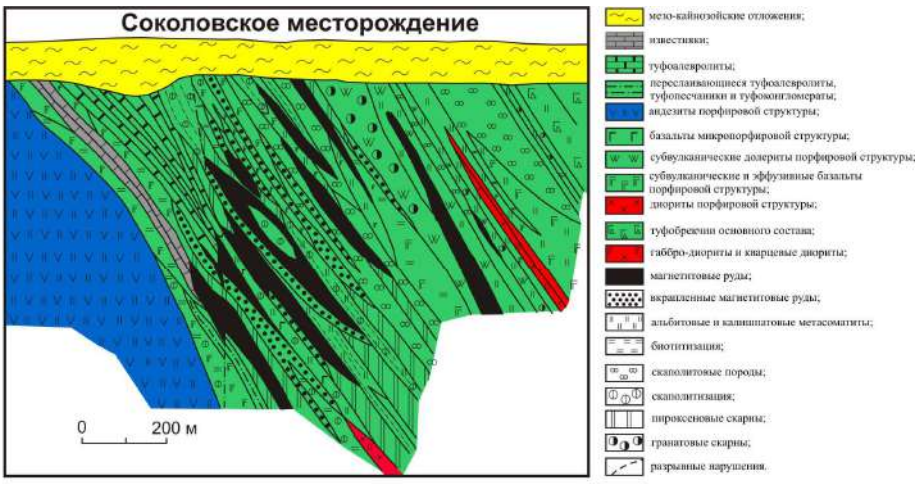
1. Промышленные типы месторождений строительных материалов. Применение. Деление на основные типы сырья по крупности материала и по использованию
2. Промышленные типы месторождений слюд. Области использования. Минеральный состав, кондиции, масштабы месторождений. Примеры.
3. Промышленные типы месторождений 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.

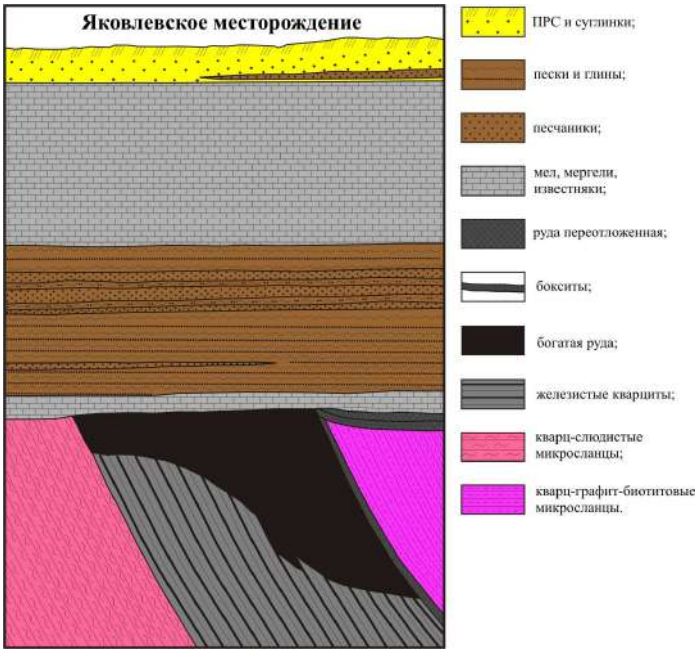
ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАНИЯ

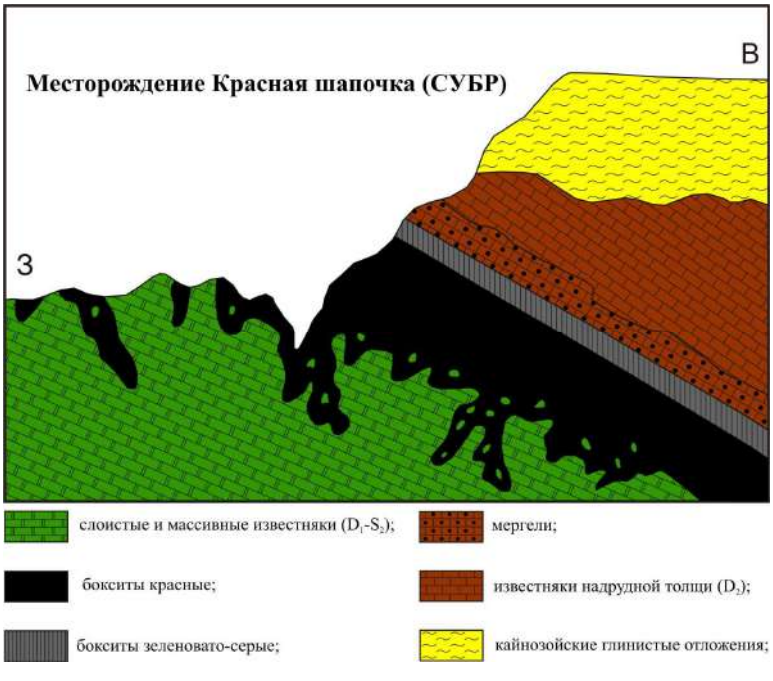
По строению геологического разреза месторождения полезных ископаемых определить возможные геолого-промышленные типы месторождения.

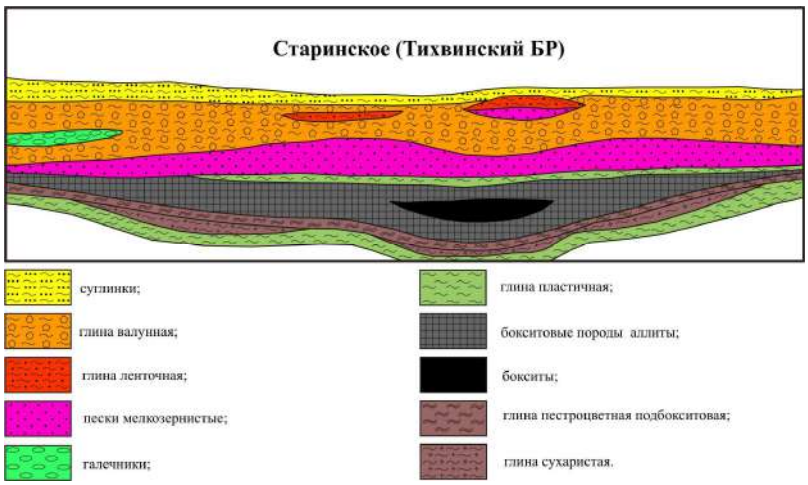



Соколовское месторождение
0
200 м
мело-кайнозойские отложения;
известняки;
туфоалевролиты;
переслаивающиеся туфоалевролиты, туфопесчаники и туфоконгломераты;
андезиты порфировой структуры;
базальты микропорфировой структуры;
субвулканические долериты порфировой структуры;
субвулканические и эффузивные 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
Проректор по учебно-методическому комплексу _____ С.А. Исаков

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

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 № 8 от 17.03.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

КРАТКАЯ МЕТОДИКА
составления курсовой работы
по теме ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ УРАЛА

1. **Задача курсовой работы.**
   Основной задачей курсовой работы 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 курсовой работе 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 курсовой работы.

На защите курсовой работы 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 курсовой работы.

Общая оценка складывается из оценки качества и полноты текста и геологической карты и оценки защиты работы.

6. Примерные темы курсовых работ:

Название курсовой работы
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 O-40-120 (Первоуральск)
Геологическое строение листа O-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. Исаков

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ «СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

ДЛЯСТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

21.05.02 «ПРИКЛАДНАЯ ГЕОЛОГИЯ»

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 № 8 от 17.03.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

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 в себя 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 пород и имеющих различный характер соотношения эндогенных и экзогенных рельефообразующих процессов.

Эндогенные рельефообразующие силы складчатого, дизъюнктивного, магматического типов реализуются 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. В связи 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 устойчивых и 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 и аккумулятивного 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 нижним частям 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 положитель-

ных формах рельефа. Более широкое распространение имеют делювиальные отложения по привершинным 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, на перигляциальных участках за пределами ледников формируются флювиогляциальные и зандровые аккумулятивные отложения.

Криогенный тип равнинного рельефа, помимо солифлюкционных аккумулятивных форм, в небольшом объеме представлен термокарстовыми и полигональными элементами рельефа, образование которых приурочено к участкам развития многолетнемерзлых аккумулятивных

отложений флювиального, озерно-речного, морского, гляциального и флювиогляциального происхождения.

Эоловый тип рельефа имеет ограниченное распространение и представлен песчаными аккумулятивными формами аридной климатической зоны. Положительные формы рельефа сложены барханами и продольно-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.

Коллювиальные отложения **(c)** представлены продуктами физического выветривания, смещенными по склону под действием гравитационных сил. Наиболее широкое распространение получили осыпи глыбово-щебенчатого материала на склонах с крутизной более 30°. Выделяются также крупноглыбовые и глыбовые обвальные накопления на склонах при угле более 40° и у подножий крутых склонов.

Солифлюкционные отложения **(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»).

Пролювиальные отложения **(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 три разновидности 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 потоков и ручьев при резком выполаживании продольных профилей водотоков в местах их выхода в основную речную долину или на предгорную равнину («сухие дельты»). Третья разновидность представляет собой пролювиальную пологонаклонную равнину, образовавшуюся за счет слияния конусов выноса в предгорных участках.

Аллювиальные отложения **(а)** имеют широкое распространение и присутствуют практически на всех аэрофотоснимках. Из всей группы 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 по отсутствию 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, вследствие широкого развития 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 однородным фототоном, наличием бровки и тылового шва, в цоколе эрозионно-аккумулятивных террас выходят коренные дочетвертичные 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

дешифрируются по характерному извилистому полосчатому фоторисунку и однородному светлому фототону слагающих их песчаных отложений.

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. Выходы дочетвертичных 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 1:10 000 – 1:43 000. В комплекте имеются 2 или 3 снимка, составляющие стереопары или стереотройки на определенную площадь. Два смежных снимка дают возможность получе-

ния 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 1 000 (например, 1:17 000, 1:23 000 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.

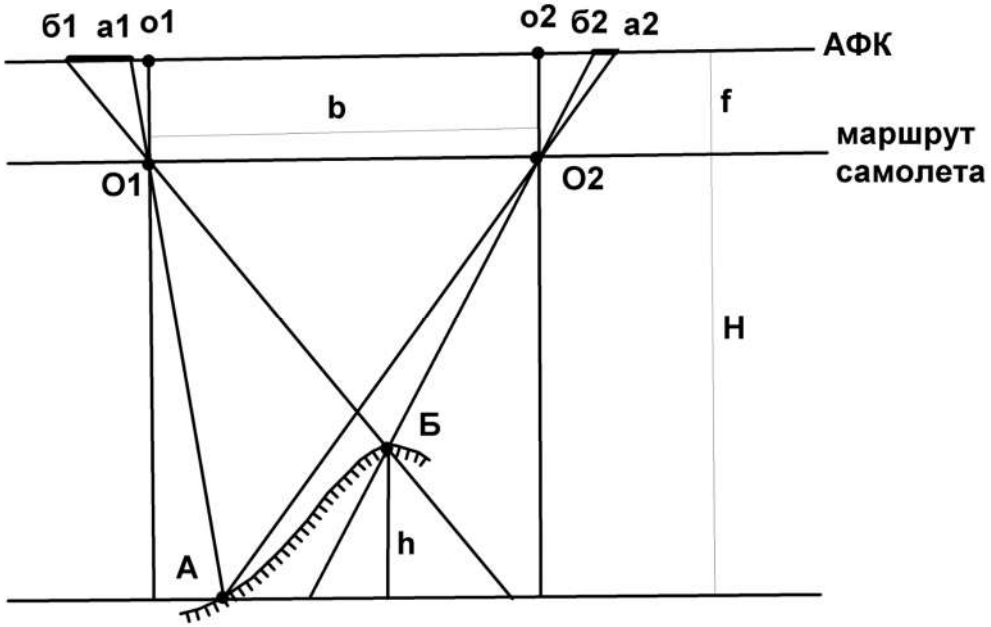


Рис. 1. Основные параметры при фотографировании рельефа:
А, Б – нижняя и верхняя точки участка рельефа (склон горы);
АФК – условное положение плоскости фотографии аэрофотокамеры;
h – относительное превышение точки Б над точкой А;
О1, О2 – центры фотографирования для стереопары снимков на линии маршрута 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

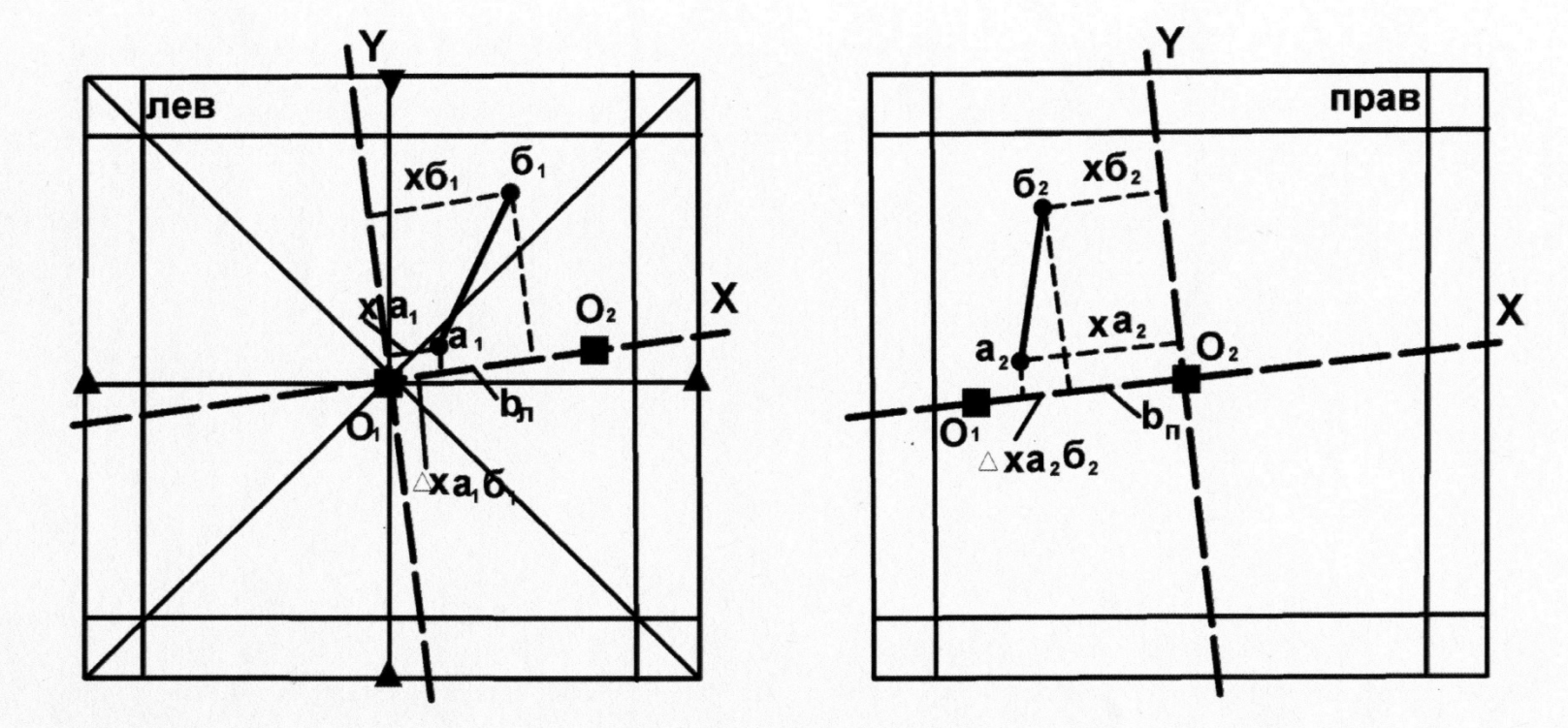


Рис. 2. Определение координат (**ха, хб**) и разностей координат (**Δх**) точек **а** и **б** на левом (**лев**) и правом (**прав**) снимках стереопары:

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 собой проекцию 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 аб и 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 непосред-

ственно 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).

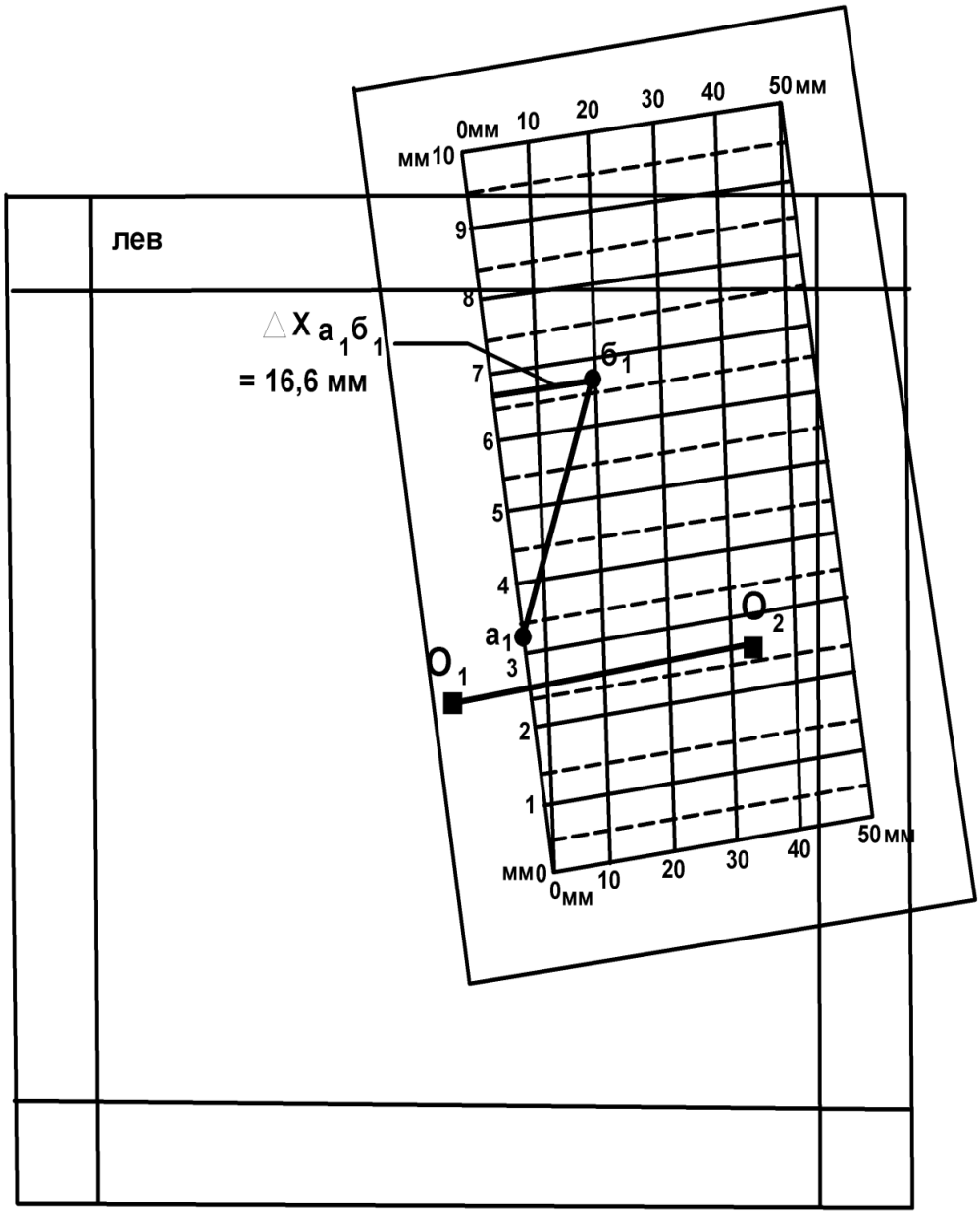


Рис. 3. Определение разности координат точек а и б
с помощью палетки геолога-дешифровщика ($\Delta x a_1 б_1$ = 16,6 мм)

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 $\Delta x_{а1б1}$ 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 $\Delta x_{а1б1} = 10 + 6 + 0{,}6 = 16{,}6$ мм. Аналогично выполняется измерение $\Delta x_{а2б2}$ на правом снимке.

После определения разностей координат пары точек на обоих снимках рассчитывается разность продольных параллаксов **(**Δp**)** этих точек, мм: $\Delta p_{аб} = \Delta x_{а1б1} - \Delta x_{а2б2}$.

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. В таблицу

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 величина Δx принимается с отрицательным знаком (см. рис. 4, таблицу, –Δx 3-4, –Δx 4-5).

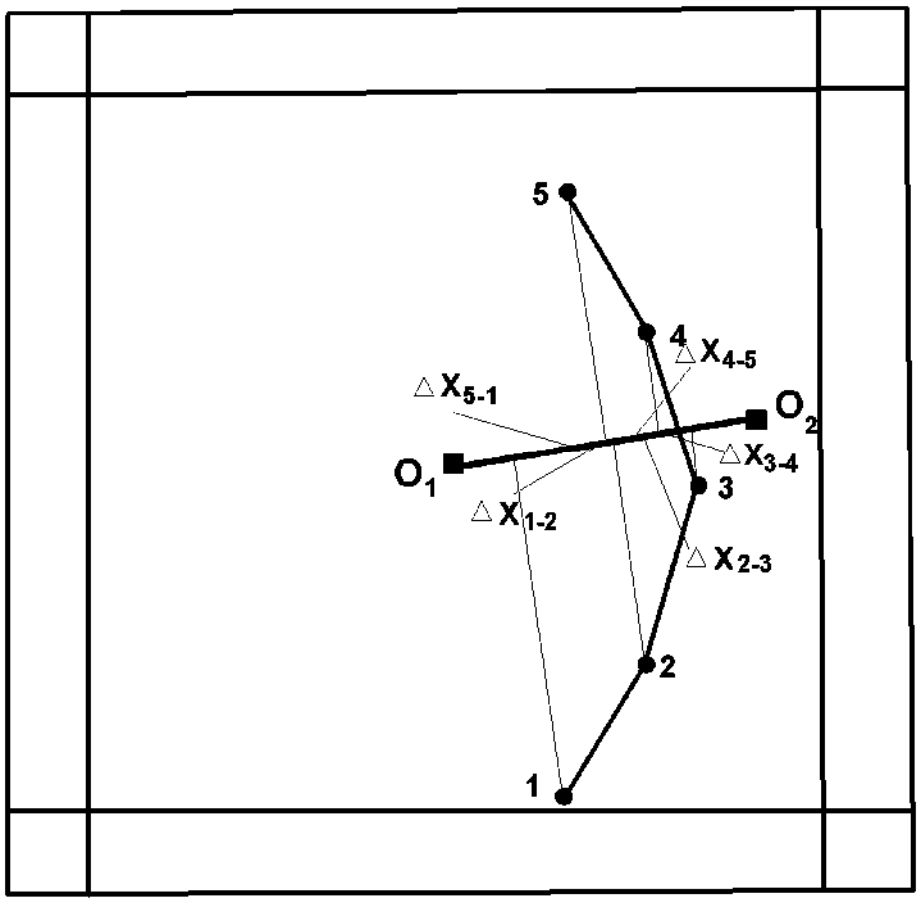


Рис. 4. Определение разностей координат (Δx) пар точек рельефа в проекции на ось X по профилю 1-5 (см. таблицу)

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 Δx с 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 Δh заносятся 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 Δh между точками замера.

6. ***Построение линии профиля.*** На основе вычисленных относительных превышений точек рельефа отстраивается линия рельефа по 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 (1:20 000, 1:10 000, 1:5 000 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 АФС вертикальный масштаб принимается одинаковым с горизонтальным.

Мощность рыхлых отложений по разрезу принимается 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 выделяются и 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 коренных дочетвертичных 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 (приложение 3), геоморфологический разрез, таблицу с результатами измерительного дешифрирования. Размещение этой информации и оформление карты показано в приложении 1.

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}). Дочетвертичные породы 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., Бутин В. В., Севальнева Н. М. Геоморфология с основами 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

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по образовательному комплексу
_____ С.А. Упоров

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.02 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1:
Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Устьянцева Н.В., Коророва Е.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 № 7 от 05.03.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

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 «Основы палеонтологии, общая стратиграфия». 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

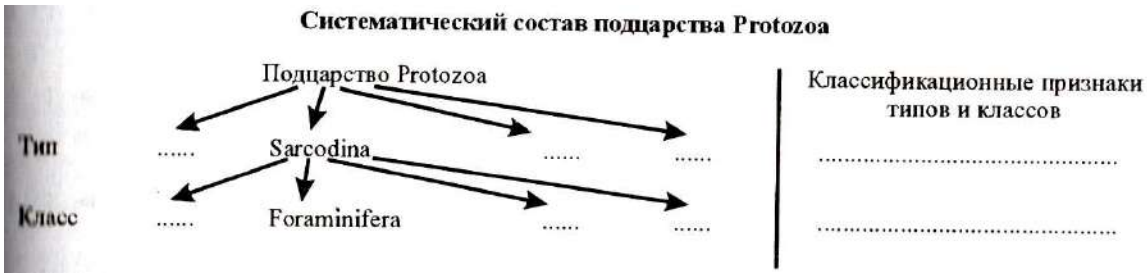
Тема 1: Основы палеонтологии. [1,3]

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 нефти и газа / Н.В. Устьянцева, Е.В. Коровова. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 11 с.

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.В.02 ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 3:
Геология нефти и газа

форма обучения: очная

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 № 7 от 05.03.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(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;

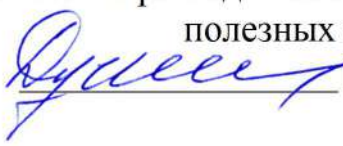
- если правильно определена систематическая принадлежность четырех образцов из пяти; дано полное описание морфологического строения; имеется вывод по работе или его нет, материал изложен профессиональным языком;

- 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
Заведующий кафедрой геологии,
поисков и разведки месторождений
полезных ископаемых

В.А. Душин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.03 Основы учения о полезных ископаемых

Для обучающихся специальности
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020 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»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.04 РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ, ГЕОТЕКТОНИКА И ГЕОДИНАМИКА

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

Авторы: Контарь Е. С., д.г-м.н.; 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 № 8 от 17.03.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Введение

Самостоятельная работа студента является важнейшей составной частью образовательной программы подготовки дипломированного специалиста. По курсу «Региональная геология, геотектоника и геодинамика» 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 результатам современных региональных, геотектонических и 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 «Региональная геология, геотектоника и геодинамика». 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, 2, 5, 6]. Для углубленного освоения темы рекомендуется дополнительная литература [3, 4, 7, 8]. 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, 5, 6] 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, объекты, цели и задачи региональной геологии. [1, 2]

Предмет, объекты, цели и задачи региональной геологии. Взаимоотношения с другими геологическими направлениями. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных работ

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Что изучает региональная геология?
2. Как соотносится региональная геология с другими геологическими направлениями?

Тема 2: Тектоническое и гидрогеологическое районирование территории Российской Федерации. [1, 2]

Принципы и задачи тектонического и гидрогеологического районирования территории Российской Федерации. Понятия об основных структурах континентальной земной коры (платформы, складчатые области и их элементы строения). Основные признаки тектонических комплексов, соответствующих им режимов и их минерагенические особенности. Тектонические режимы: геосинклинальный, орогенный, платформенный, индикаторные геологические формации, основные полезные ископаемые. Тектоническое и гидрогеологическое районирование территории Российской Федерации. Соотношение тектонических и гидрогеологических структурных элементов.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Какие основные принципы положены в основу тектонического районирования?
2. Какие крупные области выделяются при тектоническом районировании России?
3. Назовите основные структуры континентальной земной коры.
4. Основные положения тектоники литосферных плит?

Тема 3: Древние платформы. [1, 2]

Общая характеристика древних платформ. Восточно-Европейская древняя платформа: районирование, основные особенности строения фундамента, чехла, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Сибирская древняя платформа: районирование основные особенности строения фундамента, чехла, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Границы и основные структурные элементы Восточно-Европейской платформы?
2. Этапы формирования фундамента Восточно-Европейской платформы, характерные черты каждого из них
3. Какие полезные ископаемые связаны с фундаментом и осадочным чехлом Восточно-Европейской платформы?
4. Границы и основные структурные элементы Сибирской платформы?
5. Формирование фундамента сибирской платфомы.

6. Найдите на геологической карте, какие структуры образовали Лено-Тунгусскую, Алдано-Анабарскую и Юдомо-Оленекскую формационные зоны венда.

7. Рассмотрите структурный план Сибирской платформы в девоне, карбоне, перми и триасе.

Тема 4: Складчатые пояса России. [1, 2]

Общая характеристика складчатых поясов России. Урало-Монгольский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Средиземноморский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых. Тихоокеанский складчатый пояс: районирование, основные черты строения, типы и условия размещения месторождений полезных ископаемых.

Дополнительная литература: [3, 4].

Контрольные вопросы и упражнения:

1. Границы и основные тектонические структуры Урало-Новоземельской складчатой области.

2. Развитие Урало-Монгольского складчатого пояса в палеозое?

3. Покажите на геологической карте основные структуры Южного Тянь-Шаня.

4. Какие основные этапы можно выделить в развитии Казахско-Киргизской складчатой области?

5. Полезные ископаемые Алтае-Саянской складчатой области.

Тема 5. Предмет, объект и структура геотектоники. Основные геотектонические гипотезы. [6, 7]

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: [8, 9].

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 6.Тектонические движения и методы их изучения. [6, 7]

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: [8, 9].

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 7. Геотектоническая таксономия. [6, 7]

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: [8, 9].

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 8: Геологические тела и структуры как критериальные признаки геотектонических обстановок. [6, 7]

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: [8, 9].

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 9: Геотектонические обстановки формирования структур тектоносферы. Геотектоническое районирование. Геотектонические карты. [6, 7]

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: [8, 8].

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 зачету по курсу
«Региональная геология, 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.

Вопросы к экзамену по курсу «Региональная геология, геотектоника и геодинамика»

1. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (юрско-меловой комплекс и кайнозойские отложения).

2. Полезные ископаемые Сихотэ-Алинской области.

3.Основные черты строения чехла Сибирской платформы (среднекаменноугольно-среднетриасовый комплекс, пермо-триасовый трапповый и триасовый ультраосновной магматизм).

4. Полезные ископаемые Байкальской горной области

5. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (ордовикско-силурийский и девонско-нижнекаменноугольный комплексы).

6. Полезные ископаемые Саяно-Енисейской области.

7. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы

8. (мезозойско-кайнозойский комплекс).

9. Главнейшие угленосные бассейны Сибирской платформы.

10. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы

11. (средне-верхнепалеозойский комплекс).

12. Нефтегазоносные провинции Сибирской платформы.

13. Основные черты строения Восточно-Европейской платформы (нижнепалеозойский комплекс).

14. Главнейшие нефтегазоносные провинции Восточно-Европейской платформы

15. Основные черты строения Олюторско-Камчатской складчатой и Курильской геосинклинальной систем.

16. Основные черты строения восточных зон Урала.

17. Полезные ископаемые Верхоянско-Чукотской области.

18. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Тихоокеанского пояса.

19. Полезные ископаемые Большого Кавказа.

20. Структурно-тектоническое районирование и основные черты строения Средиземноморского пояса (в пределах территории России).

21. Основные черты строения осевой зоны и западного склона Урала.

22. Полезные ископаемые восточных структур Урала

23. Структурно-тектоническое районирование Урало-Монгольского пояса.

24. Полезные ископаемые структур осевой зоны и западного склона Урала

25. Структурно-тектоническое районирование Урала.

26. Полезные ископаемые Западно-Сибирской плиты

27. Основные черты строения чехла Сибирской платформы (рифейский и вендкембрийский комплексы)

28. Основные черты строения фундамента Сибирской платформы.

29. Полезные ископаемые Восточно-Магнитогорского пояса.

30. Основные черты строения Западно-Сибирской плиты.

31. Полезные ископаемые Тагильского пояса

32. Строение чехла Восточно-Европейской платформы (рифейский и вендкембрийский комплексы).

33. Основные черты строения фундамента Восточно-Европейской платформы.

34. Полезные ископаемые чехла Сибирской платформы.

35. Основные признаки тектонических комплексов и соответствующих им режимов.

36. Полезные ископаемые фундамента Восточно-Европейской платформы.

37. Основные черты тектонического районирования территории Российской Федерации.

38. Предмет региональной геологии. Объекты региональной геологии. Организационное и научно-методическое обеспечение региональных геологоразведочных работ.

Рекомендуемая литература

1 Контарь Е.С. Региональная геология: учебное пособие / Е. С. Контарь ; Министерство науки и высшего образования РФ, Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 126 с.

2 Короновский Н.В. Геология России и сопредельных территорий : учебник / Н. В. Короновский. - Москва : Академия, 2011. - 240 с.

3. Цейслер В.М. и др. Основы региональной геологии СССР : учебник / В. М. Цейслер [и др.]. - Москва : Недра, 1984. - 358 с.

4. Горная энциклопедия : в 5-ти т. - Москва : Советская энциклопедия, 1984 - 1991. Т. 1 : Аа - лава - Геосистема / гл. ред. Е. А. Козловский [и др.]. - 1984. - 560 с.

5 Бабенко В.В. Геотектоника, геодинамика и металлогения: учебник / В. В. Бабенко; Уральский государственный горный университет. - Екатеринбург: УГГУ, 2009. 734 с.

6 Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: Изд. КДУ, 2005.

7 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 с. — 978-5-86813-290-2. — Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/17904.html

8. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. - М.: Недра,1985.

9. Региональная геология, геотектоника и геодинамика: программа дисциплины для студентов специальности 21.05.02 Прикладная геология специализация № 3 Геология нефти и газа / Е.С. Контарь, А.Ю. Кисин. Екатеринбург: УГГУ, 2019. 15 с.

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.В.05 КРИСТАЛЛОГРАФИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ

Специальность 21.05.02 «Прикладная геология»

Специализация №1
Геологическая съемка, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых

Автор: Суставов С.Г., доцент, канд. г.-м. наук

Одобрены на заседании кафедры
Минералогии, петрографии и геохимии

Протокол № 4 от 17.03.2020г.

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.

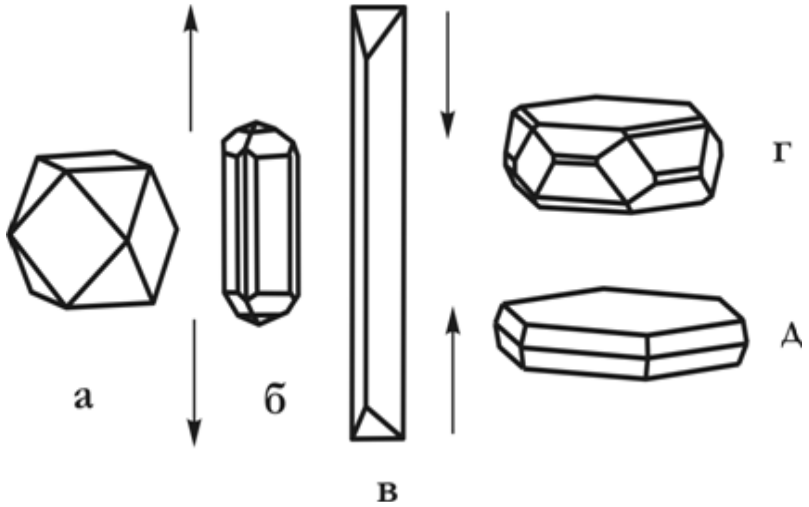


Рис. 1. Типы облика кристаллов.
а-изометричный, б-короткопризматический, в-длиннопризматический, г-таблитчатый, д-пластинчатый

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.

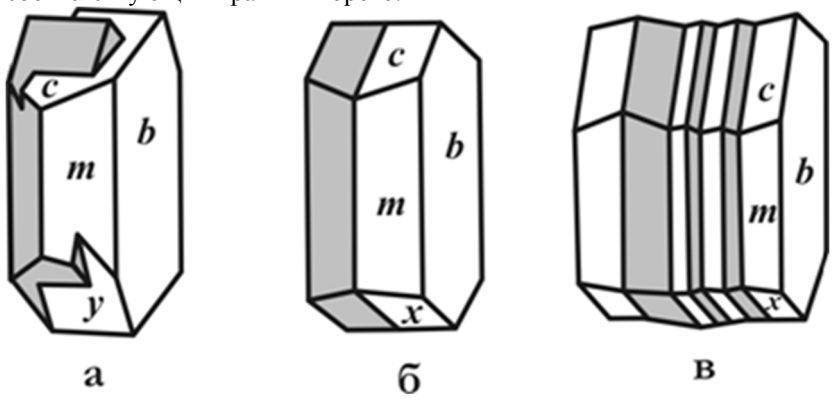


Рис.2. Виды двойниковых срастаний.
а-двойник прорастания, б-двойник срастания,
в-полисинтетический двойник

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).

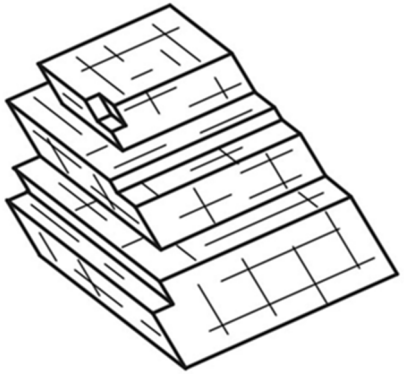


Рис. 3. Совершенная спайность в кальците

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

Продолжение таблицы 1

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, халькопи-рит, пентландит, магнетит	Медно-никелевые сульфидные руды, россыпи
*Осмий Os (иридосмин, сысерскит)	Гексагональ-ная, Пластинчатые и боченковид-ные 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	Сперри-лит, платина	Иридосмин, хромит, магнетит, платиноиды	Ультраоснов-ные платиноносные массивы, россыпи
			1. 2 Цвет жел				**тый, красный**		
* Медь Cu	Кубическая, {100}, {111}, (110); дендриты, проволочки	Отсутст-вует. Крючко-ватый	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	Аурикуп-рид	Халькозин, куприт, кальцит, гетит, атакамит	Гидротермаль-ная 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	Изоферроплатина, 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						
X 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
X 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
X 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**				
X 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
X 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
X 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
Х 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
Х 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	Пустит	Галенит, серебро, пустит, аргентит	В карбонатно-кварцевых жилах
Х 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	Гексагоальная, 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	Кассите-рит, 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	Кассите-рит, 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 черты, или несколько темнее									
* 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

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 вершенный 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 тонкоче-шуйчатые 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. Зеленовато-серая	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-коричневый, коричневый до зелено-вато-черного. Серо-зеленая	5-6		В кислотах не раствор. Цвет, ассоциация и оптические константы	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	Темно-зеленый, серовато-чер-ный, томпаково-бурый. Серая, коричневато-серая	5-6		Частично раствор. в HCl. Сплавляется в черную эмаль Форма зерен, угол между плоскостями спайности	Энстатит, бронзит	Авгит, салит, плагиоклаз, гастингсит, магнетит, биотит	Породообразующий минерал магматических и метамофических пород

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
Х 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 Чертвертая 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, призматический, 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	Термонатрит, трона	Термонатрит, 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	Монтморилонит, сапонит	Каолинит, монтморилонит, галлуазит, кварц, полевые шпаты	В коре выветривания основных вул-анических пород, в продуктах гидротермального изменения рудных м-ний
* Нашатырь $NH_4)$ Cl	Кубическая, тетрагонтриоктаэдрический {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	Буссенготит, масканьит, копейскит, аммониоярозит, сильвин	В отложениях фумарол и продуктах горения угольных терриконов
Бишофит $MgCl_2 \times 6H_2O$	Моноклинная, призматический, 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 агреганы, 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 мета-морфические 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	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
X 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, грейзе-нов, гнейсов и жил альпий-ского типа
Эвдиалит $Na_4(Ca,Ce)_2 \times \times FeZr[Si_8O_{22}] \times \times (OH, Cl)_2$	Тригональная, ромбоэдричес-кий, таблитчатый, зернистый	Неровный, раковистый	Красный, малиново-красный, вишнево-красный	5,0-5,5		Раствор. в HCl с выд. студенистого	Гранаты	Апатит, био-тит, магне-тит, титанит, эгирин, поле-вые шпаты	Нефелиновые сиениты и их пегматиты
* Натролит O	Ромбическая, призматичес-кие до игольча-тых кристаллы; шестоватые,ра-диально лучис-тые 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	Постмагмати-ческий минерал щелочных по-род, их пегмати-тов; гидротер-мальный в жи-лах и миндали-нах эффузивов
Гаюин $Na_6Ca_2[SiO_4]_6 \times \times (SO)_2$	Кубическая, додэкаэдричес кий, октаэдрически й, 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 вулканичес-ких щелочных породах
* Титанит (сфен) O	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 ми-нерал щелочных пород и грани-тов; встречается в скарнах, гней-сах, жилах аль-пийского 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
X Поллуцит O	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 ×[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 {1011} и {11$\bar{2}$0} 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 $\bar{2}0\}$ 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 $\bar{2}0\}$	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	Альманди-н, 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-методической работе
_____ Е. У. Горев

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	Рассмотрено методической комиссией
Минералогии, петрографии и геохимии	Факультета геологии и геофизики
(название кафедры)	*(название факультета)*
Зав. кафедрой _____	Председатель _____
(подпись)	*(подпись)*
Коротеев В.А.	Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)	*(Фамилия И.О.)*
Протокол № 4 от 17.03.2020	Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)	*(Дата)*

Екатеринбург
2020

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.

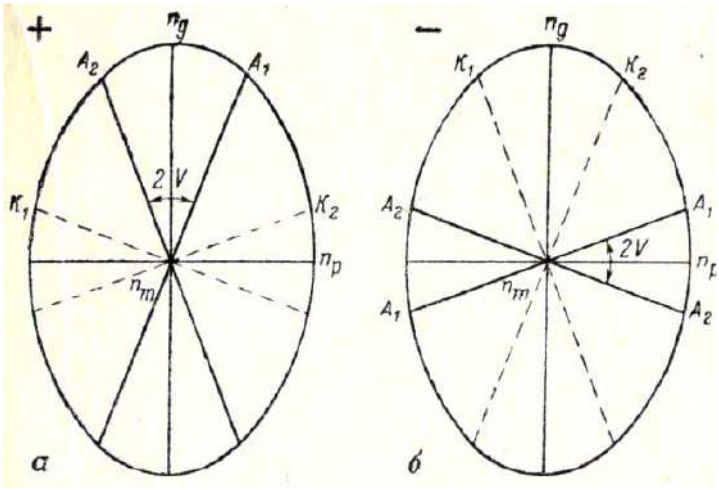


Рис. 1. Разрез индикатрисы оптически положительного (*а*) и оптически отрицательного (*б*) кристаллов; A_1 и A_2 – оптические оси, K_1 и K_2 – соответствующие им круговые сечения

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.

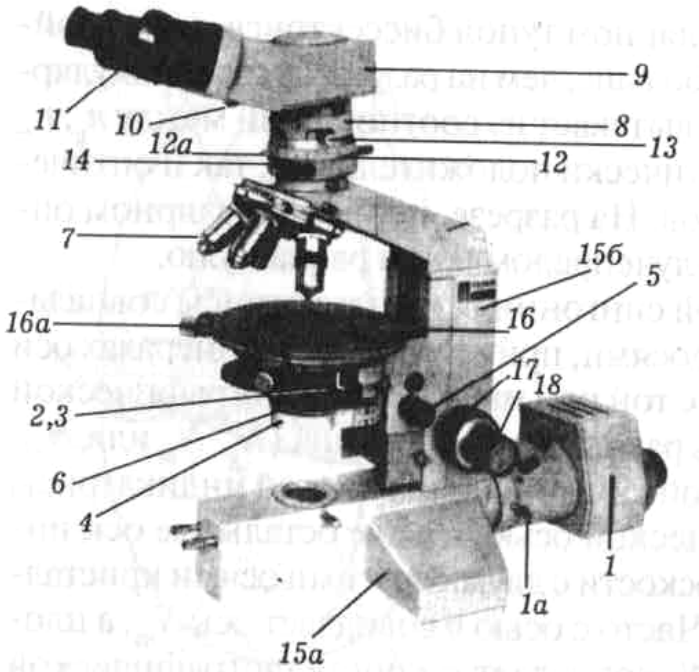


Рис. 2. Схема устройства поляризационного микроскопа серии Полам (объяснения в тексте)

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 ослаблении 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.

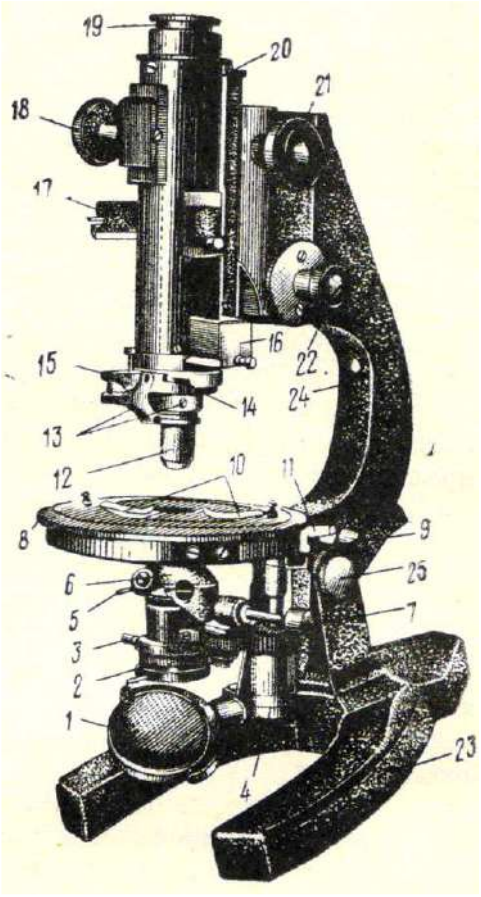


Рис. 3. Поляризационный микроскоп МП-6:
1 – осветительное зеркало; 2 – поляризатор; 3 – стопорный винт поляризатора; 4 – винт подъема поляризатора; 5 – рукоятка диафрагмы; 6 – линза Лазо; 7 – рукоятка линзы Лазо; 8 – предметный столик; 9 – стопорный винт столика; 10 – зажимы для крепления шлифа; 11 – 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 нониусов *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

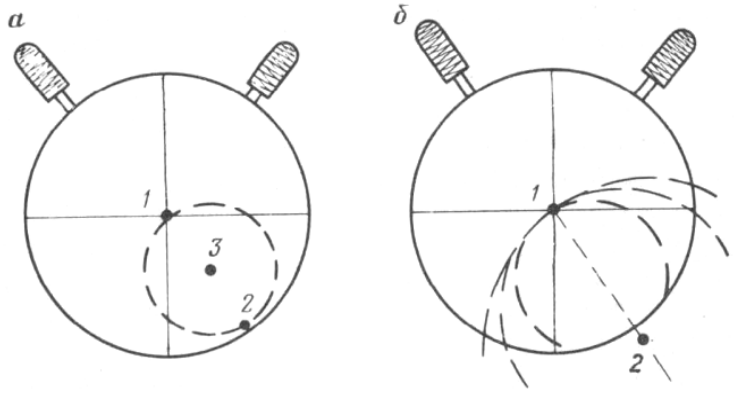


Рис. 4. Схема центрировки

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.

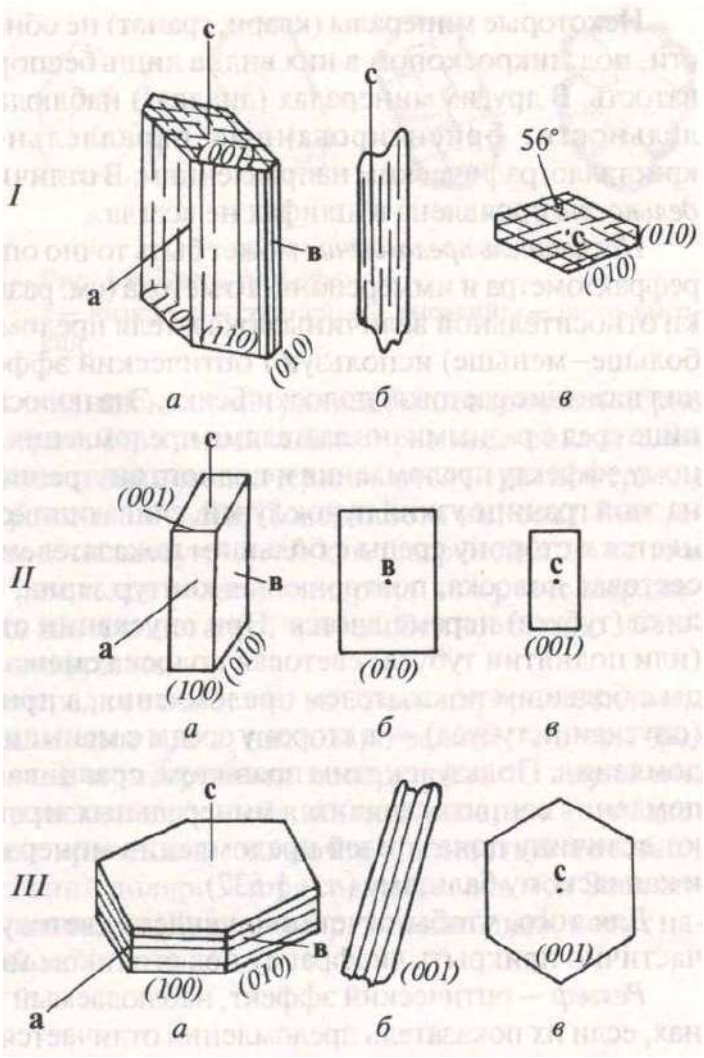


Рис. 5. Кристаллы призматической (*I*), таблитчатой (*II*) и пластинчатой (*III*) формы:
а – объемная форма кристаллов;
б, *в* – разрезы:
б – продольные,
в - поперечные

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.

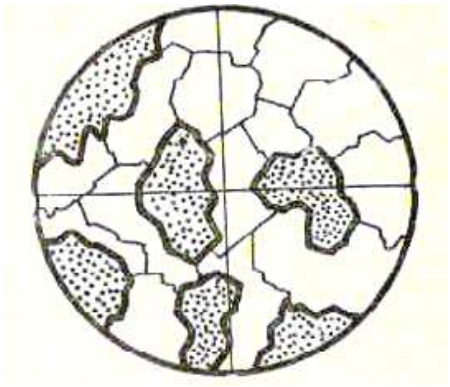


Рис. 6. Резкие ограничения и шагреневая поверхность у минералов с высоким показателем преломления

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.

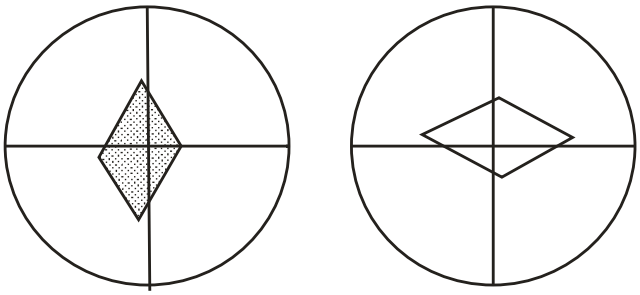


Рис. 7. Явление псевдоабсорбции

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.

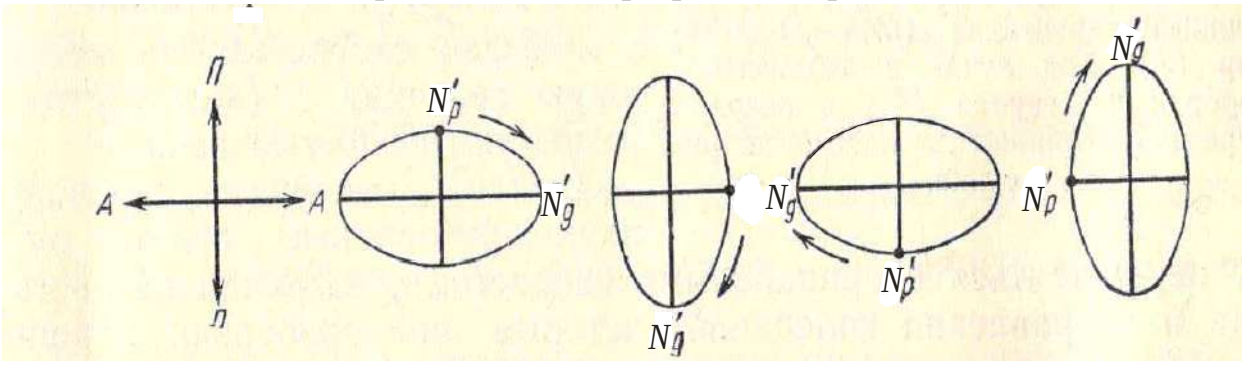


Рис. 8. Четырехкратное угасание минерала в анизотропном сечении при повороте столика микроскопа на 360 ° (*П*, *А* – плоскости колебаний света в поляризаторе и анализаторе)

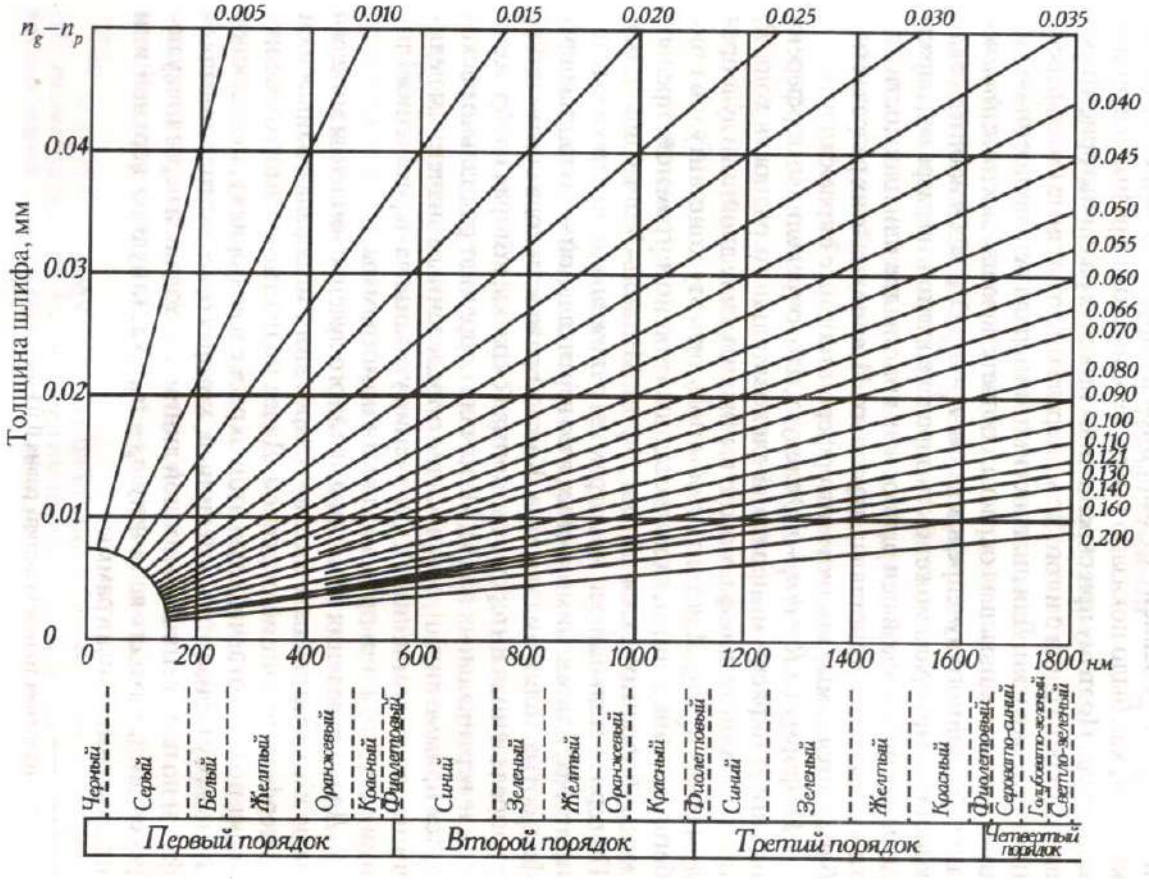


Рис. 9. Номограмма Мишель-Леви. Внизу – цвета интерференционной окраски и соответствующие им значения разности хода *R* (в нанометрах). Объяснения в тексте.

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,

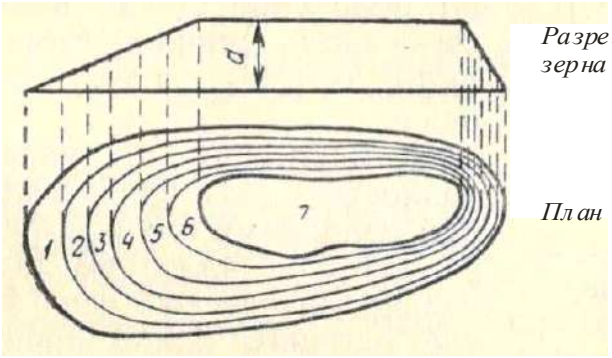


Рис. 10. Образование цветных каемок в краевых скошенных на клин частях зерна: 1 – серый *I*; 2 – белый *I*; 3 – желтый *I*; 4-красный *I*; 5-синий *II*; 6-зеленый *II*; 7 – желтый *II* (*I, II* – порядок интерференционной окраски)

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.

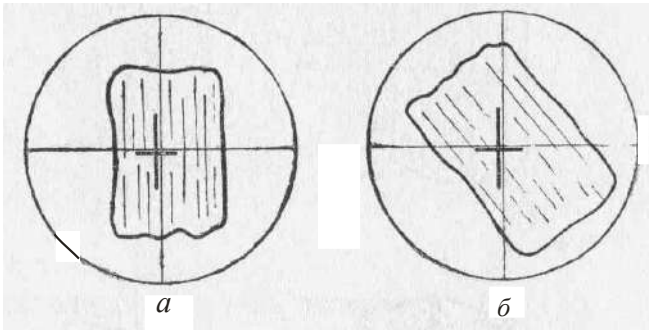


Рис. 11. Характер угасания минерала:
а – прямое, б – косое (минерал зарисован в положении угасания, черные линии в центре – оси оптической индикатрисы зерна)

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.

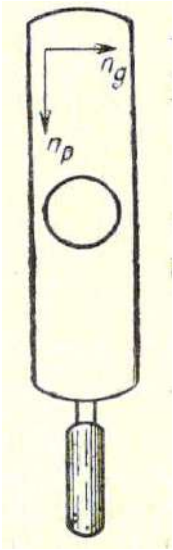


Рис. 12 . Компенсатор

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

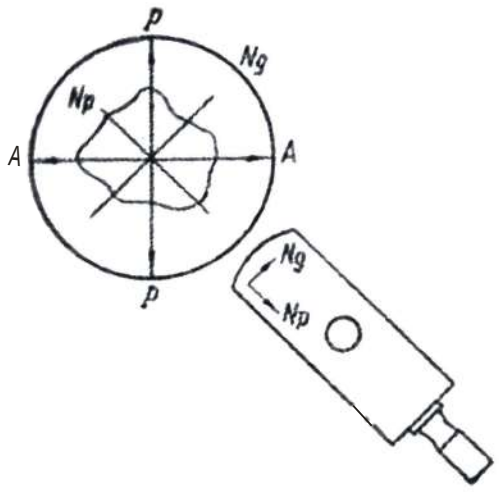


Рис. 13. Совпадение одноименных осей индикатрисы

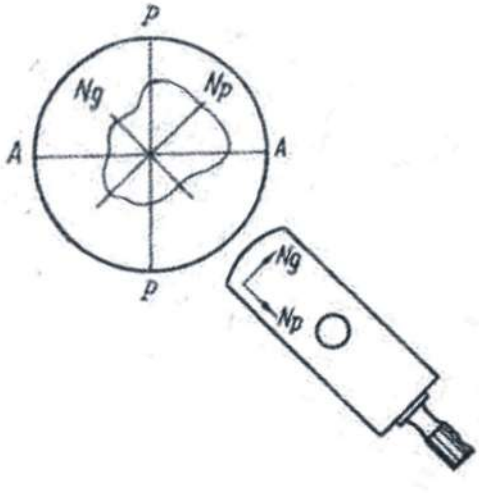


Рис. 14. Совпадение разноименных осей индикатрисы

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

.

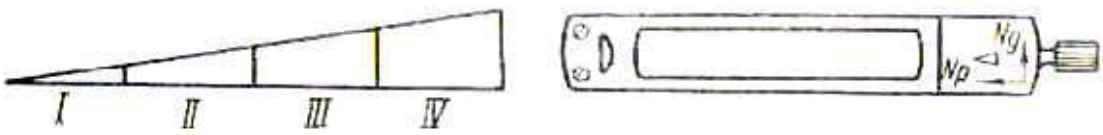


Рис. 15 . Кварцевый клин

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.

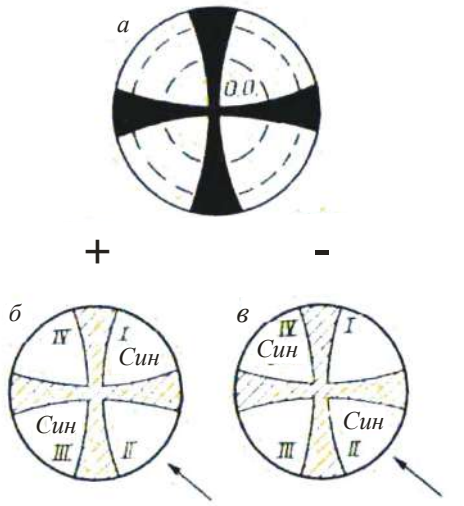


Рис. 16. Коноскопическая фигура одноосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (*а*), и определение оптического знака в этом разрезе с помощью компенсатора (*б*, *в*)

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

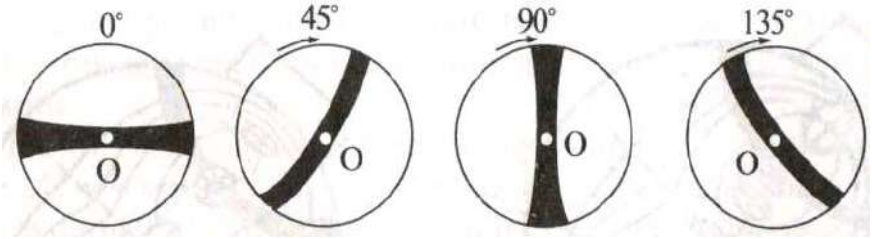


Рис.18. Коноскопическая фигура двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (О), и ее поведение при вращении столика микроскопа (показано стрелками)

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).

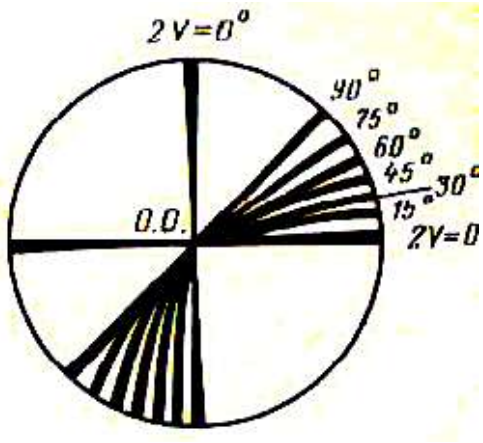


Рис.19 . Диаграмма для приближенной оценки величины угла *2V* в разрезе, перпендикулярном оптической оси

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.

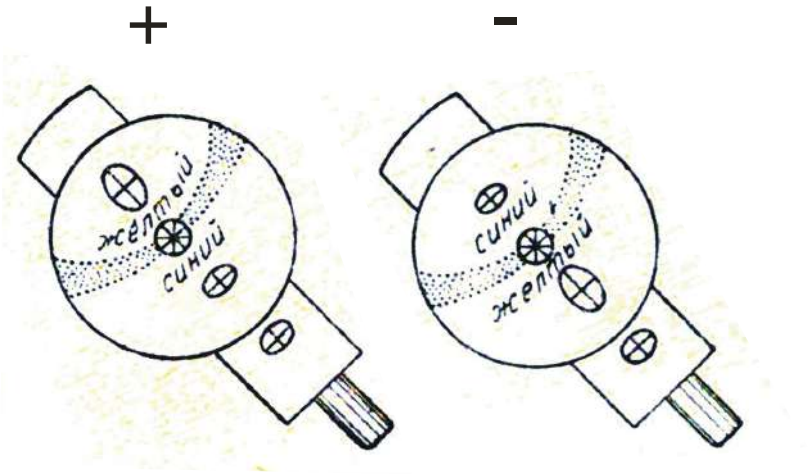


Рис. 20. Определение оптического знака двуосного кристалла в разрезе, перпендикулярном оптической оси (рисунок с введенным компенсатором)

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).

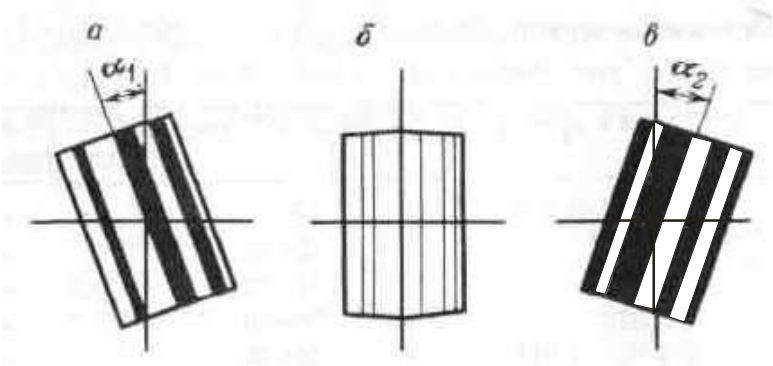


Рис. 21. Зерно плагиоклаза с симметричным угасанием альбитовых двойников:
а, *в* – моменты угасания первой (*а*) и второй (*в*) систем двойников;
б – при совпадении двойникового шва с вертикальной нитью окуляра
(двойниковые полоски имеют одинаковую интерференционную окраску)

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).

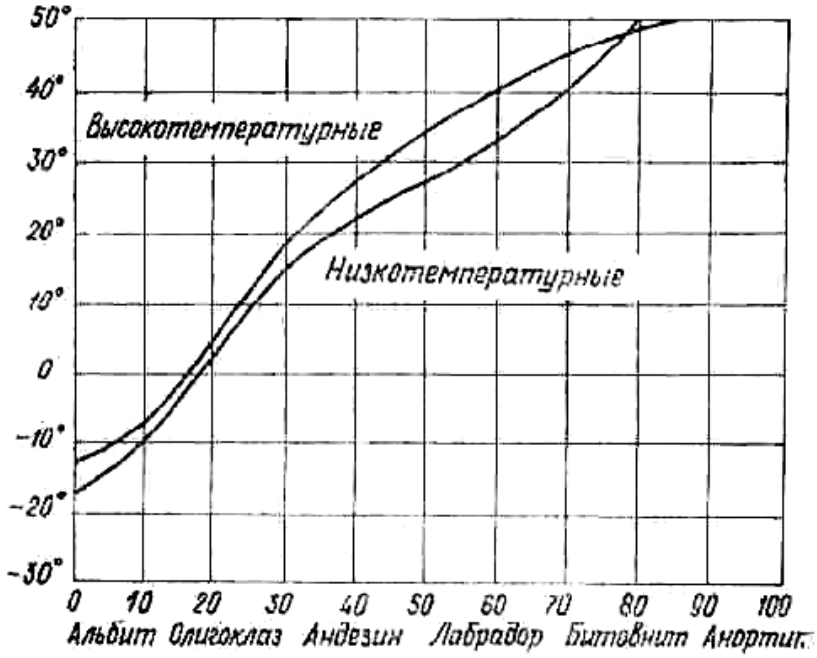


Рис. 22. Диаграмма для определения состава плагиоклазов методом Мишель-Леви (методом максимального симметричного угасания)

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.

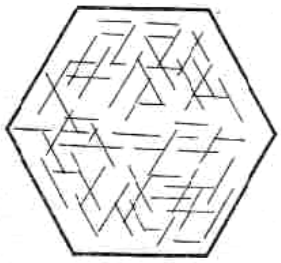


Рис. 23. Сагенит – тонкие иголки рутила, образующие сетку в хлорите, заместившем биотит

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 $\square Ca_2Mg_5(Si_8O_{22})(OH)_2$ - ферроактинолит $\square Ca_2Fe_5(Si_8O_{22})(OH)_2$. 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.

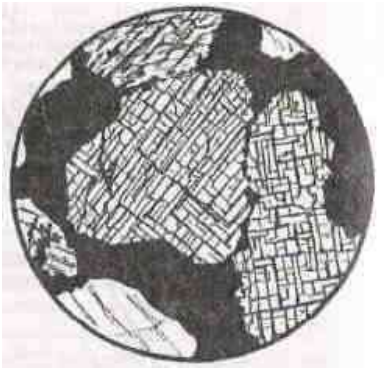


Рис. 24. Спайность диопсида в сечении, перпендикулярном оси *c*

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.

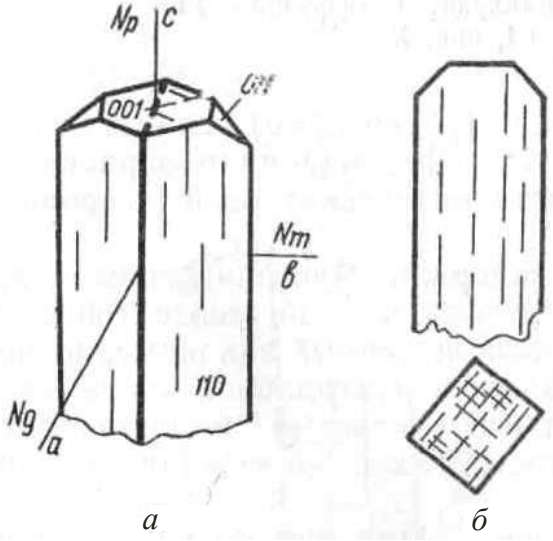
Пироп может замещаться хлоритом, альмандин – хлоритом и эпидотом. Уграндиты замещаются эпидотом, хлоритом, кальцитом, плагиоклазом.

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 °).

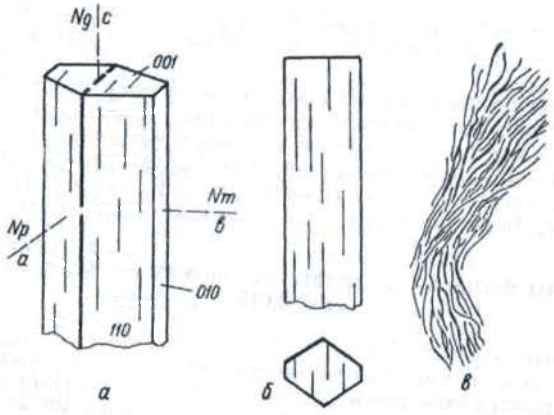


Рис. 26. Силлиманит:
а – форма кристаллов;
б – спайность в продольном и поперечном разрезах;
в – волокнистый силлиманит (фибролит)

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

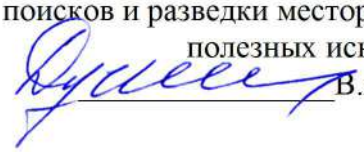
Учебное издание

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 К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.07 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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
   Ū-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).

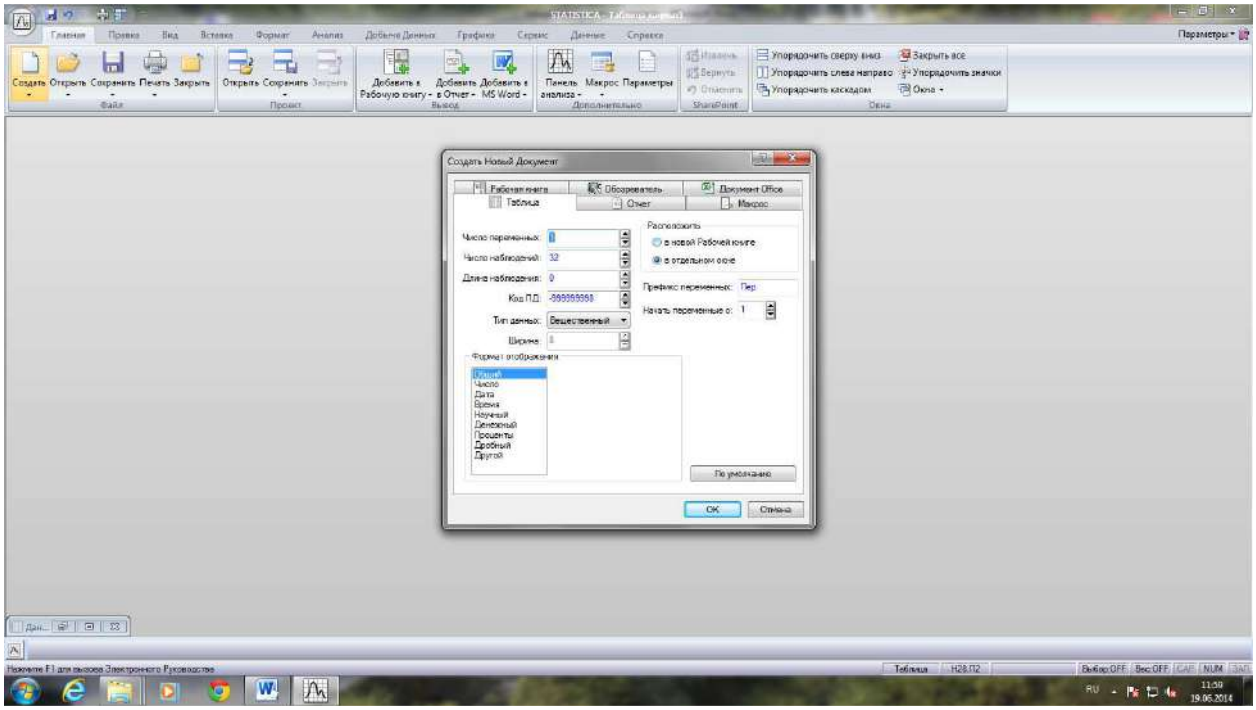
Таблица 1

Интервальный вариационный ряд распределения проб по содержанию в них меди

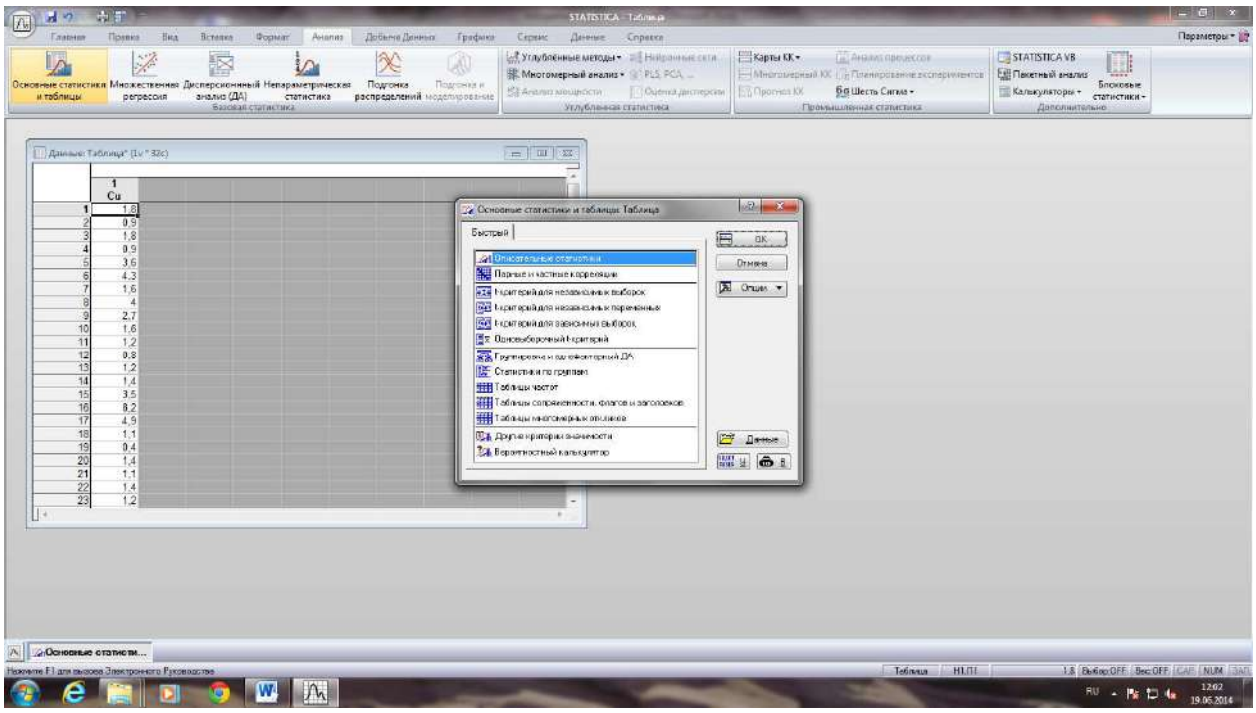
Границы	Серединный интервал	Частота (n_i)	Накопленная частота	Частность (w_i)	Накопленная частость

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

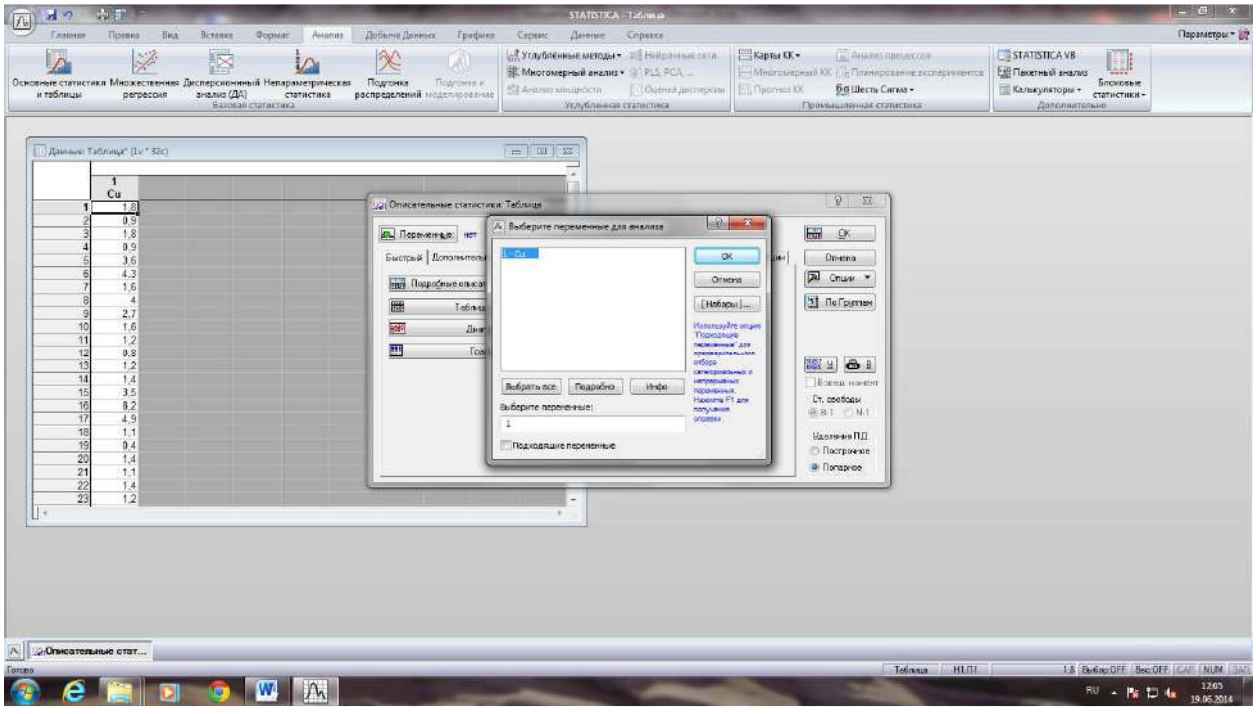
2) Создать исходную таблицу значений в программе Statistica. В меню программы выбрать: Главная → Создать → Таблица → выбрать число переменных (1 – количество признаков), число наблюдений (32 – количество проб) → ОК



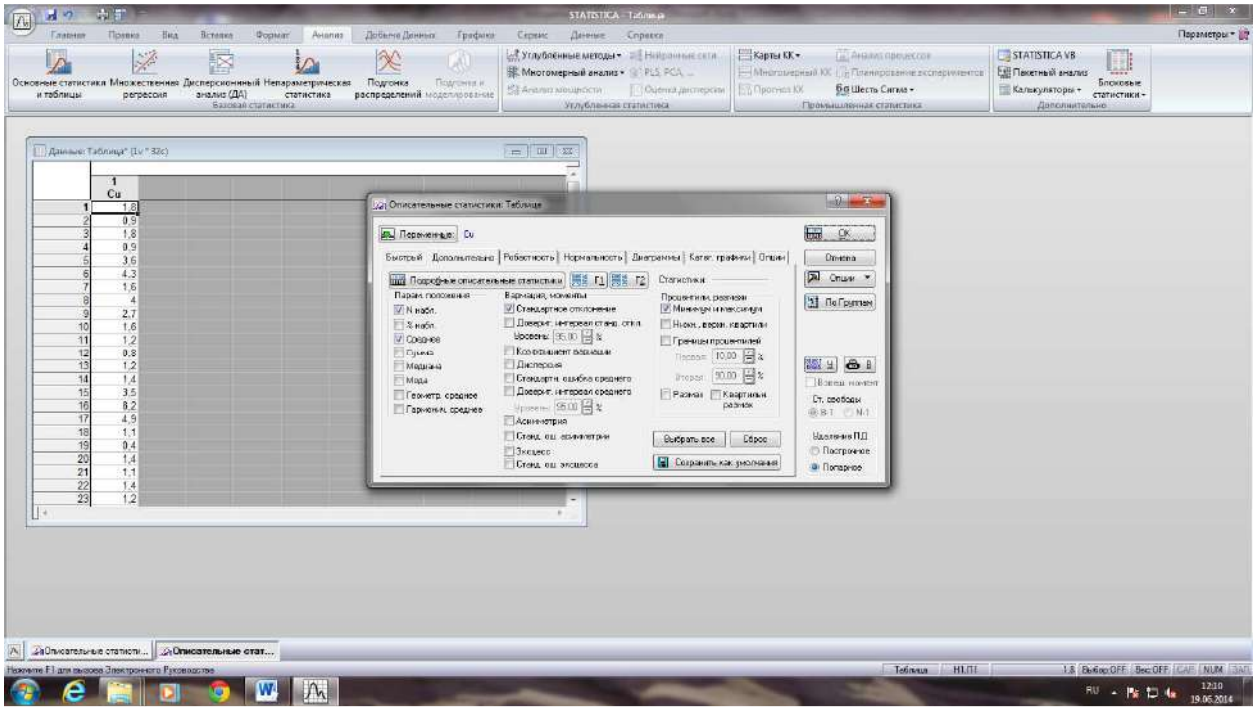
Рассчитать статистические характеристики в программе Statistica:
В меню выбрать:
Анализ → Основные статистики и таблицы→ Описательные статистики → ОК



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)

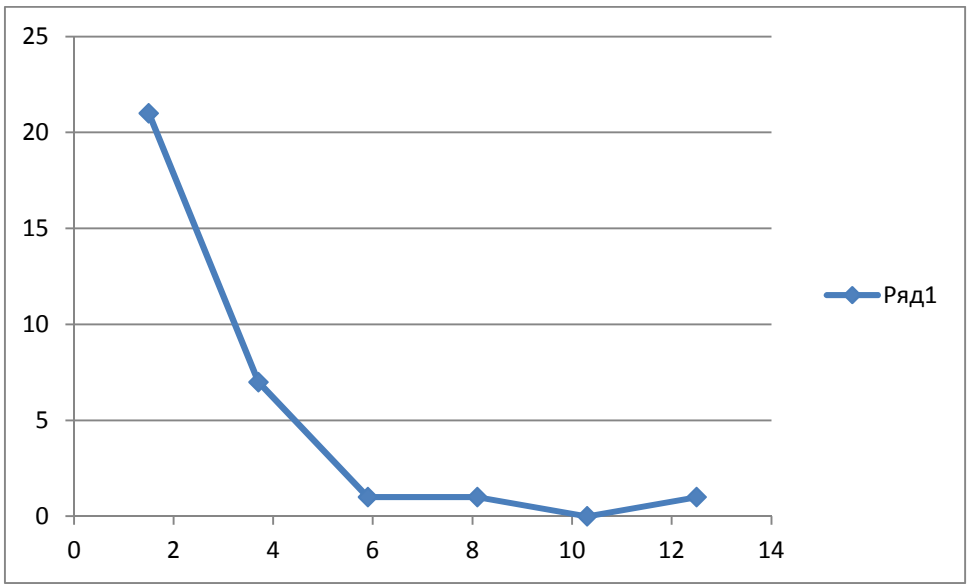


Рис 1. Полигон распределения проб по содержанию в них Cu

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

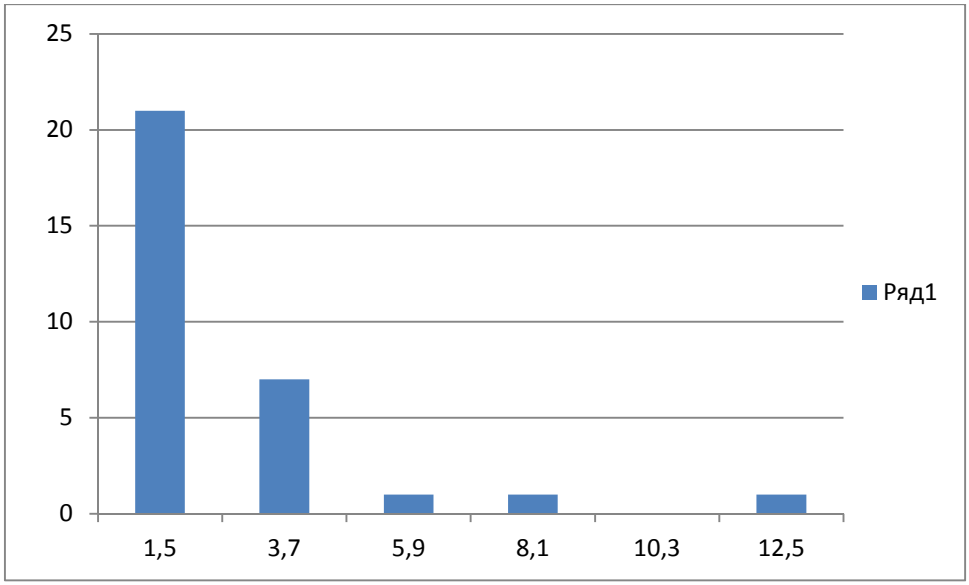


Рис.2 Гистограмма распределения проб по содержанию в них Cu

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

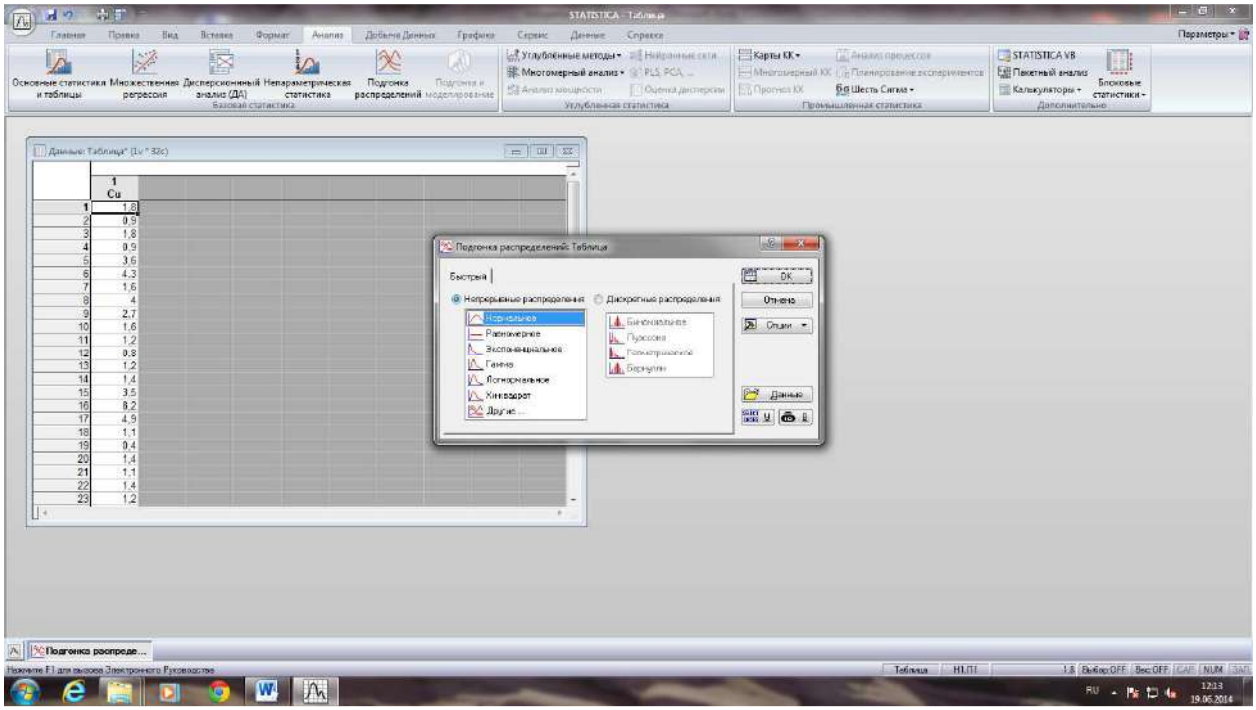
U_{mo} – начало модального интервала,
h - ширина интервала
n_{mo} – частота модального интервала,
n_{mo-1}- частота домодального интервала,
n_{mo+1}- частота послемодального интервала.

Рассчитать значение медианы (Med) по формуле.

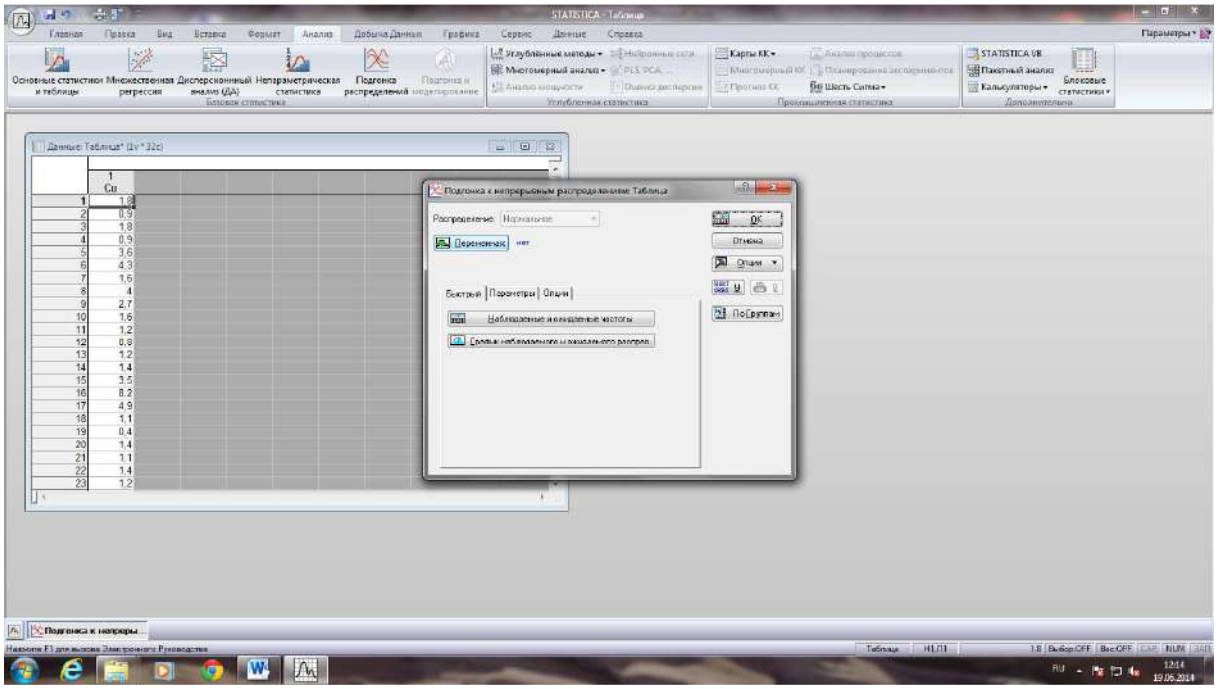
Med=$U_{med} + h(\frac{\frac{N}{2}-n_{sm}}{n_{med}})$, где

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.

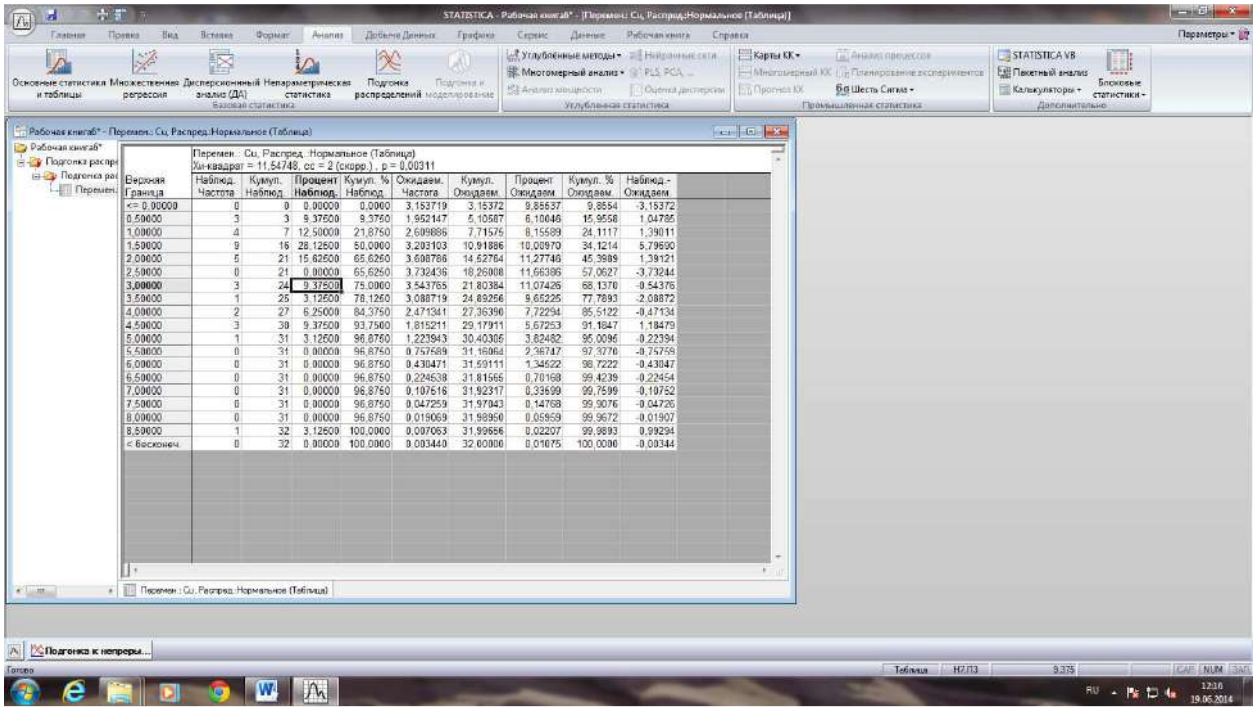
5) Выбрать наиболее подходящую вероятностную модель распределения по критерию Пирсона χ^2, который рассчитывается в программе Statistica.
В меню выбрать: Анализ → Подгонка распределений → выбрать нормальное распределение → ОК



Не забыть выбрать переменную!



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



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).

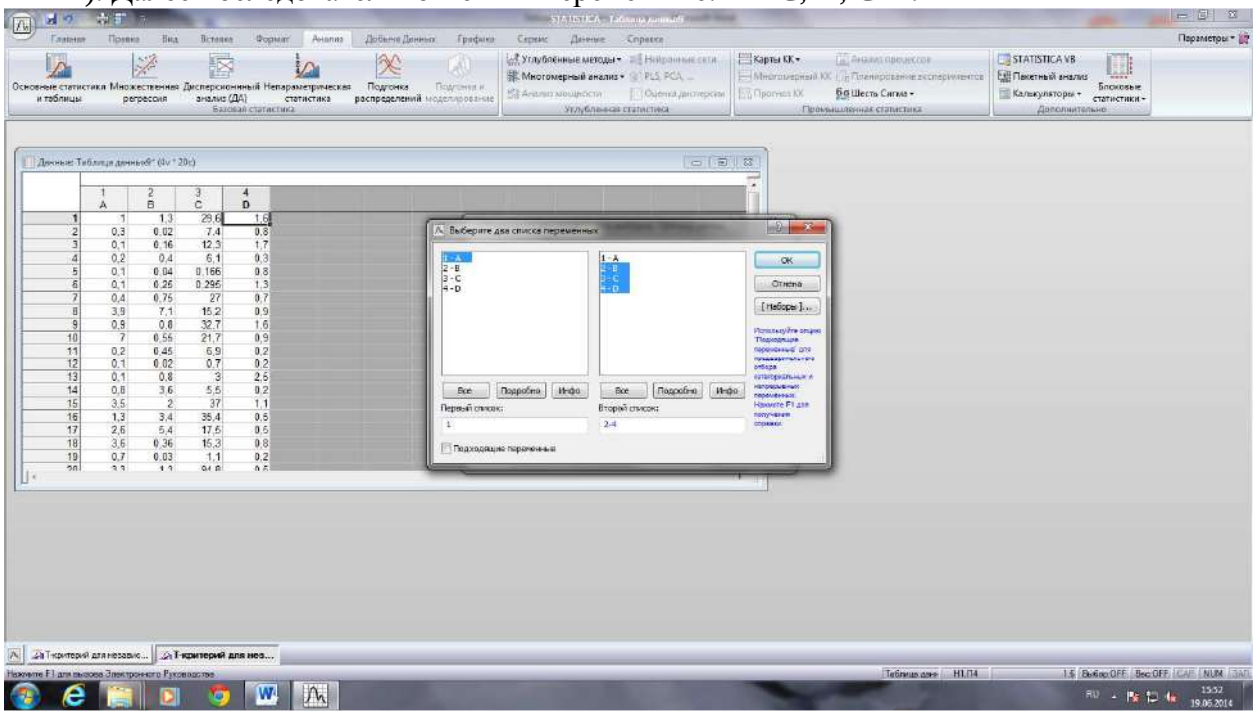
Параметрические методы сравнения групп переменных

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).

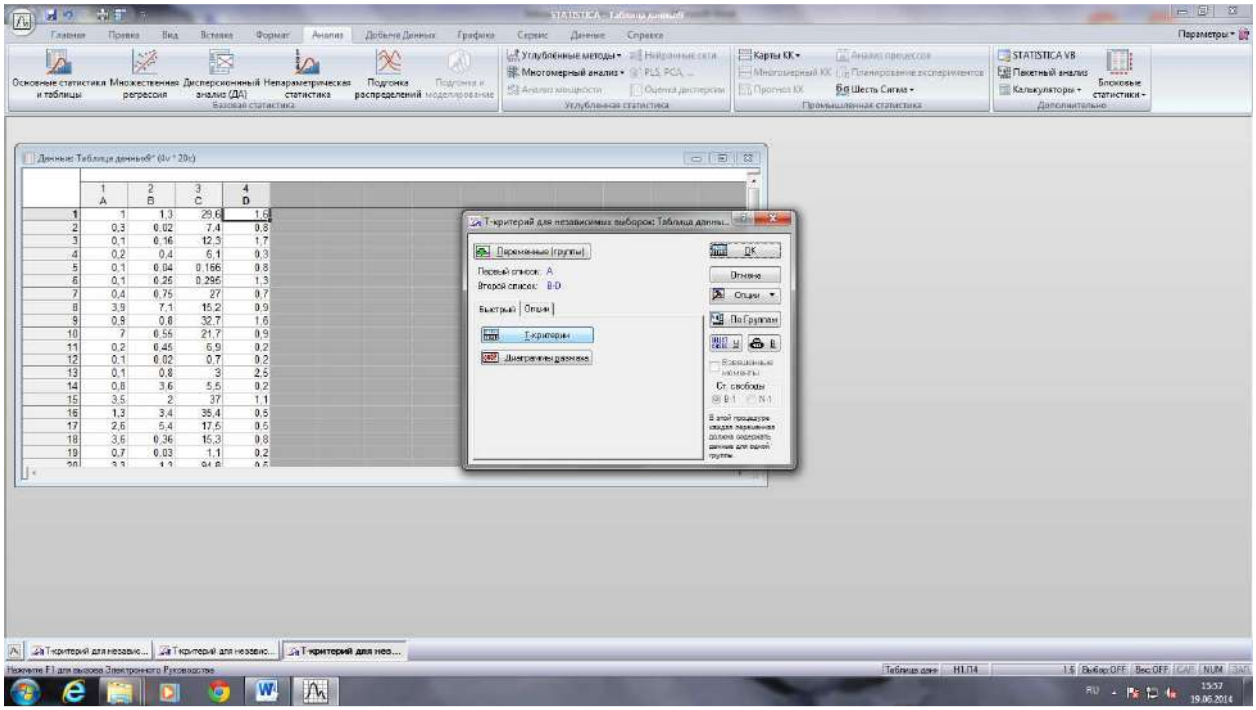
Ход выполнения работы:

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:

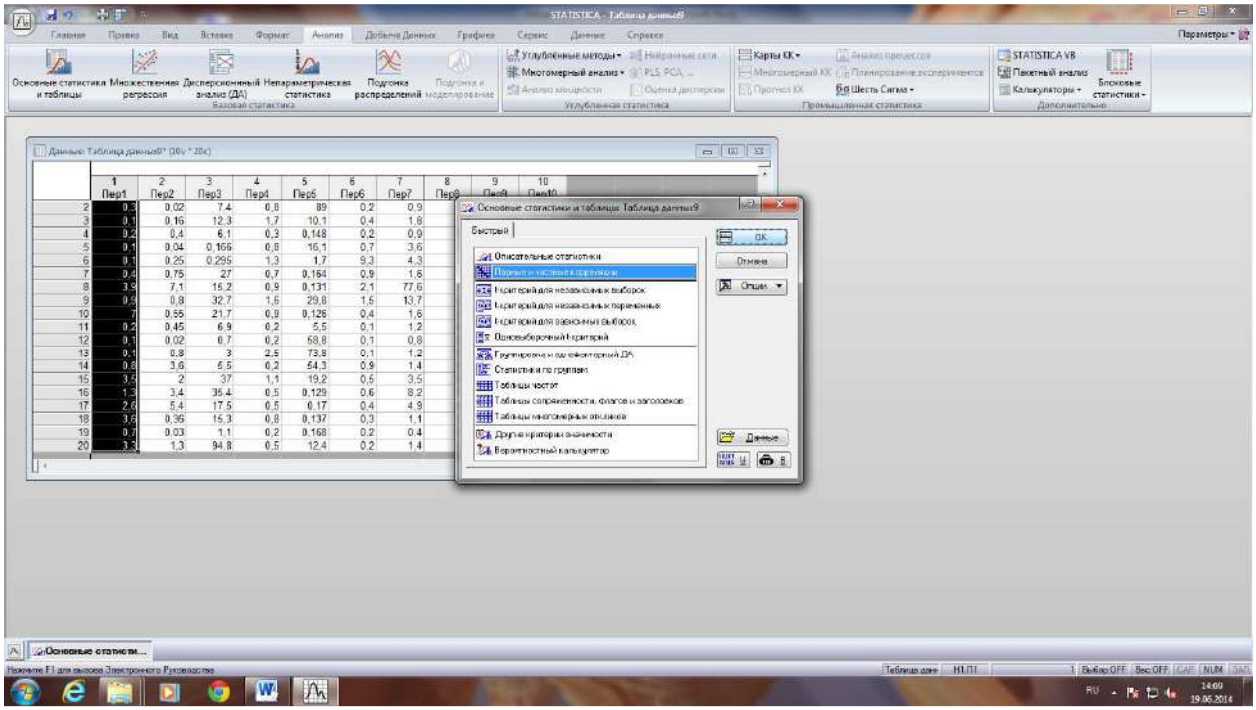
1. Определить направленность и силу корреляционной связи между геохимическими элементами (выбрать пару элементов из приложения 1), построив корреляционную матрицу. Выделить значимые корреляционные связи по другим элементам.
2. Построить корреляционное поле между данными элементами, провести геометрическую 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:

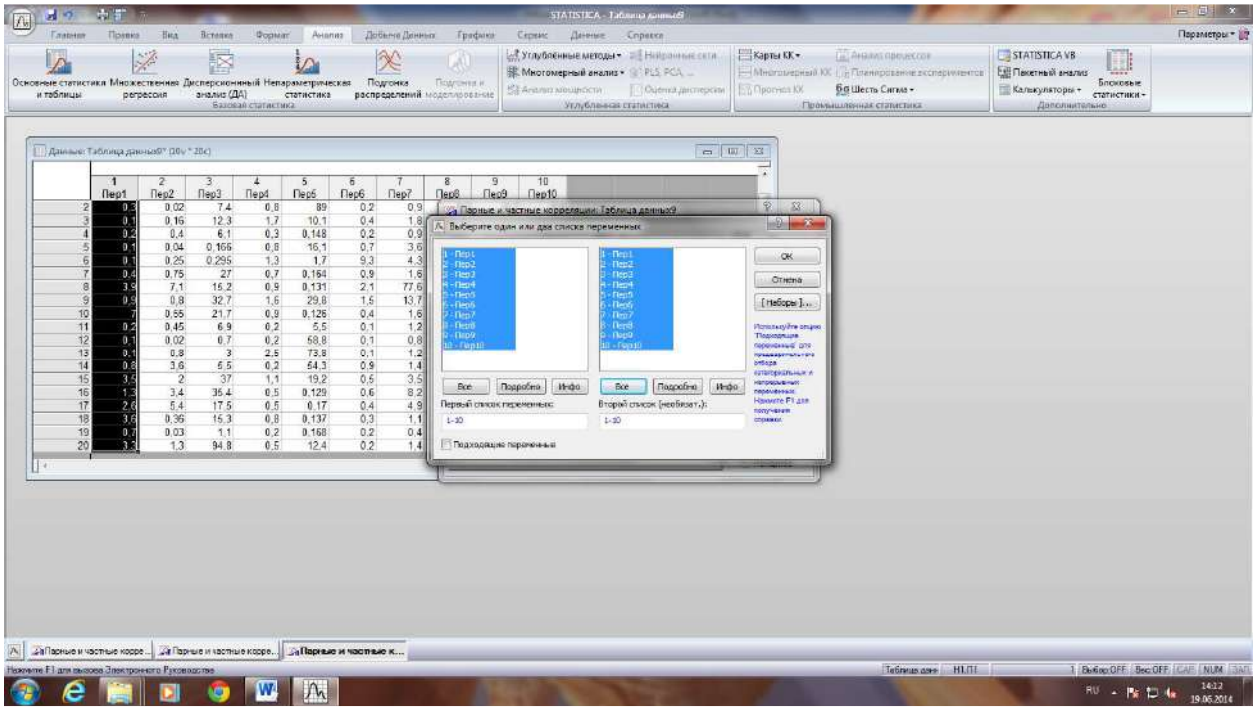
1. В программе «Statistica» произвести набор исходных значений (из приложения 1) и выполнить корреляционный анализ.

   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



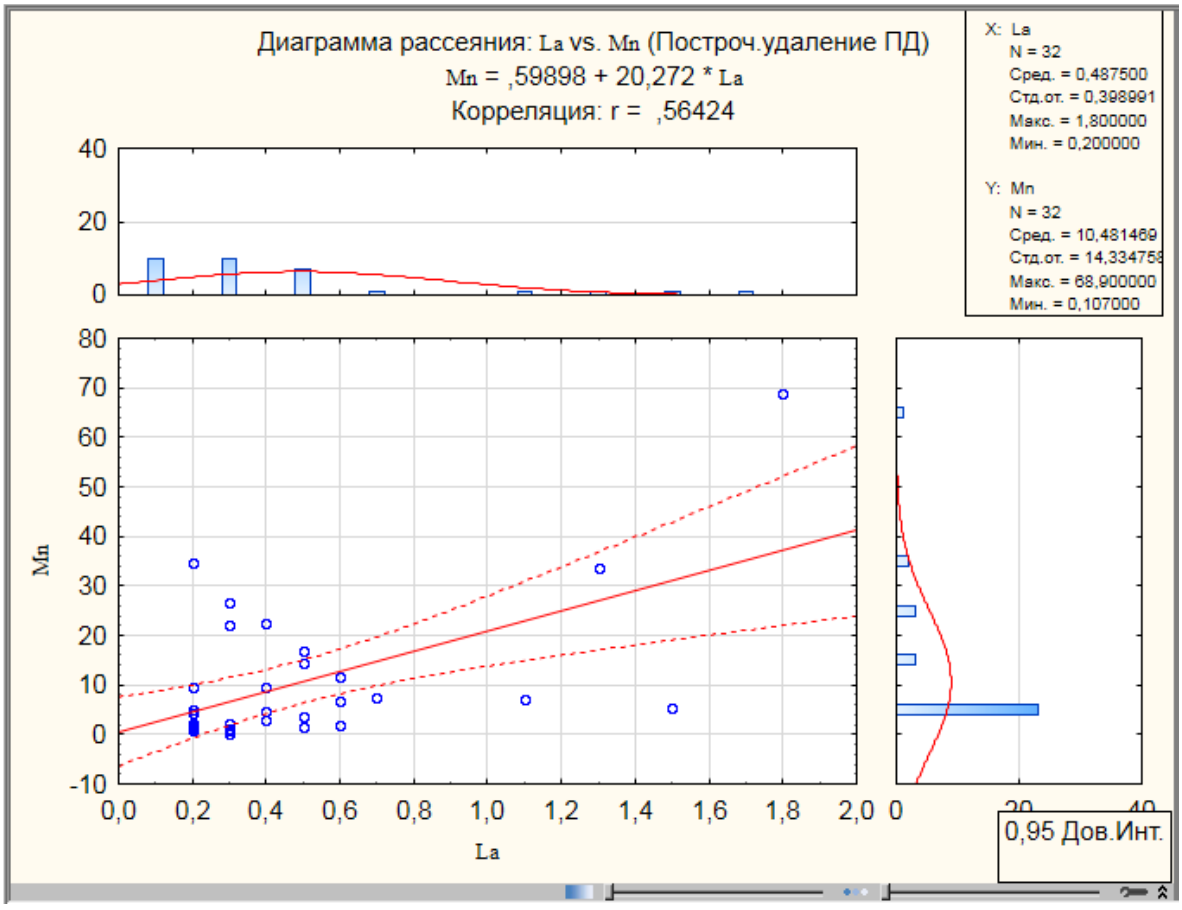
Результатом анализа является корреляционная матрица (рис. 3) – таблица, в которой по диагонали расположены единицы, а недиагональные значения представляют парные коэффициенты корреляции между соответствующими элементами.
Красным цветом в таблице выделены значимые коэффициенты корреляции

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.

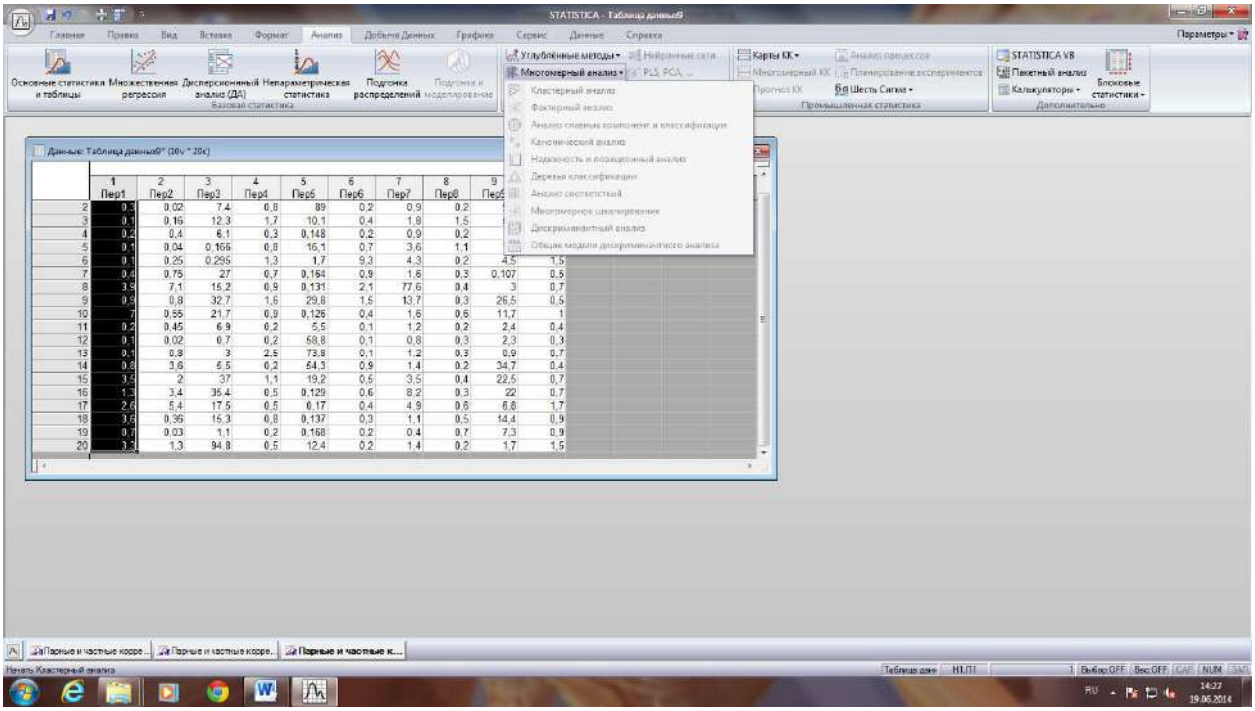
При правильном расчете коэффициент корреляции, вычисленный методом дробового выстрела должен быть близок к коэффициенту, вычисленному в программе «Статистика»

4. Рассчитать коэффициент детерминации R^2 по формуле:

$R^2 = r^2 * 100$; $R^2 = 25\%$, при $r_{Mo\text{-}Ni} = 0.5$

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

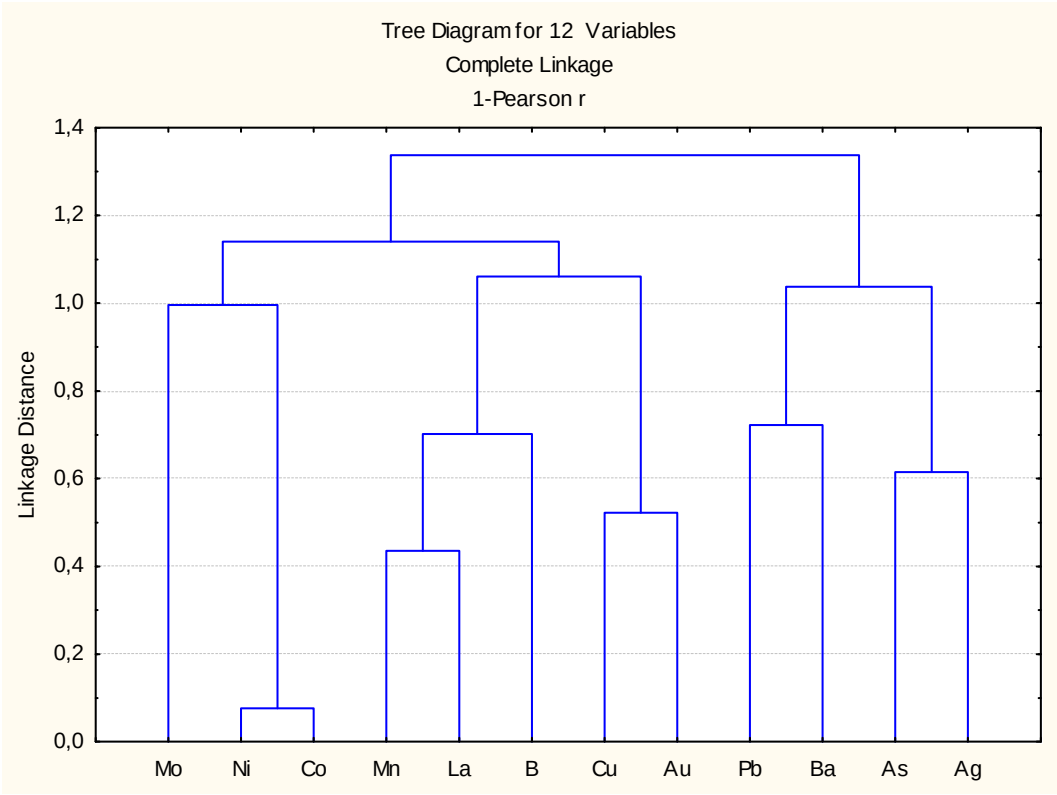


Рис. 5. Дендрограмма

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.07 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ГЕОЛОГИИ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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	$C_2 = nq\sum_{j=1}^{q}\left(\bar{x}_{\cdot j\cdot} - \bar{x}\right)^2$	q-1	$S_2^2 = \frac{C_2}{q-1}$
Смешанная по факторам AB	$C_3 = n\cdot\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q}\left(\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i\ldots} - x_{\cdot j\cdot} + \bar{x}\right)^2$	$(p-1)\cdot(q-1)$	$S_3^2 = \frac{C_3}{(p-1)(q-1)}$
Остаточная	$C_4 = \sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{q}\sum_{k=1}^{n}\left(x_{ijk} - \bar{x}_{ij\cdot}\right)^2$	$p\cdot q\cdot(n-1)$	$S_4^2 = \frac{C_4}{pq\cdot(n-1)}$
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 парааамфиболитам (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″)).

$Kx(l', l'') = M[X(l')\cdot X(l'')]$

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 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.ДВ.01.01 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РУД

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 19.03.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(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 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.ДВ.01.02 ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Специальность
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 1
Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

Автор: Водовозов К. А., ст. преподаватель

Одобрена на заседании кафедры
Обогащения полезных ископаемых
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
Козин В. З.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 6 от 19.03.2020
(Дата)

Рассмотрена методической комиссией факультета
горно-механического
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Барановский В. П.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(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.

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^o 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):

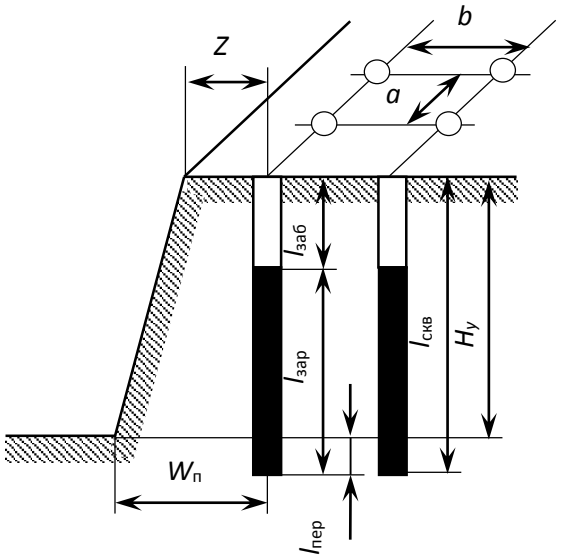


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – 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

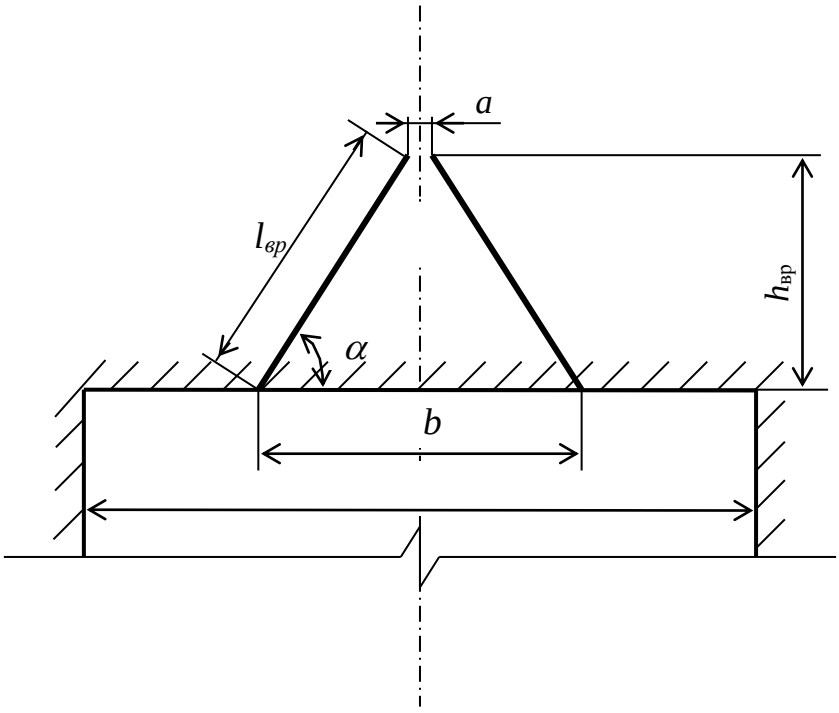


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

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.

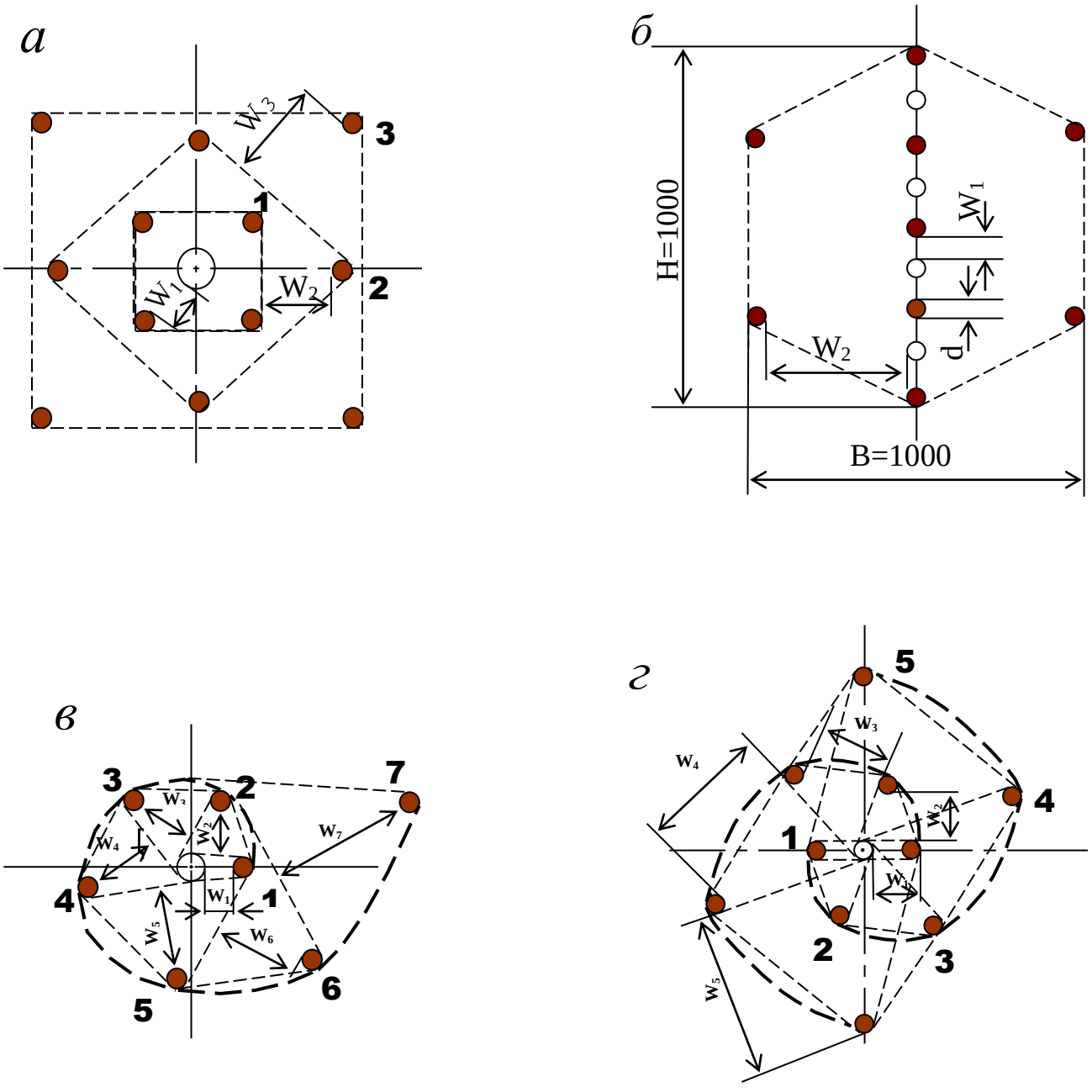


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

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^o 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_____

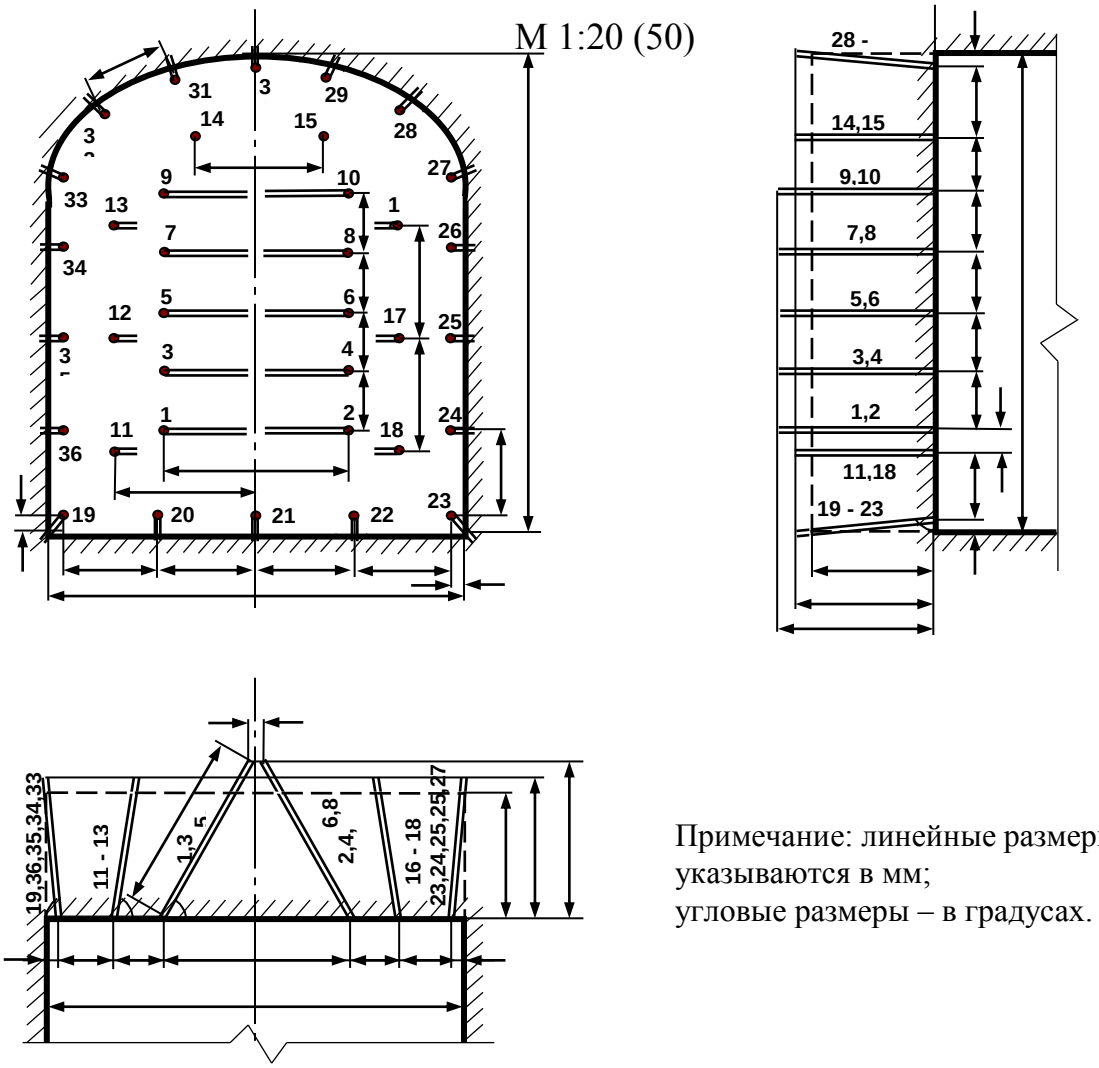
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

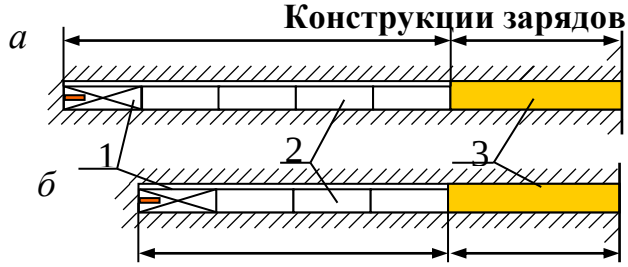
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

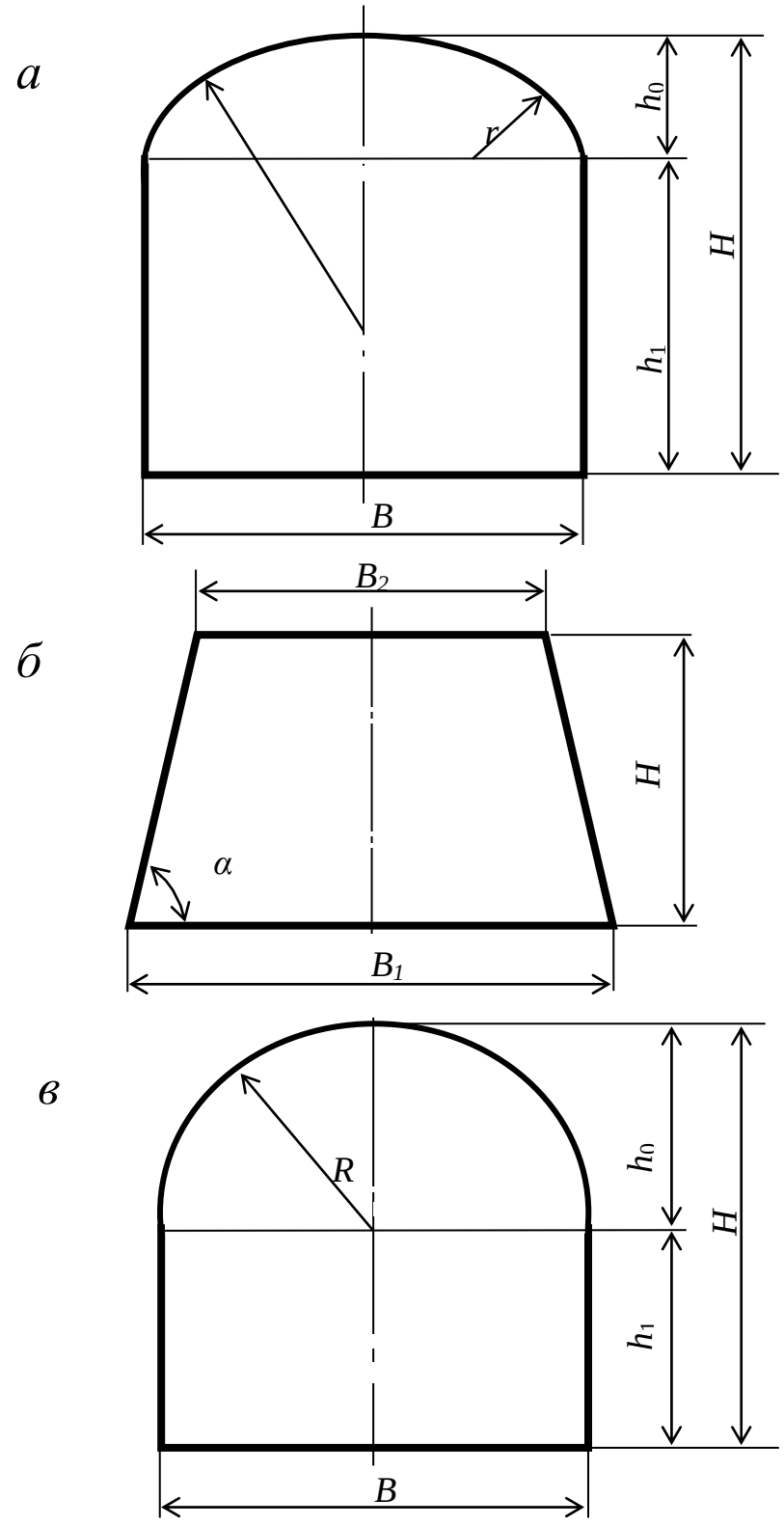
Конструкции зарядов



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 РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»



В. В. Сынбулатов, Д. В. Прищепа

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» 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

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе и выполнению практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» 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 «Технология и безопасность взрывных работ» 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 «Технология и безопасность взрывных работ».

© 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 «Технология и безопасность взрывных работ» 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^o 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):

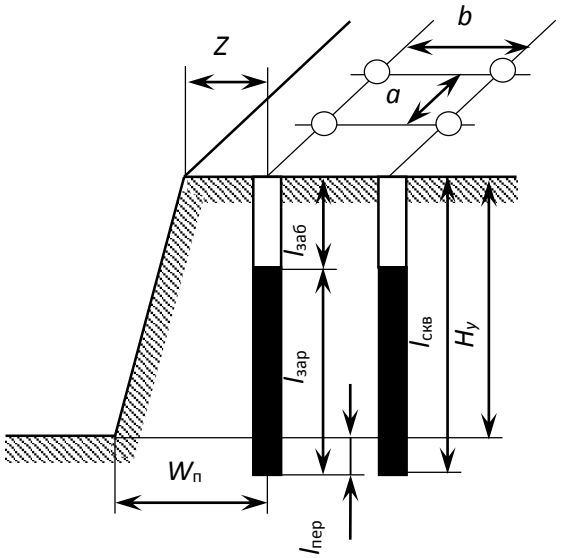


Рис. 3.1. Схема расположения скважин на уступе

$H_у$ – 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

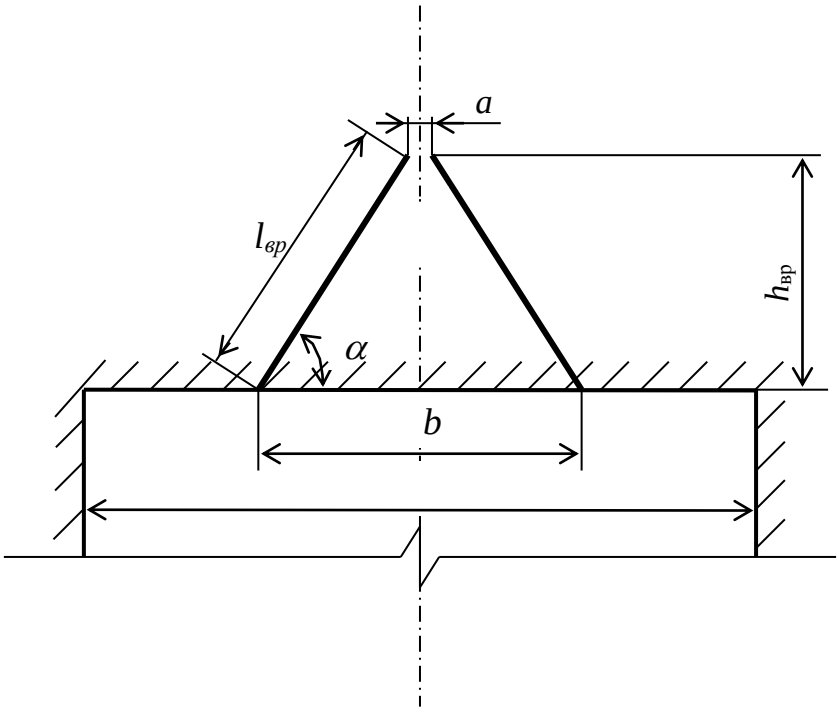


Рис. 5.1. Схема вертикального клинового вруба

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.

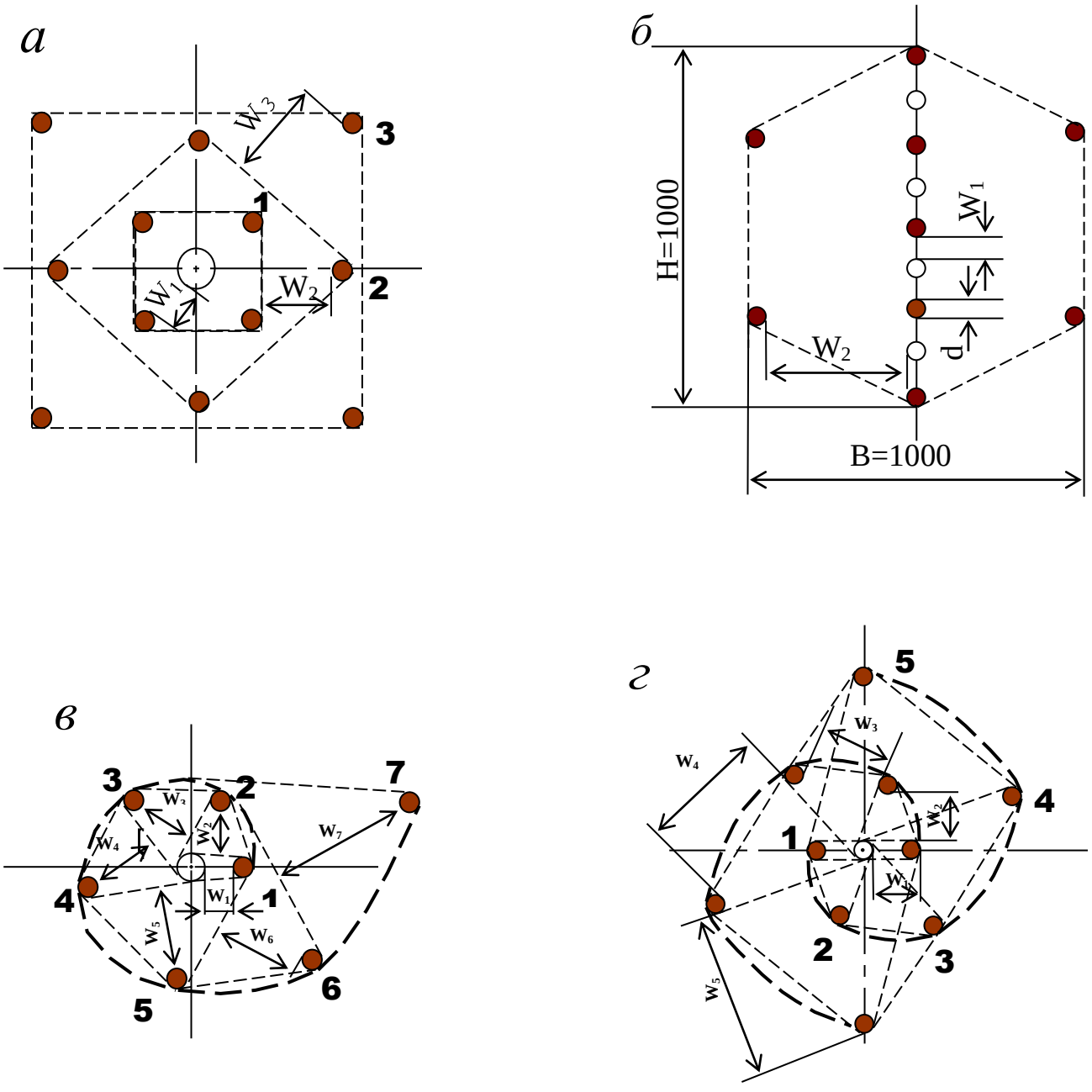


Рис. 5.2. Конструкции прямых врубов:
а – призматический симметричный; *б* – щелевой; *в* – спиральный;
г – двойной спиральный

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^o 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_____

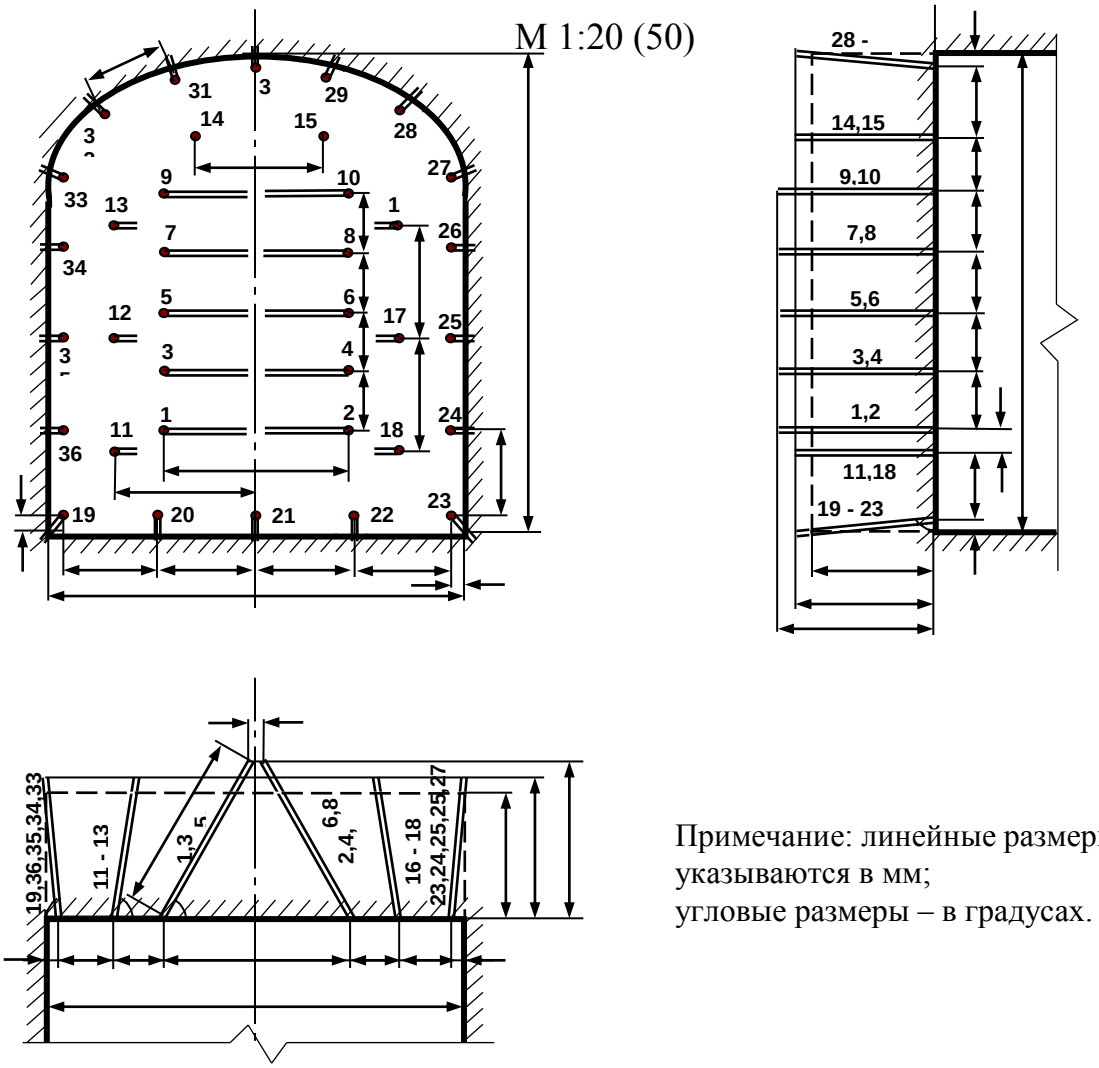
8.2. Место выставления постов_____

8.3. Время проветривания после взрыва_____

8.4. Мероприятия по подавлению пыли_____

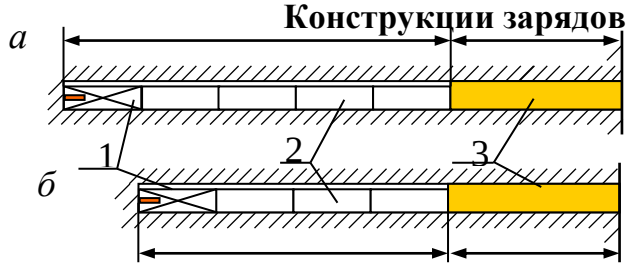
8.5. Другие дополнительные меры безопасности_____

Схема расположения шпуров



Примечание: линейные размеры указываются в мм;
угловые размеры – в градусах.

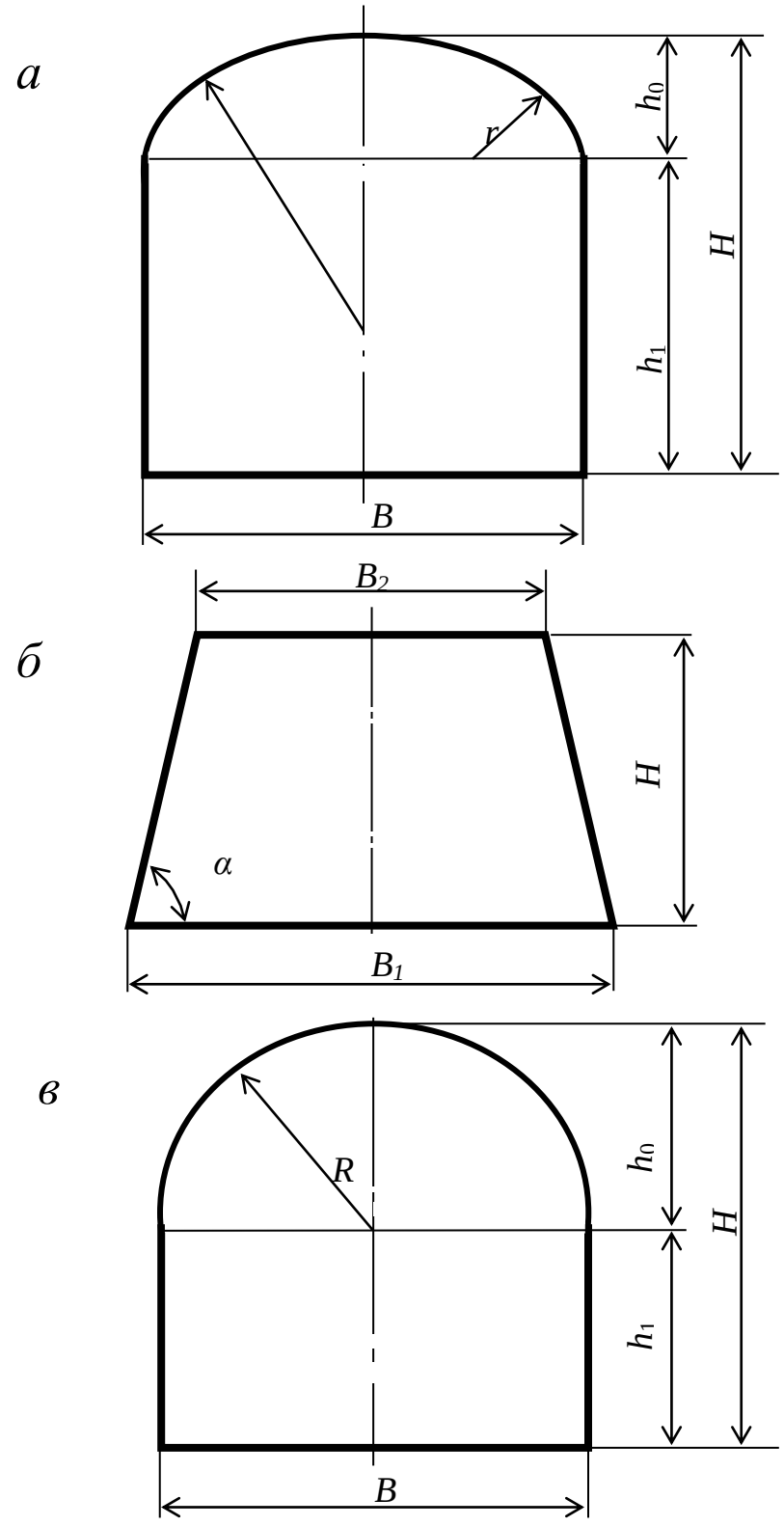
Конструкции зарядов



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

ТЕХНОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Учебно-методическое пособие к самостоятельной работе, выполнению контрольных и практических работ по дисциплине «Технология и безопасность взрывных работ» 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^o); 2) пологие (10-30^o); 3) наклонные (30-45^o); 4) крутопадающие (45-90^o).

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·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:

$$2)\ \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(di\text{-}\bar{d})^2}{n}},$$

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.

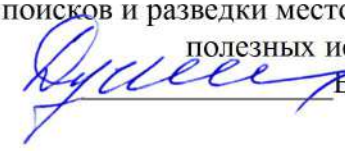
4. Петруха Л.М. Разведка месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие. Екатеринбург, 2003. 247 с.

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 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.06.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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*)*

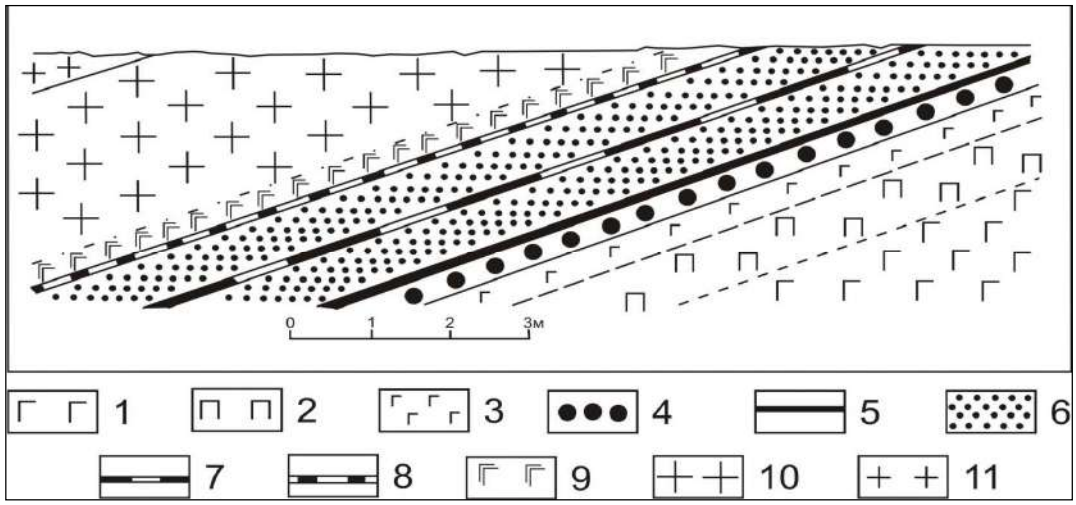
ПСК-1.1 (*знать*: геолого-структурные типы рудных тел и рудных полей; *уметь*: работать с разными видами графических геологических материалов; *владеть*: теоретическими основами и практическими навыками структурных исследований рудных полей)

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.

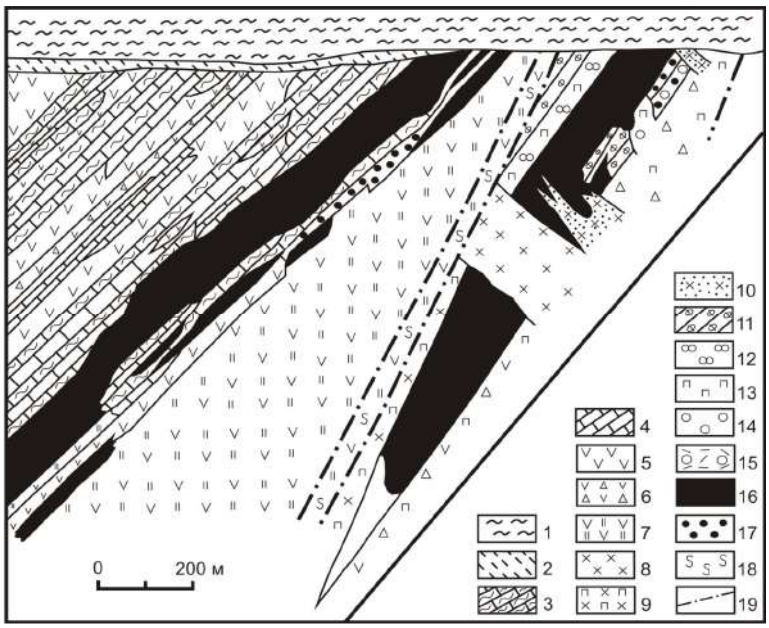
Работа выполняется на основании контрольных графических материалов. Один вариант соответствует одному месторождению. Количество вариантов практически не ограничено. Ниже приводится примерный комплект заданий.

Вариант 1. Месторождение платиноидов Риф Меренского



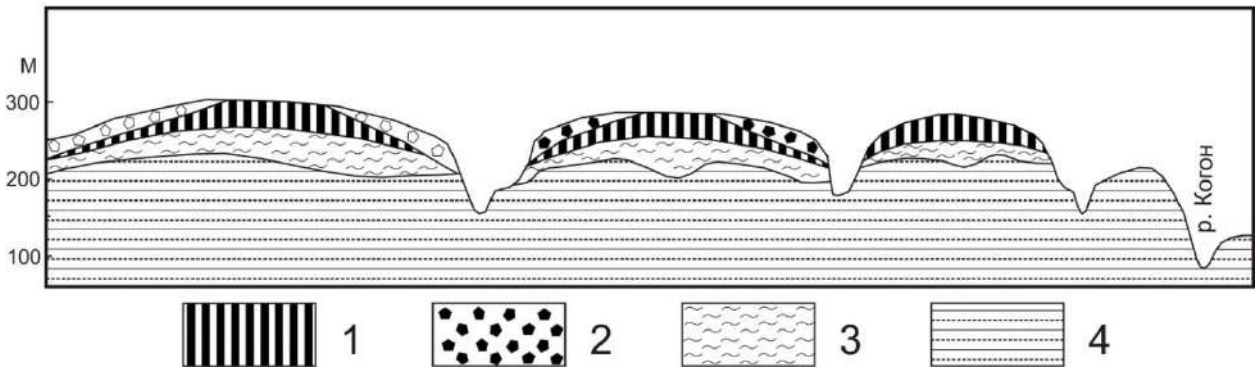
1 – пятнистый норит; 2 – пироксеновый норит; 3 – пятнистый анортозитовый норит; 4 – грубозернистый риф Меренского с платиной; 5 – нижний хромит с платиной; 6 – рудное тело; 7 – средний хромит с платиной; 8 – верхний хромит; 9 – норит висячего бока; 10 – пятнистый анортозит; 11 – анортозит

Вариант 2. Сарбайское месторождение железа



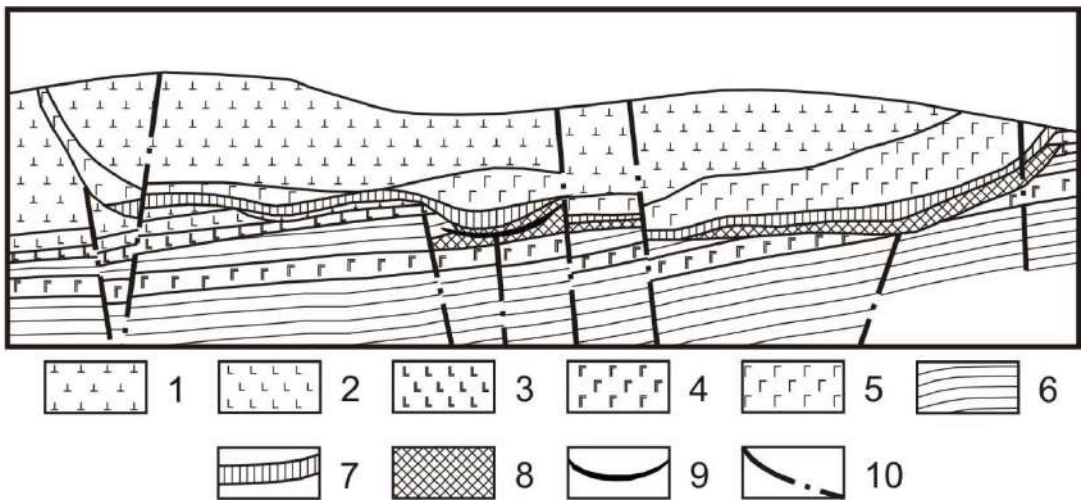
1 – мезо-кайнозойские отложения; 2 – глины древней коры выветривания палеозойских пород; 3 – туффиты алевролитовые, пелитовые; 4 – известняки битуминозные с прослоями туфогенного материала; 5 – туфы среднего состава с прослоями андезитов порфировой структуры; 6 – туфы и туфобрекчии среднего состава; 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



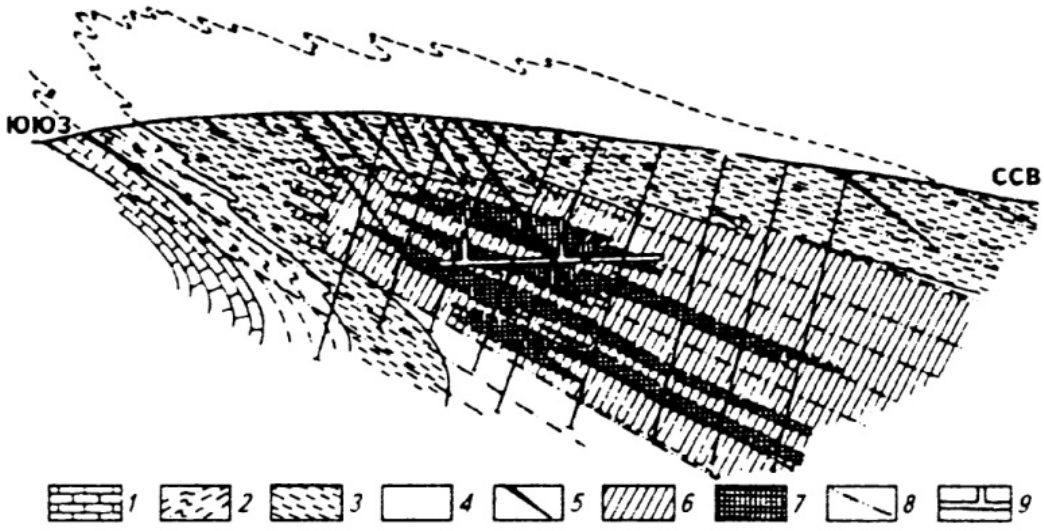
1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – граптолитовые сланцы и другие терригенные породы

Вариант 4. Месторождение никеля Норильск-I



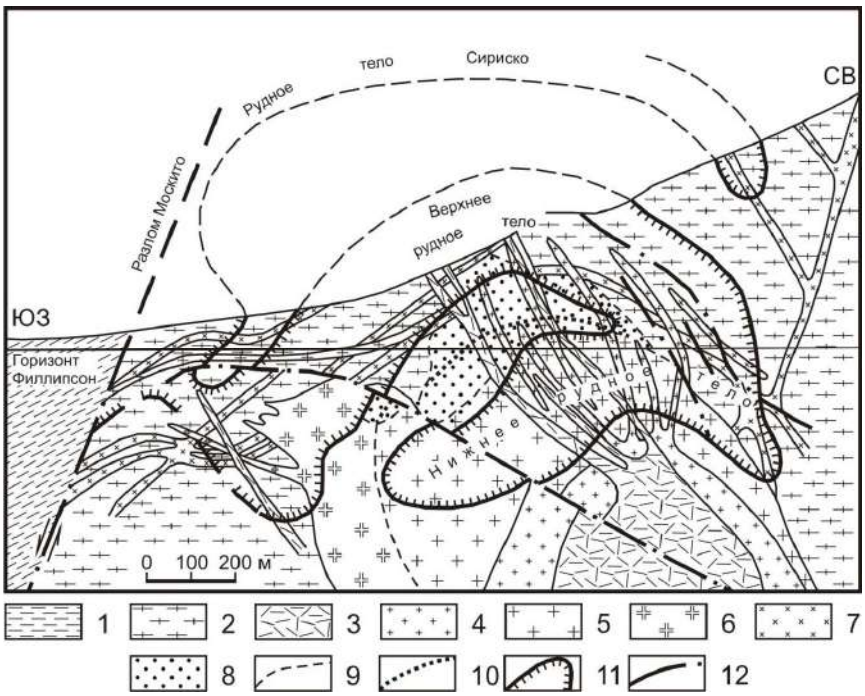
1 – эффузивы нерасчлененные; 2 – лабрадоровые базальты; 3 – титан-авгитовые базальты; 4 – силы титан-авгитовых долеритов; 5 – габбро-долеритовая интрузия Норильск I; 6 – осадочные породы тунгусской серии; 7 – вкрапленные руды в интрузии; 8 – вкрапленные руды в породах экзоконтакта; 9 – жильные руды; 10 – тектонические нарушения

Вариант 5. Месторождение золота Сухой Лог



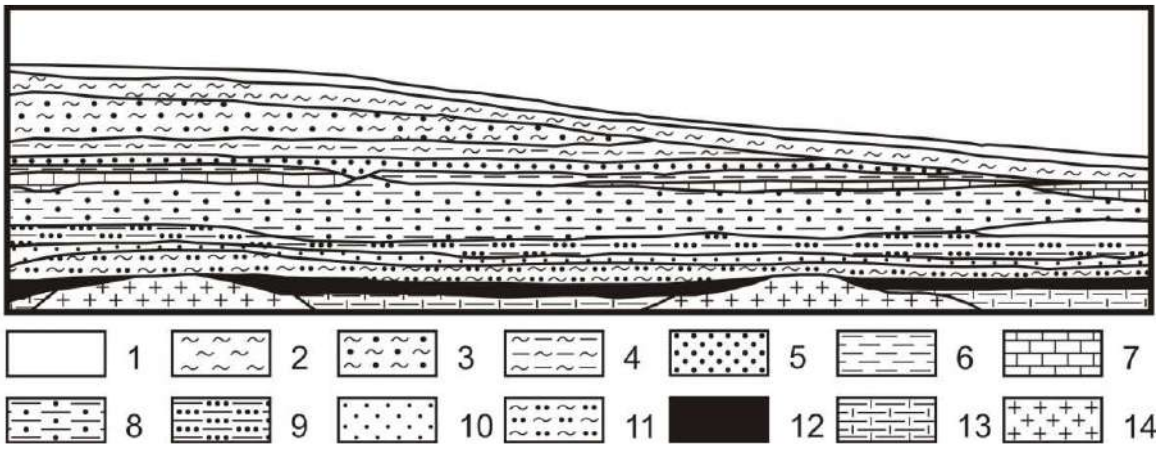
1 – известковистые алевролиты и алевросланцы; 2 – алевросланцы и алевролиты, преимущественно грубозернистые; 3 – «углистые» филлитовидные алевролиты; 4 – углистые кварцево-серицитовые алевросланцы; 5 – кварцевые жилы; 6-7 – ореол развития золото-сульфидной минерализации: 6 – умеренной; 7 – повышенной; 8 – кливаж; 9 – подземные горные выработки

Вариант 6. Молибденовое месторождение Клаймакс



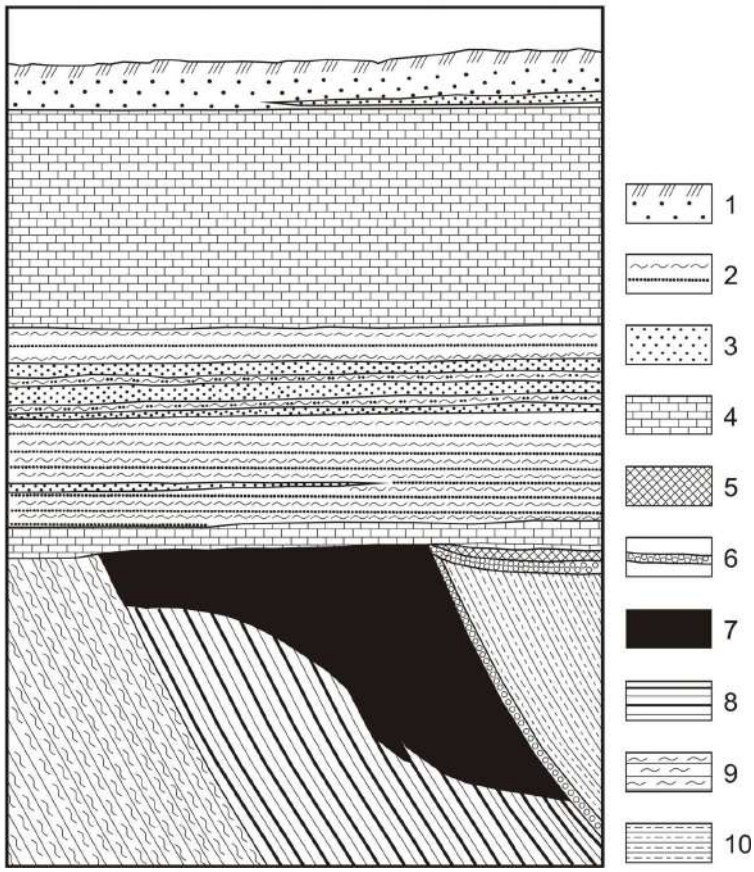
1 – осадочные породы палеозоя; 2 – докембрийские граниты и кристаллические сланцы; 3-7 – породы кайнозойского магматического комплекса порфировой структуры (этапа тектоно-магматической активизации): 3 – поздние дайки риолитов порфировой структуры; 4 – внутрирудные порфировые дайки; 5 – центральный массив 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



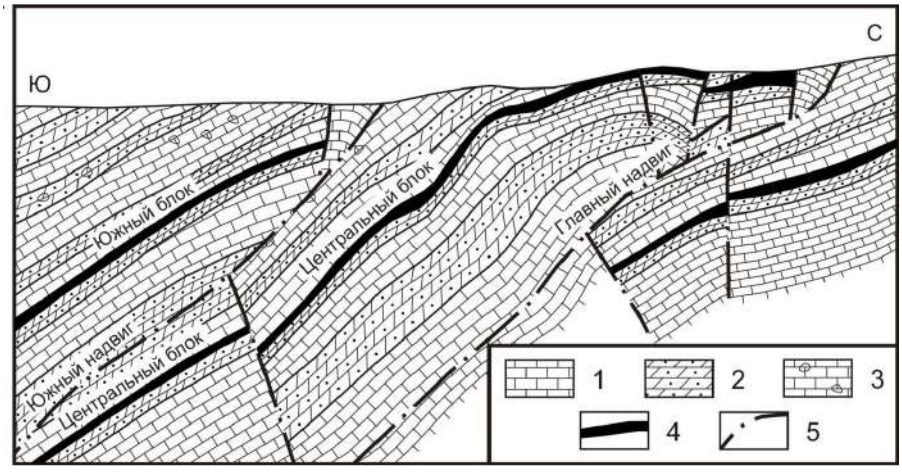
1 – ПРС; 2 – лёсс; 3 – глина красная; 4 – глина бурая; 5 – песок; плиоценовые отложения*:* 6 – глина серо-зеленая; 7 – известняки; миоценовые отложения: 8 – глина серо-белая; 9 – глина черная; 10 – песок зеленый; олигоценовые отложения: 11 – глина зеленая; 12 – марганцевая руда; 13 – каолин; 14 – докембрийские кристаллические породы

Вариант8. Месторождение железа Яковлевское



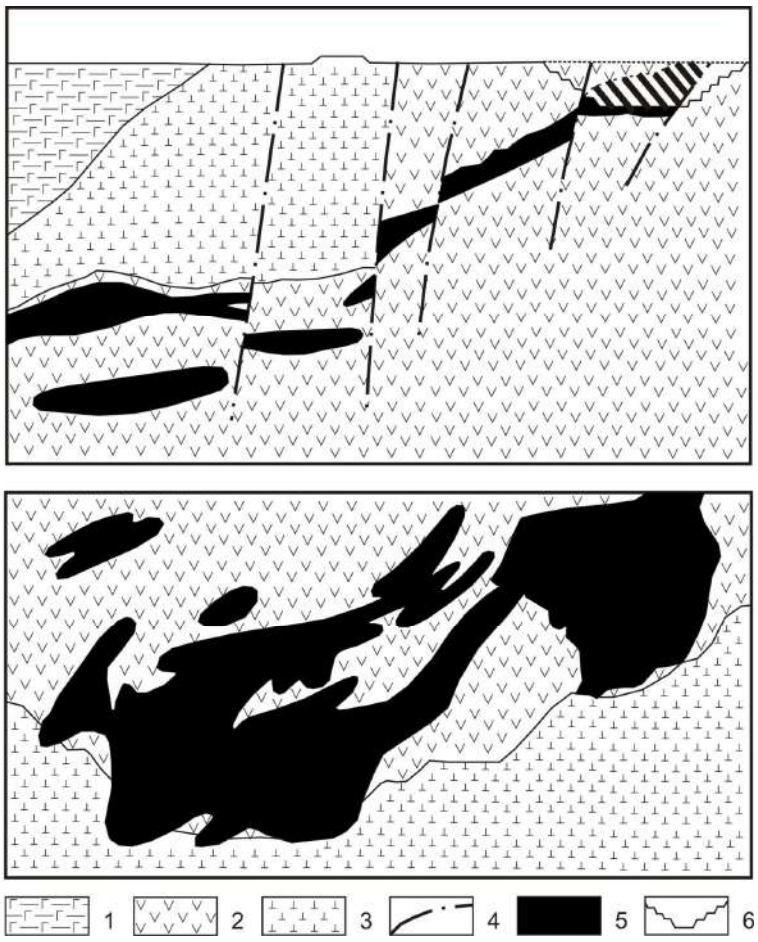
1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Вариант 9. Миргалимсайское месторождение полиметаллов



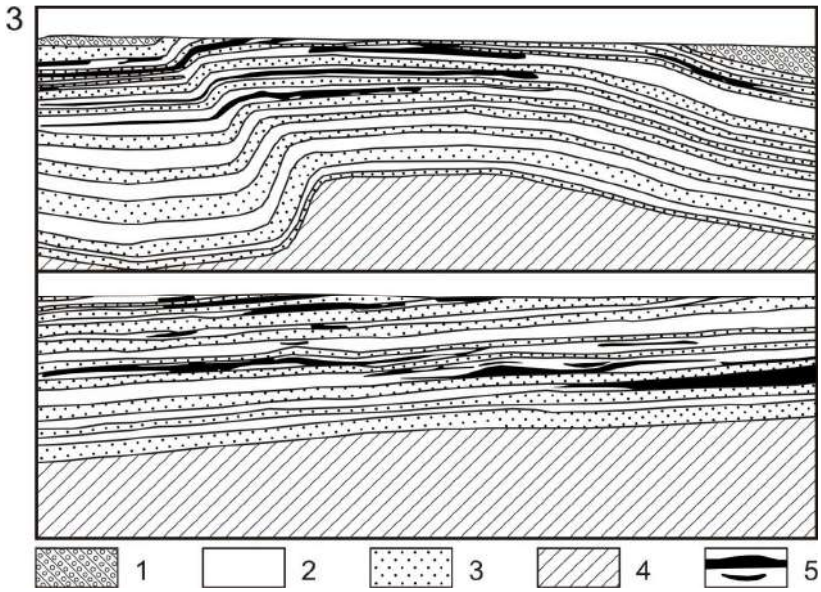
1-3 – породы верхнего девона: 1 – известняки; 2 –доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

Вариант 10. Месторождение хрома Алмаз-Жемчужина



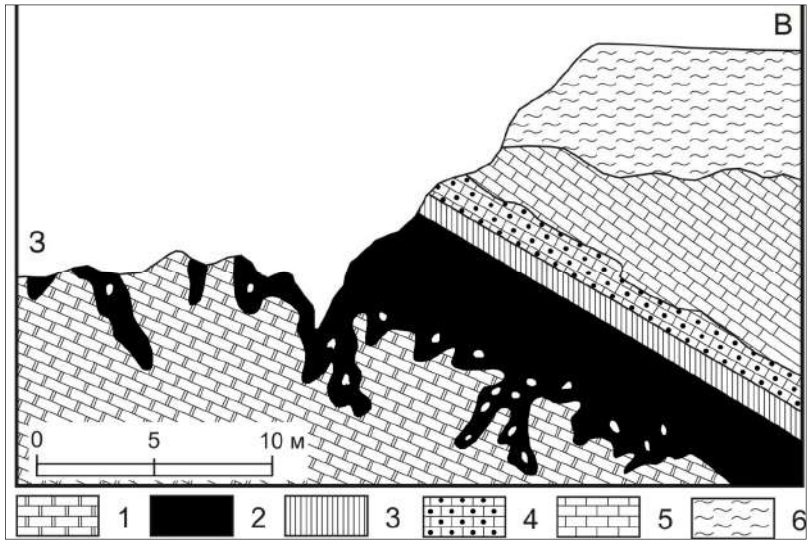
1 – габброамфиболиты; 2 – серпентиниты по дунитам; 3 – серпентиниты по перидотитам; 4 – разрывные нарушения; 5 – хромитовые тела; 6 – контур карьера.

Вариант 11. Джезказганское месторождение меди



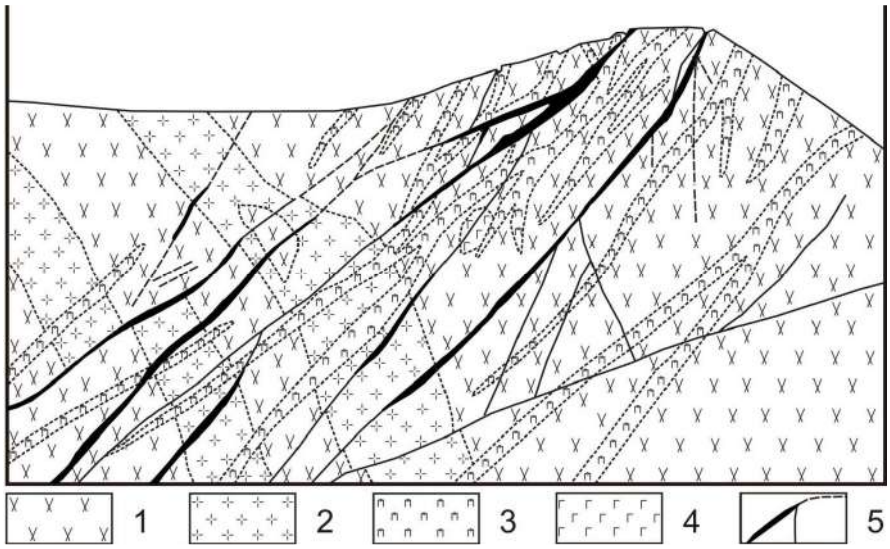
1 – нижнепермская красноцветная толща песчаников; 2 – рудоносные серые песчаники; 3 – безрудные красные песчаники и аргиллиты; 4 – нижнепермские песчаники и известняки; 5 – рудные тела.

Вариант 12. Месторождение бокситов Красная Шапочка



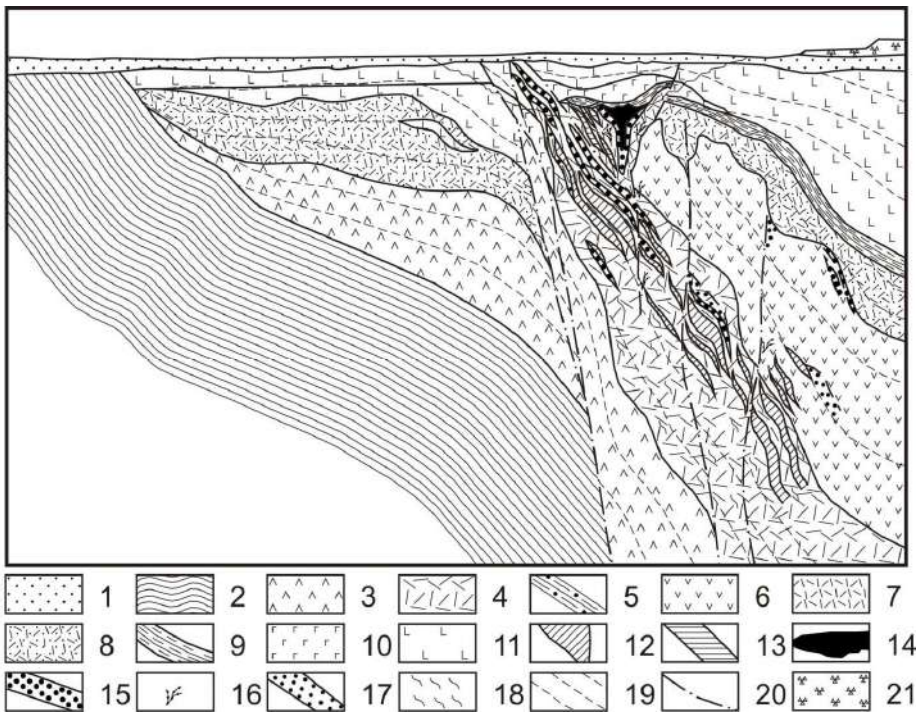
1 – вулканогенно-осадочные породы сосьвинской свиты (S_2); 2 – слоистые известняки (D_1-S_2); 3 – массивные известняки с прослоями сланцев петропавловской свиты (D_1-S_2); 4 – бокситы красные; 5 – бокситы зеленовато-серые; 6 – мергели; 7 – известняки надрудной толщи (D_2); 8 – кайнозойские глинистые отложения; 9 – надвиги; 10 – сбросы.

Вариант 13. Джидинское месторождение вольфрама



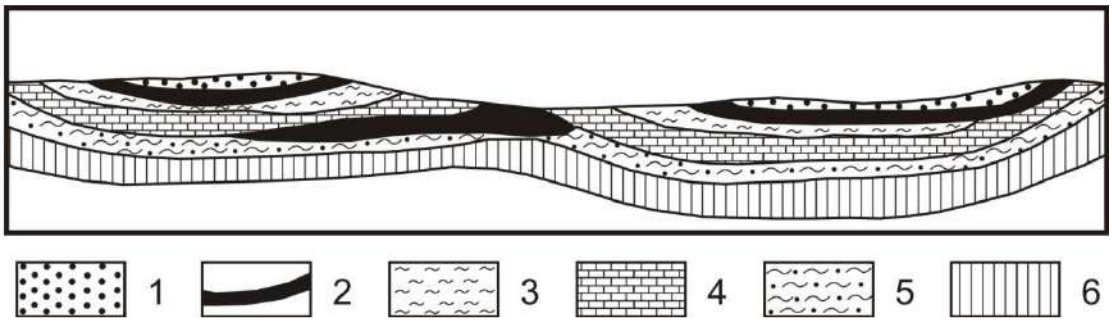
1 – кварцевые диориты; 2 – граниты порфировой структуры; 3 – лампрофиры; 4 – горнблендиты; 5 – кварцево-вольфрамовые жилы.

Вариант 14. Гайское месторождение меди



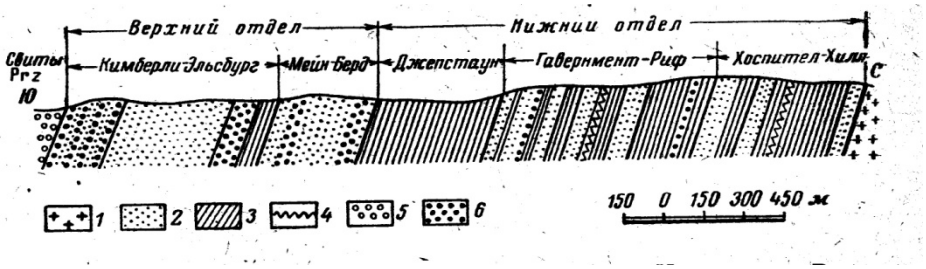
1 – мезо-кайнозойские песчано-глинистые отложения; 2 – породы основания Гайской палеовулканической структуры – переслаивание кремнистых и кремнисто-глинистых пелитовых туффитов, туфопесчаников, углистых алевролитов (D_1?); *вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Гайской палеовулканической структуры:* 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



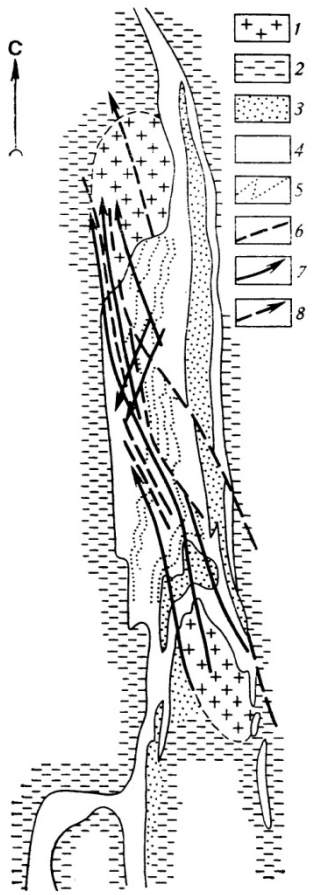
1 – глины и пески верхнекиммерийские; 2 – рудные слои; 3 – глины и известняки нижнекиммерийские; 4 – известняки, угли, пески понтические; 5 – глины, мергели, пески мэотиса; 6 – отложения сармата

Вариант 16. Золото-урановое месторождение Витваттерсранд



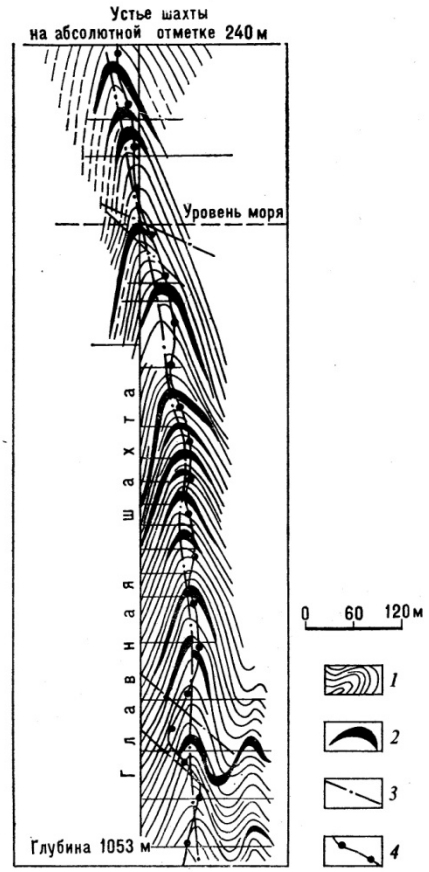
1 – древние граниты; 2 – кварциты; 3 – сланцы; 4 – смятые слои; 5 – мандельштейны; 6 – золотоносные конгломераты (рифы).

Вариант 17. Месторождение золота Колар



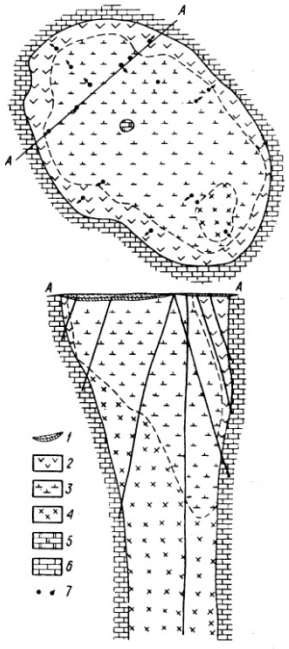
1 – граниты; 2 – гнейсы Пенинсула; 3 – гнейсы Чемпион; 4 – сланцевый пояс Колар; 5 – золотоносные залежи; 6 – разломы; 7 – оси кулисообразных наложенных

Вариант 18. Месторождение золота Бендиго



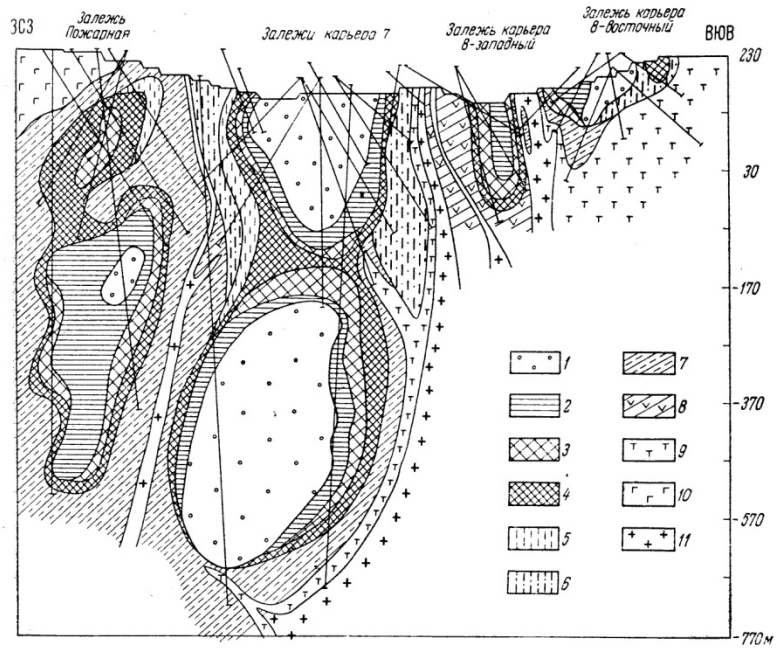
1 – сланцы и песчаники силурийского возраста; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения; 4 – дайки лампрофиров

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.

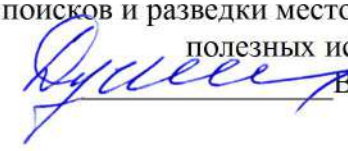
Критерии оценки:

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.06.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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^{o}) простирания, с севера и юга – субширотными (60^{o}). 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.

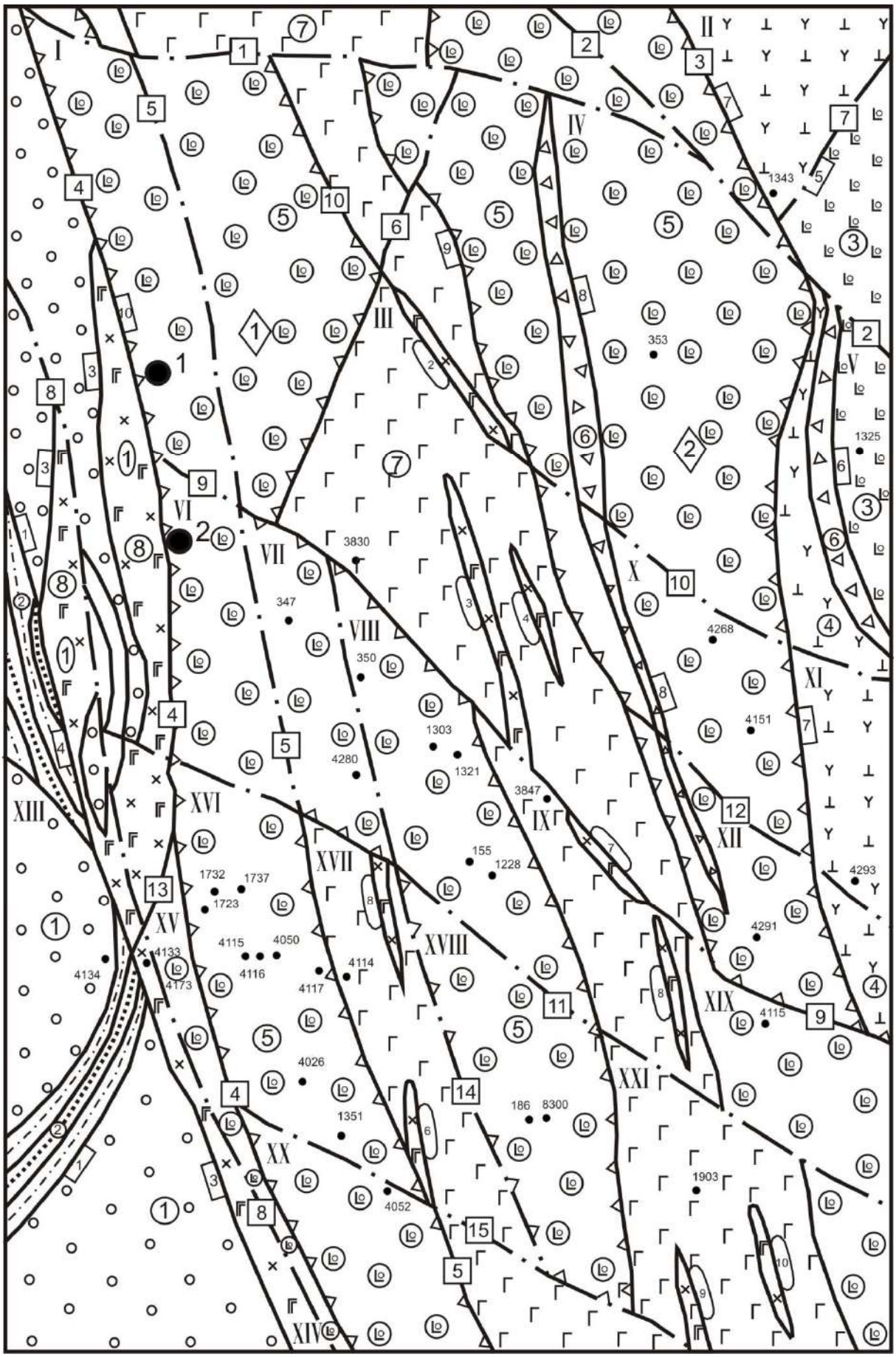
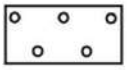


Рис. 1. Геологическая карта эталонного участка. Масштаб 1:25000

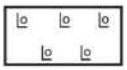
Условные обозначения к рисункам 1 и 2

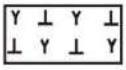
Литология

Верхняя свита

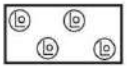
 Туфоконгломераты

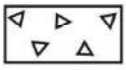
 Туфопесчаники и туфоалевролиты

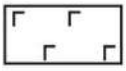
 Базальты и андезибазальты

 Дациты и андезидациты

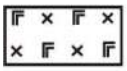
Нижняя свита

 Подушечные лавы подводных базальтов

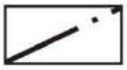
 Переотложенные гиалокластиты

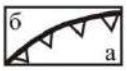
 Долериты и базальты долеритовой толщи

Интрузивные породы

 Габбродиориты

Структурные элементы

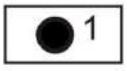
 Разломы



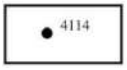
Контуры палеодепрессий (а) и разделяющих их поднятий (б)

 Геологические контакты

Рудные объекты

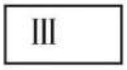


Месторождения

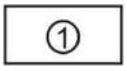


Рудные скважины

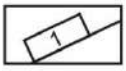
Нумерация структур



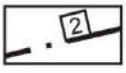
Номера ГОБ



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^{o}) 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^{o} с падением на запад под углом 45-50^{o}. 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^{o}). 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,

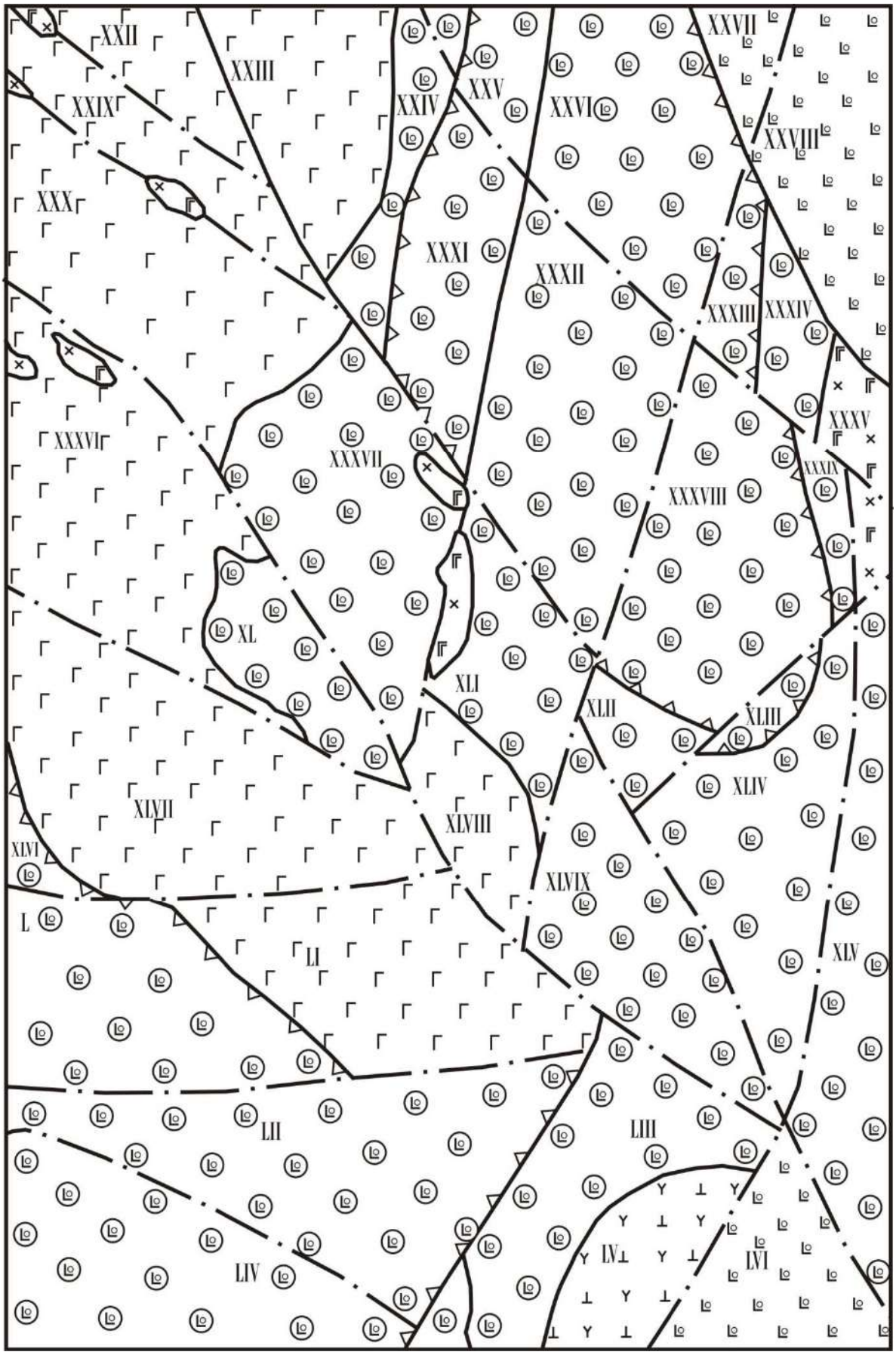


Рис. 2. Геологическая карта оцениваемого участка. Масштаб 1:25000

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 географимческие 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^{o}. 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.;

M – 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^{o}, 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^{o}.

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^{o} 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^{o}.

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

($\delta = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\beta \cdot \sin\varphi)$, 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

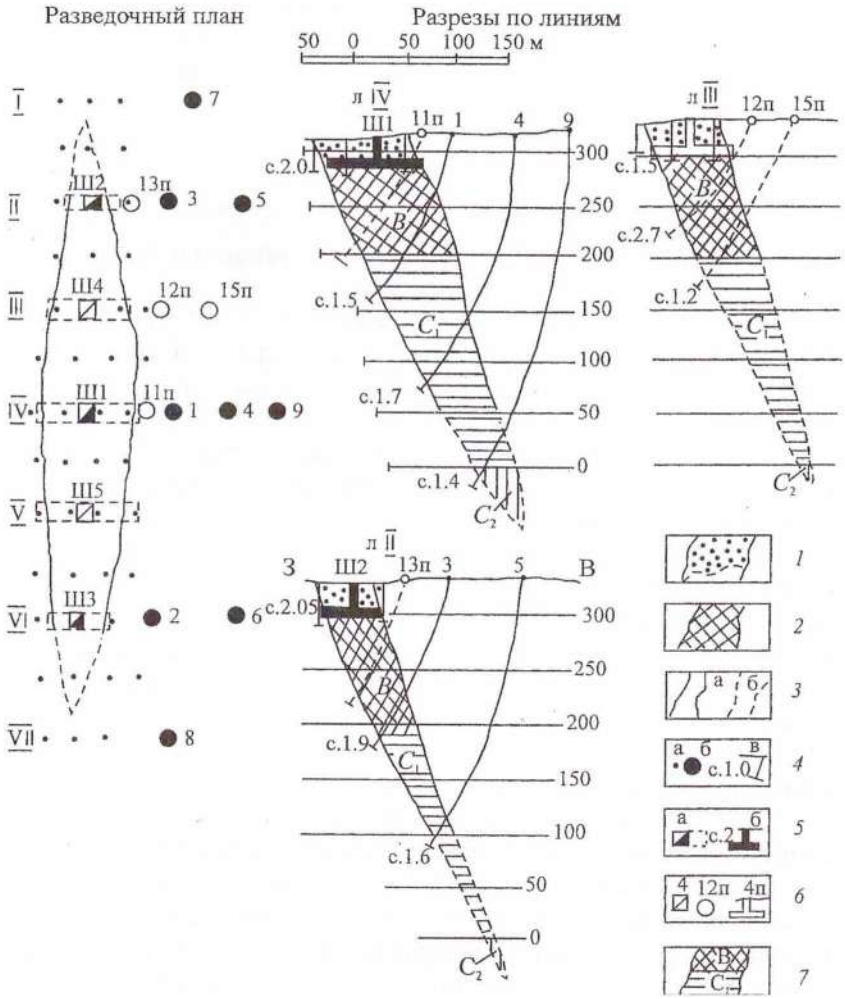


Рис. 2.2. Проект разведки медноколчеданного месторождения [Вопросы]:
1 – окисленные руды; 2 – первичные руды; 3 – контуры рудных тел: *а* – установленные, *б* – предполагаемые; 4 – скважины: *а* – картировочные, *б* – разведочные, *в* – среднее содержание по выработке; 5 – шурфы с рассечками: *а* – на 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).

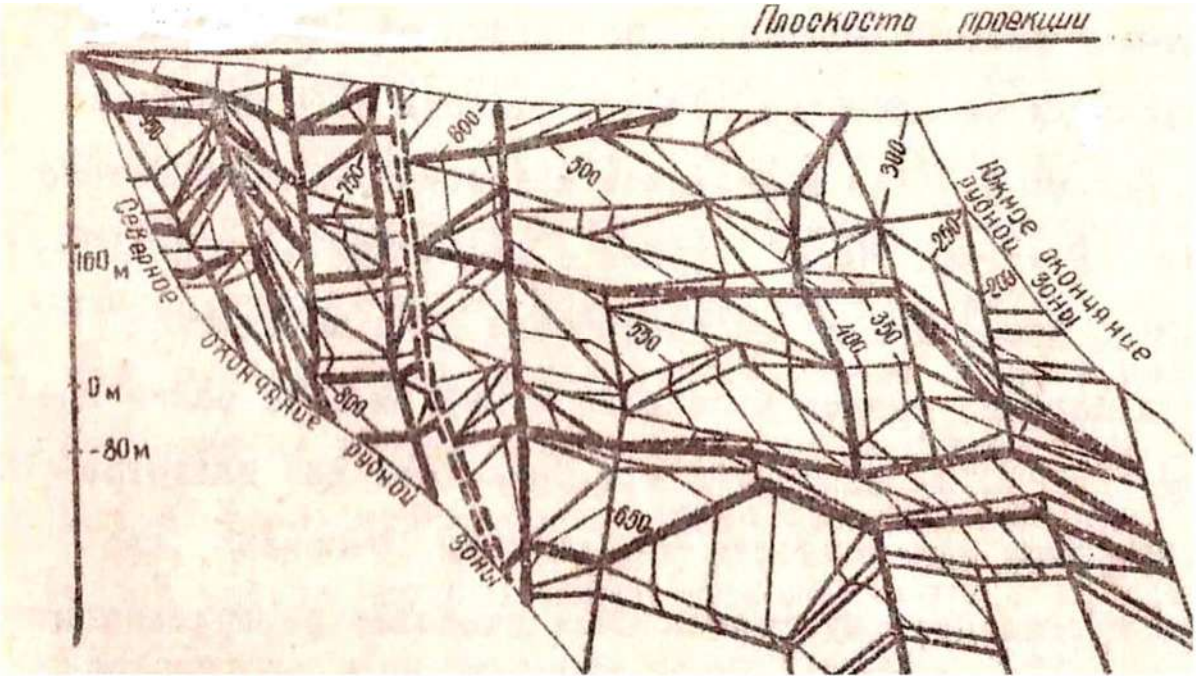


Рис. Продольная вертикальная проекция лежачего бока Главной рудной зоны Саурейского барит-свинцового месторождения (Полярный Урал)

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).

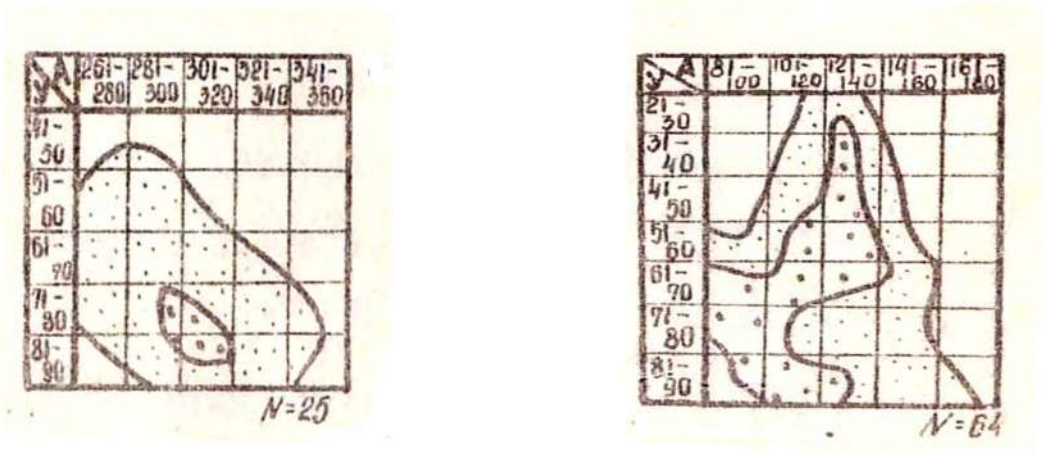


Рис. 2.4. Диаграммы зависимости содержания полезного компонента (слева) и мощности рудной зоны (справа) от элементов залегания рудоконтролирующей поверхности

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.

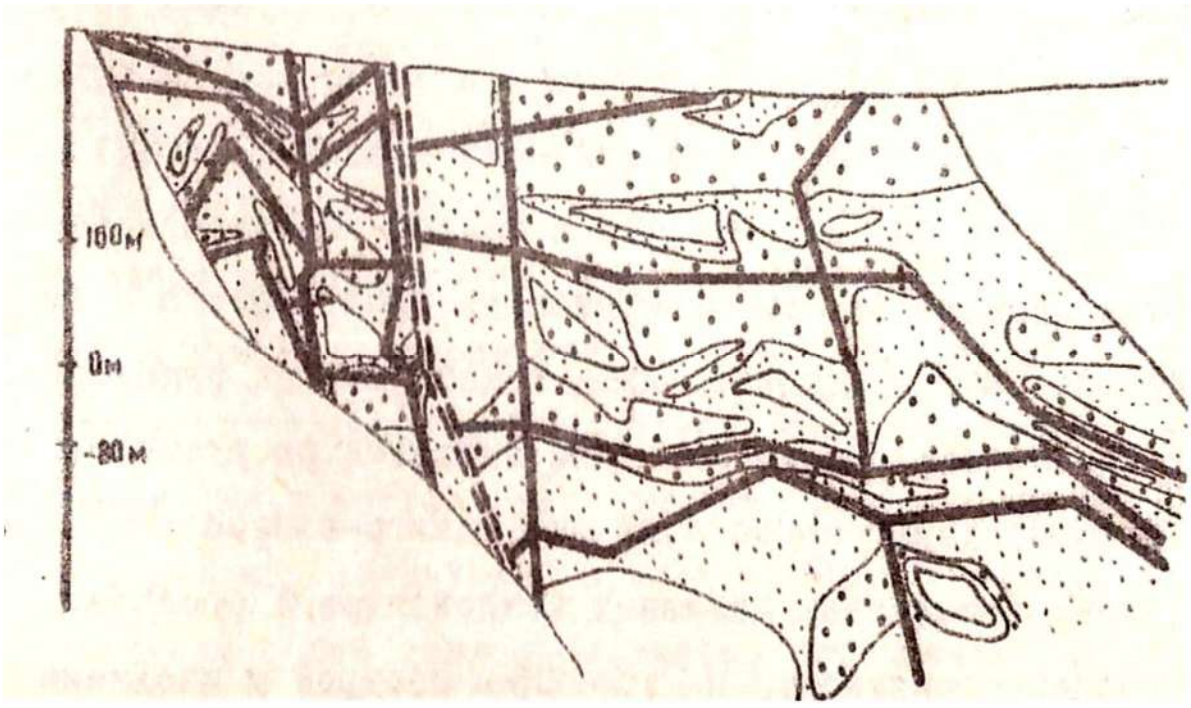


Рис. 2.5. Распределение разных типов рад в пределах рудоконтролирующей поверхности. Крупными точками показаны богатые руды, мелкими точками – средние, белыми оставлены участки с низким содержанием

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^o от 90^o на внешней окружности до 0^o в центре круга. Вдоль окружности по часовой стрелке надписываются азимуты от 0 до 360^o.

Такая сетка удобна для нанесения 200-300 точек и обеспечивает точность нанесения около 2^o, 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^o, при меньшем – в 15^o.

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^o 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^o 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^o, в подсчет плотности включаются противолежащие по диаметру площадки и полученные числа записываются на обоих концах диаметра.

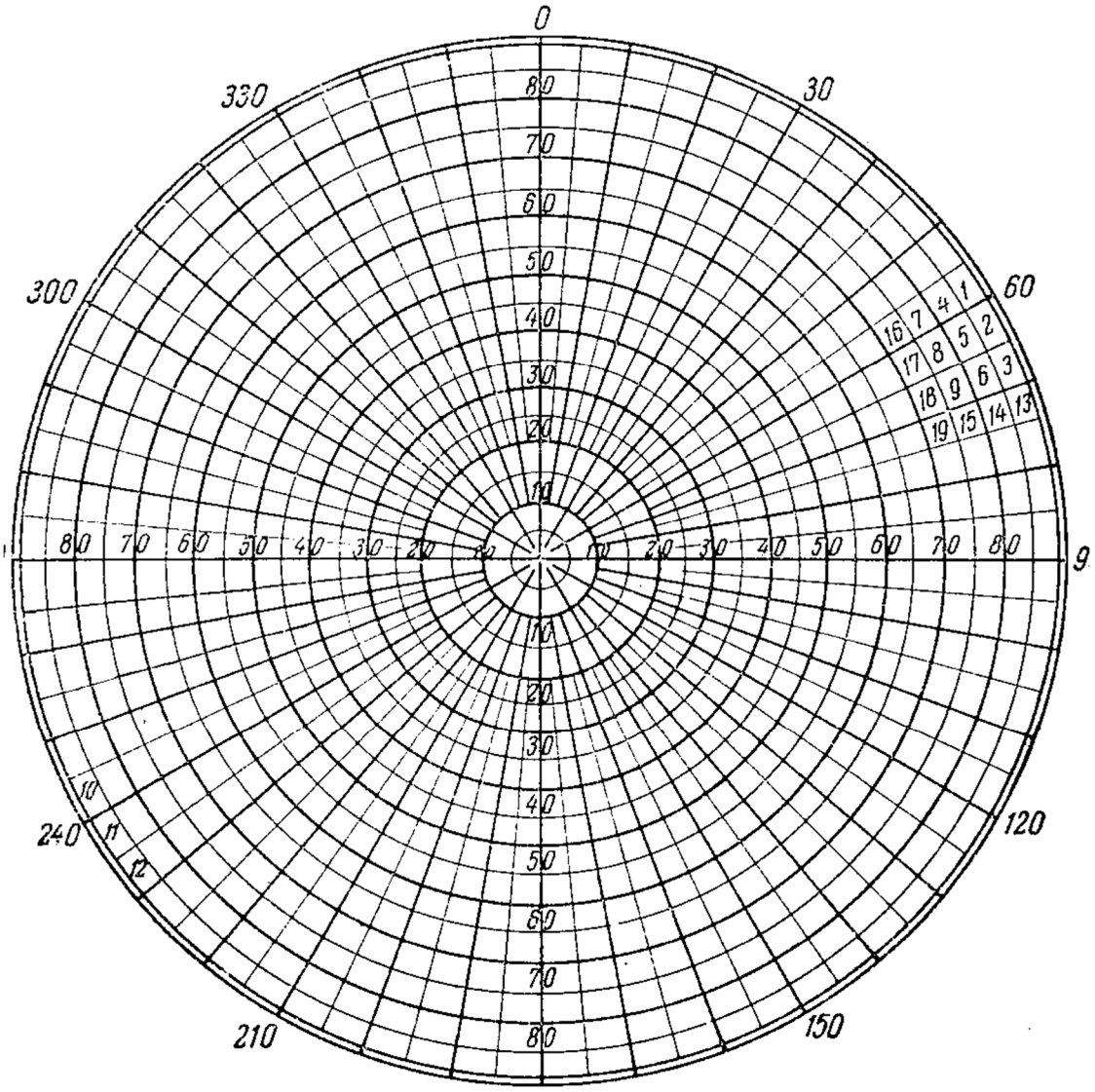


Рис. 2.6. Полярная сетка для круговой диаграммы

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).

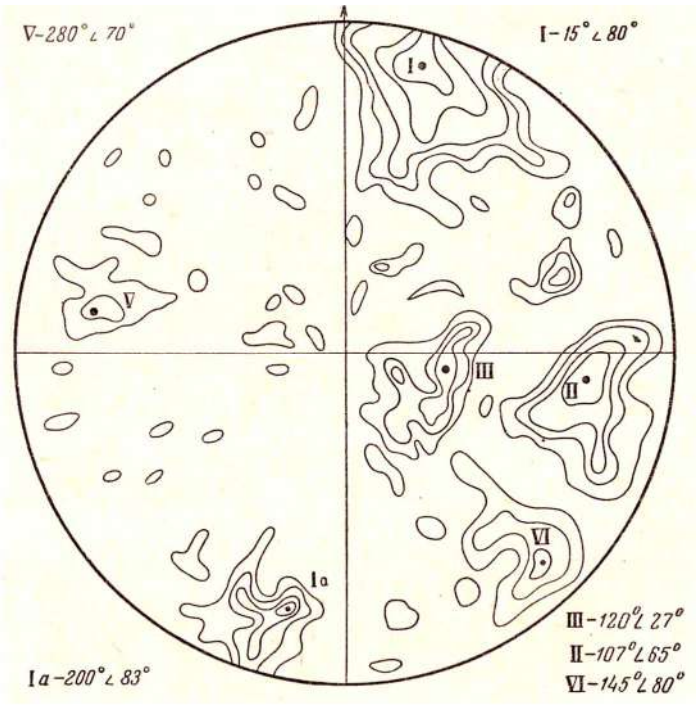


Рис. 2.7. Изолинии плотности трещин. 300 замеров. Изолинии 1 – 2 – 3 – 5 – 7 [КШ]

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^o, а по внешнему кругу – 0^o.

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.

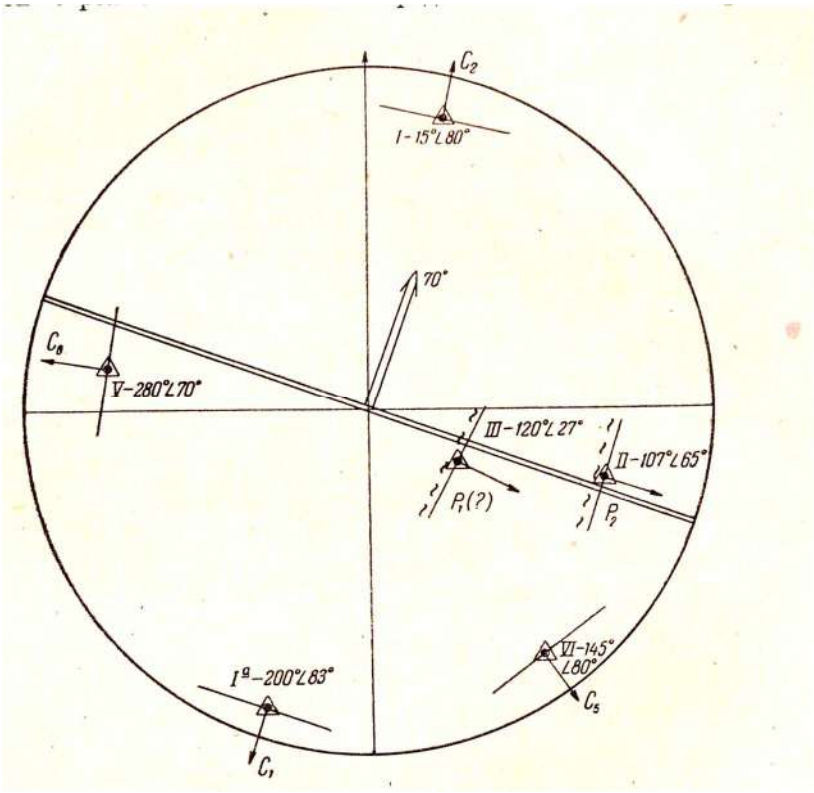


Рис. 2.8. Полюса плотности трещиноватости в кварцитовидных песчаниках [КШ]

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).

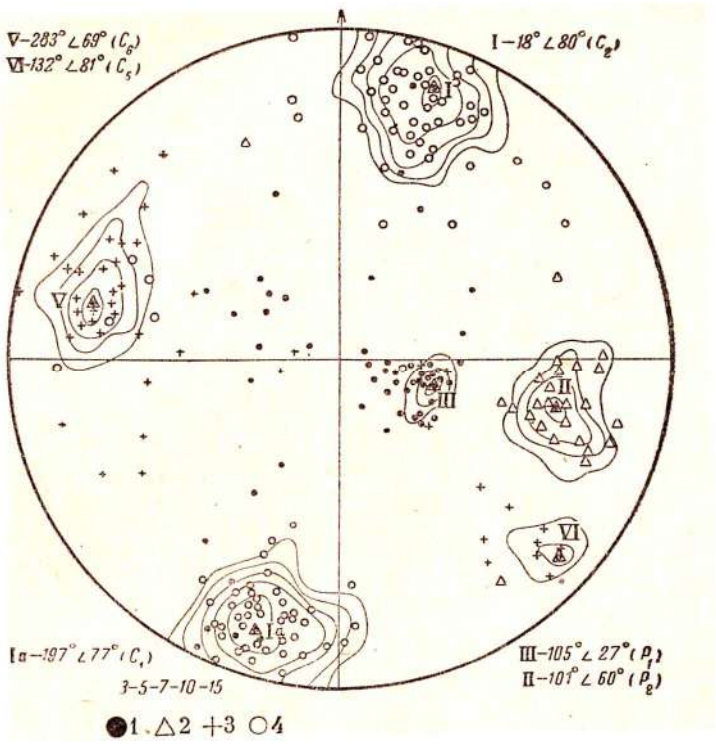


Рис. 2.9. Определение полюсов минерализованных трещин [КШ]:
1 – кальцит, 2 – кальцит с пиритом, 3 – кварц, 4 – руда

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^o). 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^o по азимуту и 20^o 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	

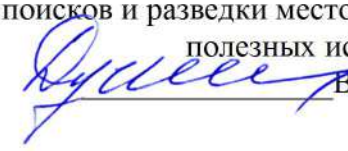
136	216	33	1	1	5	
137	273	71	1	1	2	Обломки
138	246	58	1	1	1	
139	212	57	1	1	5	
140	187	28	1	1	5	
141	262	78	1	1	5	
142	203	76	1	1	5	Обломки
143	134	82	1	1	2	Обломки
144	197	67	1	1	2	
145	139	68	1	1	5	
146	172	37	1	2	5	
147	146	55	1	1	5	
148	122	37	1	1	1	
149	82	66	1	1	1	
150	177	63	1	2	5	
151	136	64	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.06.01 СТРУКТУРЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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).

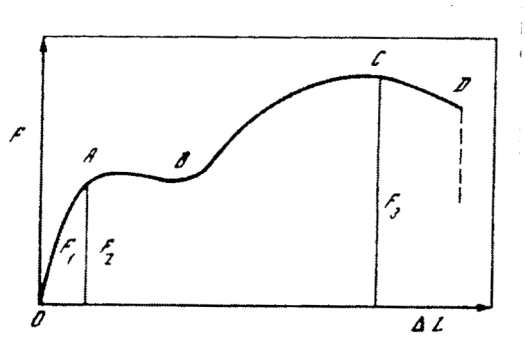


Рис. 1.1. Кривая деформаций [Старостин]: F – величина усилия; ΔL – приращение длины стержня; OA – упругая деформация (деформация прямо пропорциональна величине усилия); A – предел упругости (предел пропорциональности, отвечающий силе F_1); F_2 – усилие, отвечающее пределу упругости; AB – удлинение без 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.

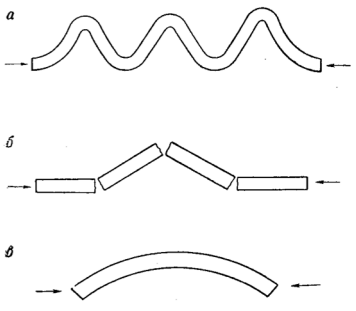


Рис. 1.2. Схемы деформации пластичного (*а*), хрупкого (*б*) и несущего (*в*) пластов, вызванной продольным изгибом. Разрезы [КШ]

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.

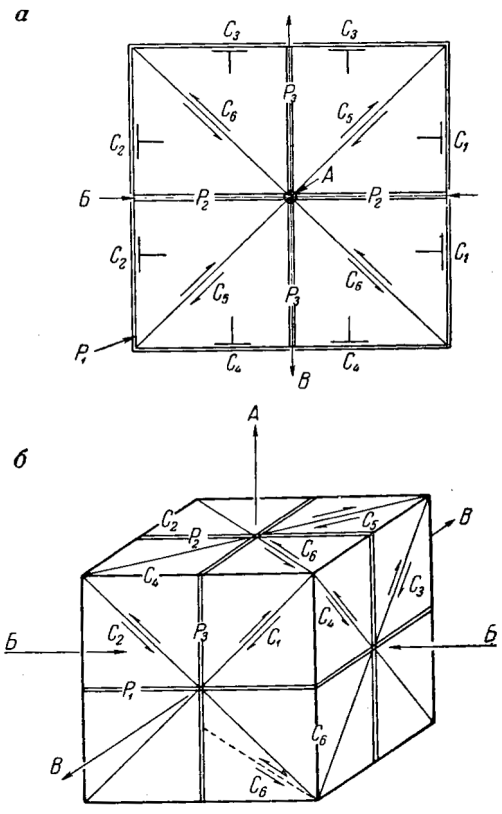


Рис. 1.3. Основные плоскости деформаций: *а* – в плане; *б* – в пространстве [КШ]. Плоскости: C_1 и C_2 – взброса; C_3 и C_4 – сброса и взброса; C_5 и C_6 – сдвига; P_1 – горизонтального отрыва; P_2 – отрыва; P_3 – сжатия

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.

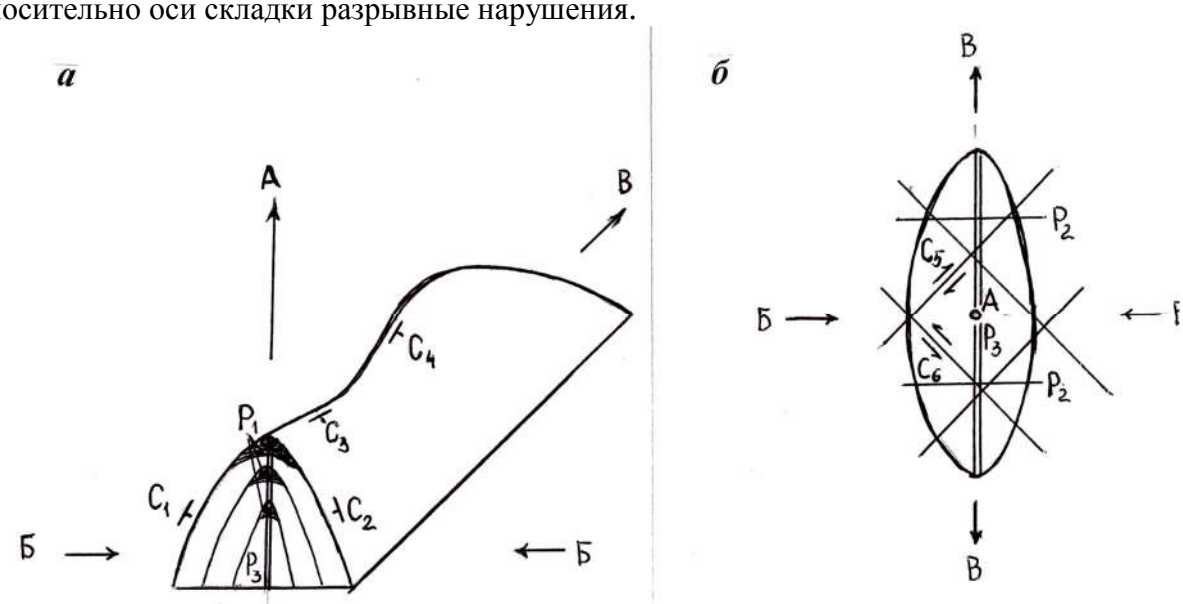


Рис. 1.4. Положение куба деформаций в складчатых структурах: *а* – в разрезе, *б* – в плане

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°.

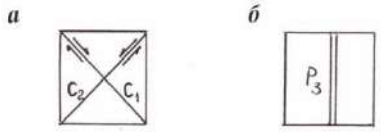


Рис. 1.5. Ориентировка сопряженных трещин в идеально хрупких (а) и в идеально пластичных (б) породах

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.

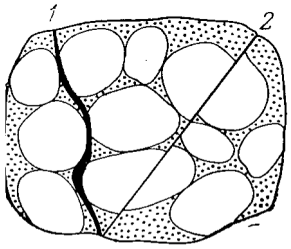


Рис. 1.6. Трещины отрыва (1) и скалывания (2) в конгломератах

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).

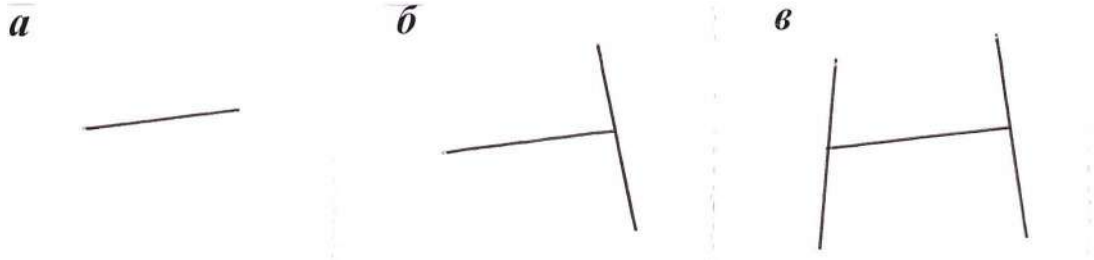


Рис. 1.7. Виды разломов по характеру окончания:
а – неограниченные, б – полуограниченные и в – ограниченные

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

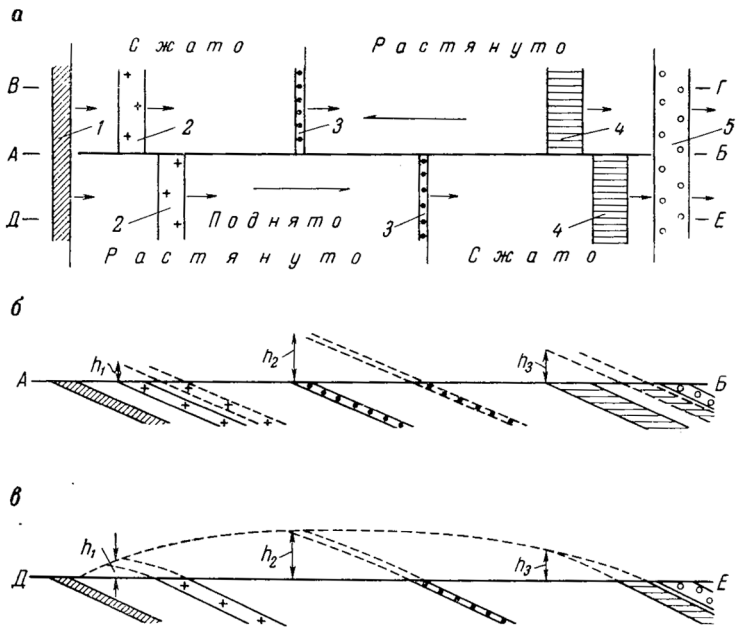


Рис. 1.8. Деформация разрыва со взбросо-сдвиговым перемещением [Кор., Ш.]:
а – план разрыва; пласты 1 и 5 не перемещены; *б* – совмещенный разрез по АБ; пунктиром указаны пласты поднятого блока ДЕ; *в* – деформация поднятого блока. Разрез

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^o называются *надвигами* или шарьяжами.

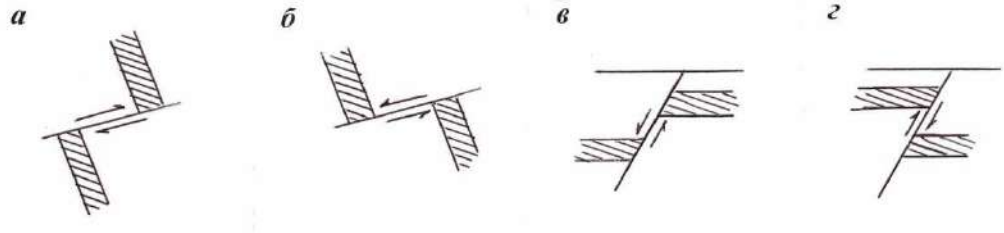


Рис. 1.9. Кинематические типы разломов: *а* – правый сдвиг; *б* – левый сдвиг; *в* – сброс; *г* – взброс

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.

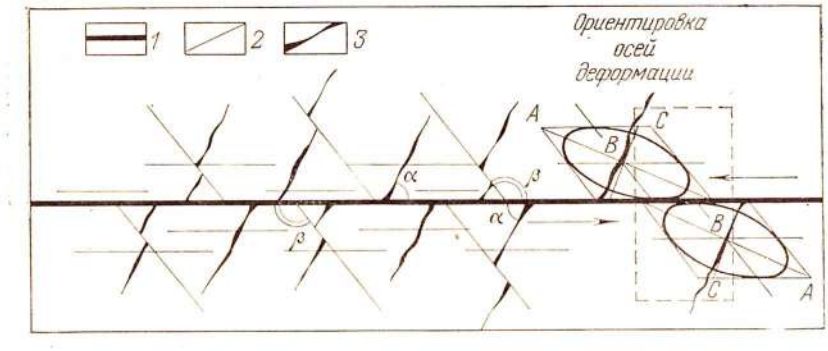


Рис. 1.10. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сдвиг [ВЯ]:
1 – главное разрывное нарушение; оперяющие трещины: 2 – скалывания, 3 – отрыва. A, B, C – главные оси деформации; α – острый угол, образованный оперяющими трещинами отрыва со сместителем в двигавшемся блоке; β – тупой угол, образованный 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.

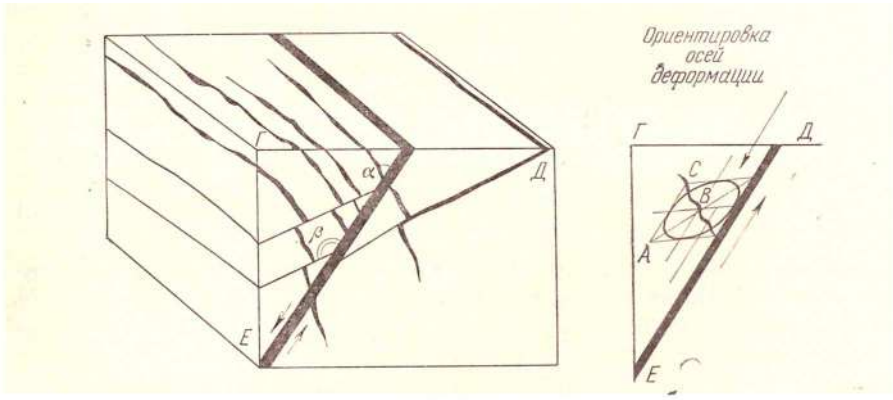


Рис. 1.11. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сброс [ВЯ]
Обозначения см. на рис. 1.10

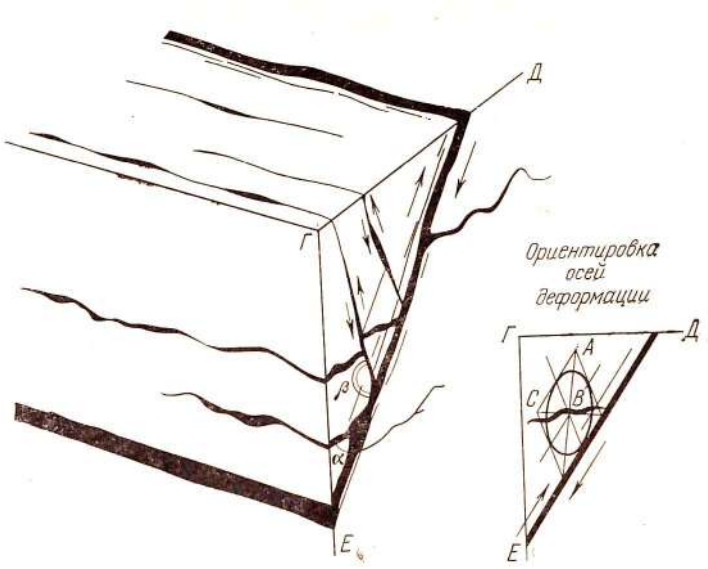


Рис. 1.12. Схема формирования боковых трещин, оперяющих взброс [ВЯ]
Обозначения см. на рис. 1.10

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.

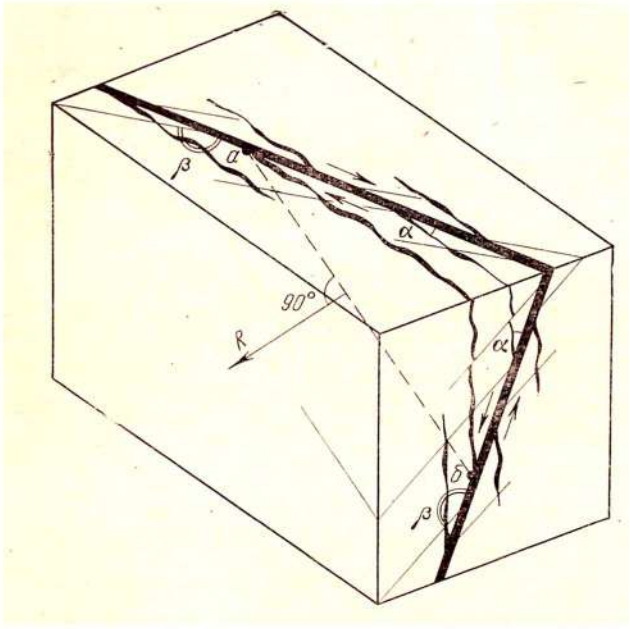


Рис. 1.13. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сбросо-сдвиг [ВЯ]:
R – направление перемещения висячего бока сбросо-сдвига, перпендикулярное к линии сопряжения (*аб*) оперяющей трещины отрыва со сместителем. Остальные обозначения см. на рис. 1.10

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).

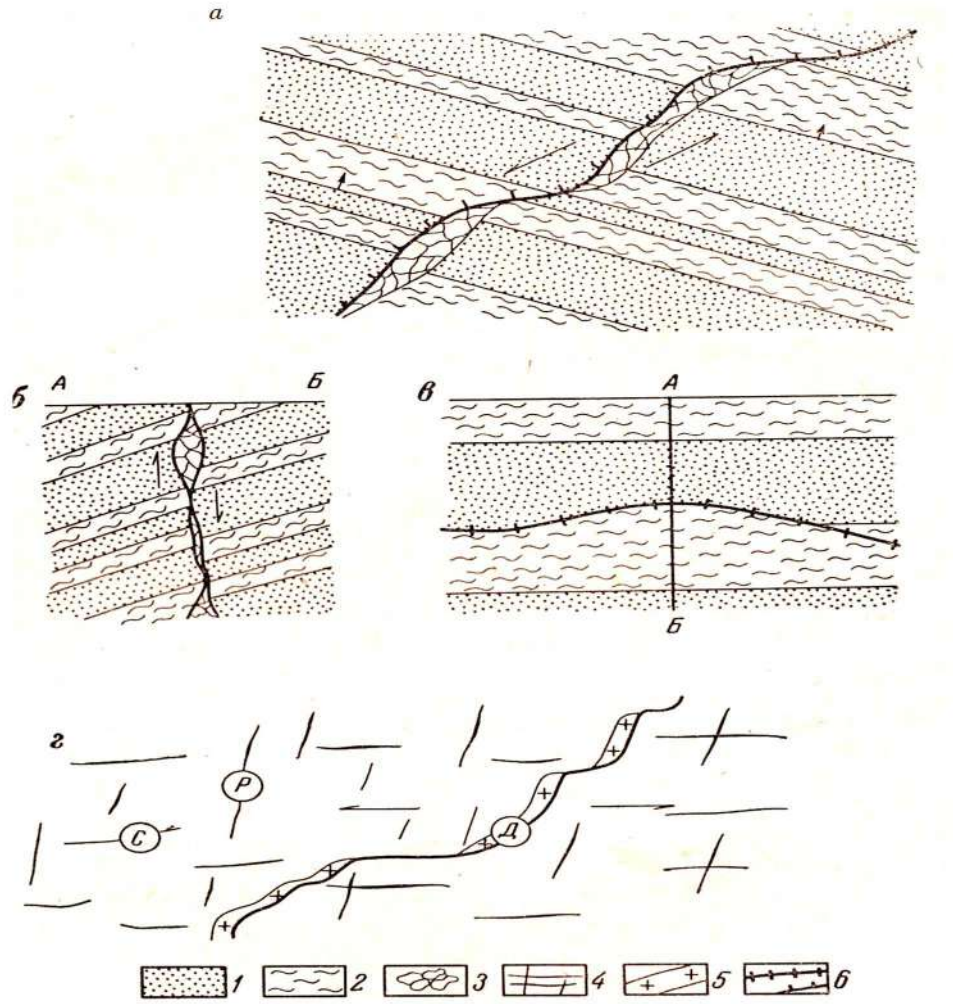


Рис. 1.14. Волнистость поверхностей разломов [КШ]:
а – крутопадающая волнистость в разломе среди анизотропных пород (план); *б* – волнистость продольного разлома в свите наклоннопадающих пластов (разрез); *в* – то же, в плане; *г* – волнистость разлома среди интрузивных пород; *1* – хрупкий пласт; *2* – 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 короблены х. 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.

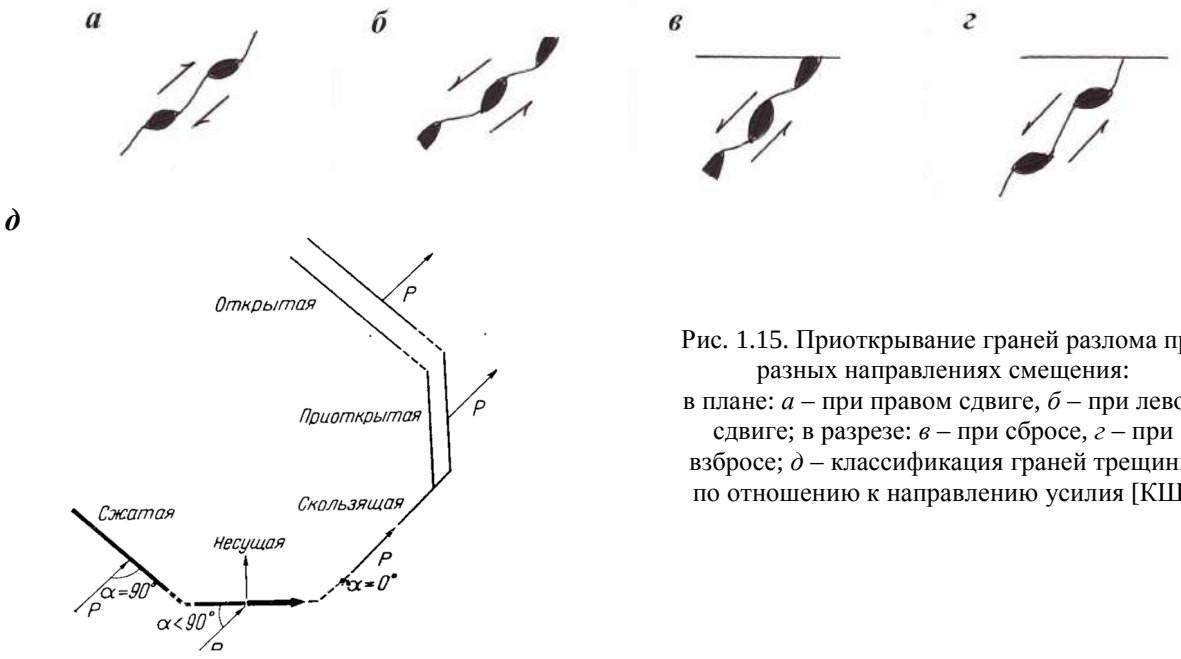


Рис. 1.15. Приоткрывание граней разлома при разных направлениях смещения: в плане: *а* – при правом сдвиге, *б* – при левом сдвиге; в разрезе: *в* – при сбросе, *г* – при взбросе; *д* – классификация граней трещины по отношению к направлению усилия [КШ]

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.

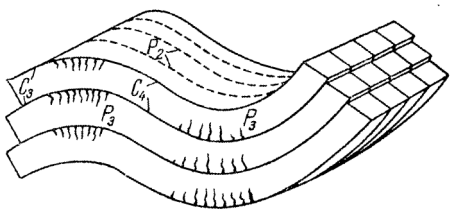


Рис. 1.16. Системы трещин, возникающие в концентрических складках жестких пластов [КШ]

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.

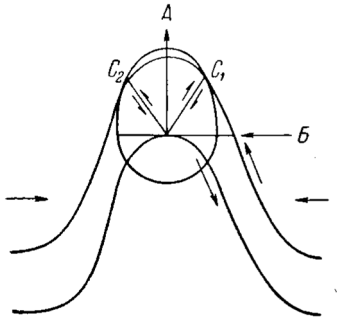


Рис. 1.17. «Подобные» складки, возникающие при продольном изгибе в пластичных породах. Разрез [КШ]

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.

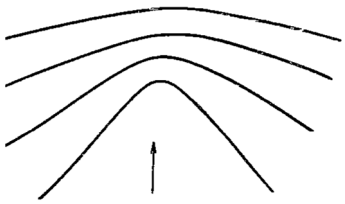


Рис. 1.18. Складка поднятия в пластичных породах с уменьшением мощности в осевой части. Разрез [КШ]

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.

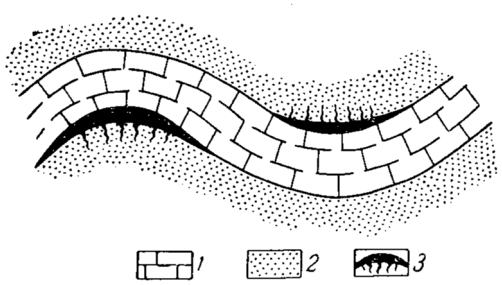


Рис. 1.19. Распределение пустот и трещин (3) при совместном изгибе несущего пласта (1), залегающего между двумя хрупкими (2). Разрез [КШ]

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.

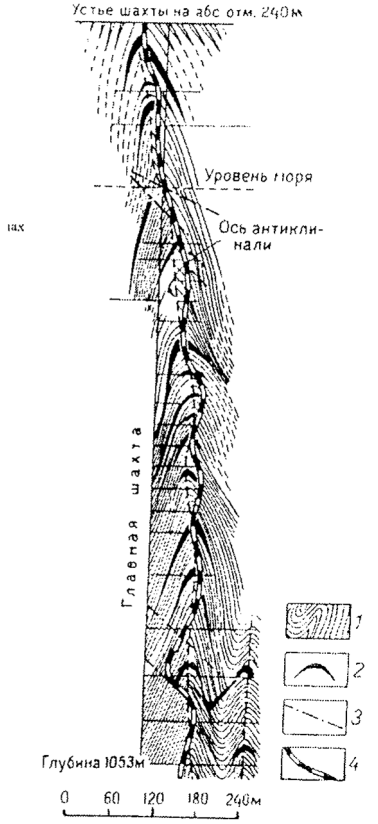


Рис. 1.20. Многоэтажные седловидные золото-кварцевые жилы на месторождении Бендиго, Австралия (по У. Стоуну)

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.

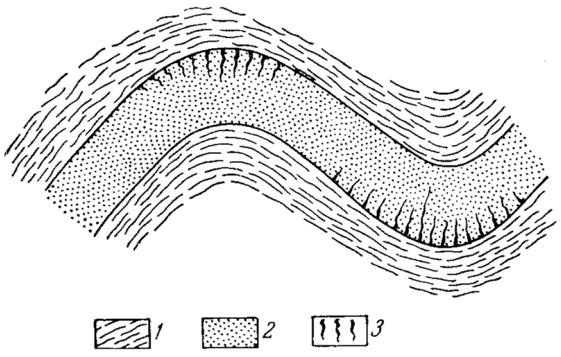


Рис. 1.21. Распределение трещин (3) при совместном изгибе хрупкого пласта (2), залегающего между пластичными (1). Разрез [КШ]

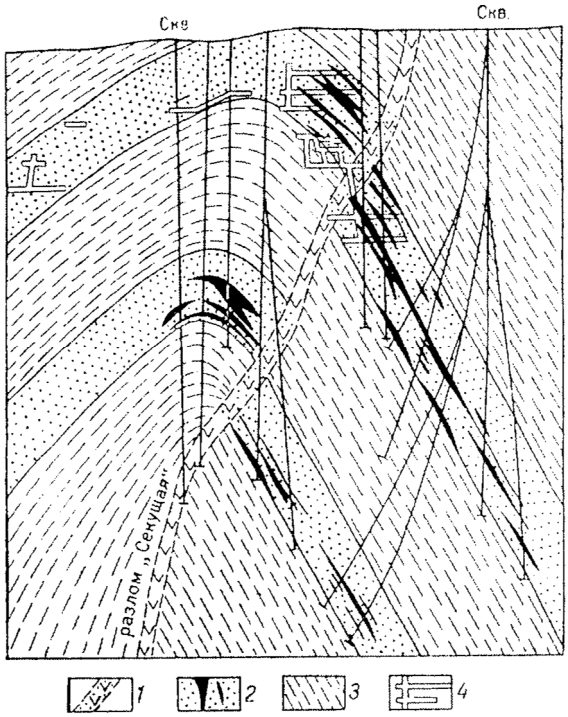


Рис. 1.22. Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения в Донбассе (по А. Добрянскому): 1 – зона брекчирования разлома «Секущая»; 2 – оруденение в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 4 – подземные горные выработки

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.

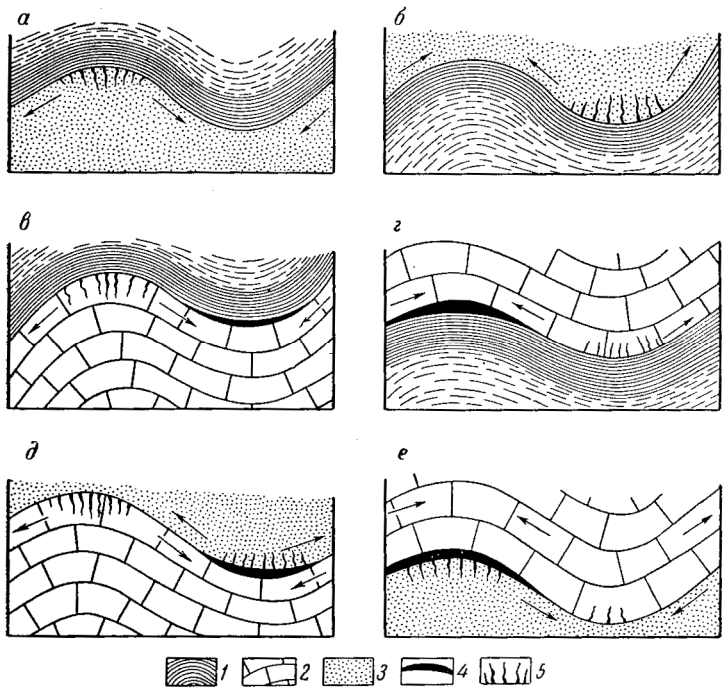


Рис. 1.23. Результаты изгибания разных (*а – е*) систем двух разнородных пластов [КШ]:

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.

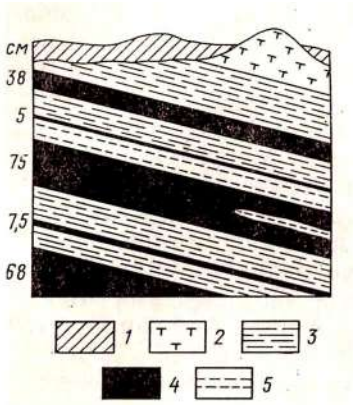


Рис. 1.24. Пластовые залежи хромитов в Бушвельдском комплексе в Южной Африке (по В. Купфербюргеру):
1 – четвертичные отложения; 2 – анортозиты; 3 – диаллаговые габбро; 4 – хромиты; 5 – бронзито-диаллаговые породы

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).

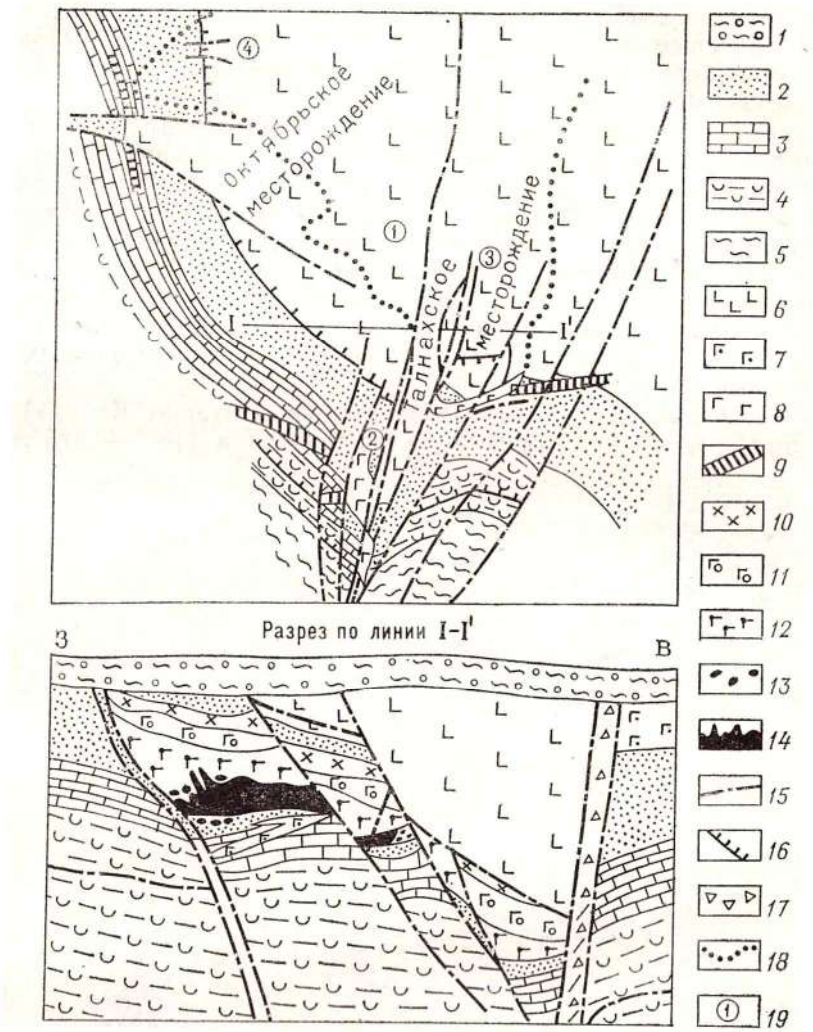


Рис. 1.25. Схематический план Талнахского рудного поля и разрез юго-западной части Талнахского месторождения (по В. Ф. Кравцову и А. В. Тарасову):
1 – четвертичные отложения; 2 – угленосные отложения P-C; 3 – карбонатная толща D_3; 4 – ангидрит-мергелистая толща D_2; 5 – карбонатно-глинистая толща D_1; 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.

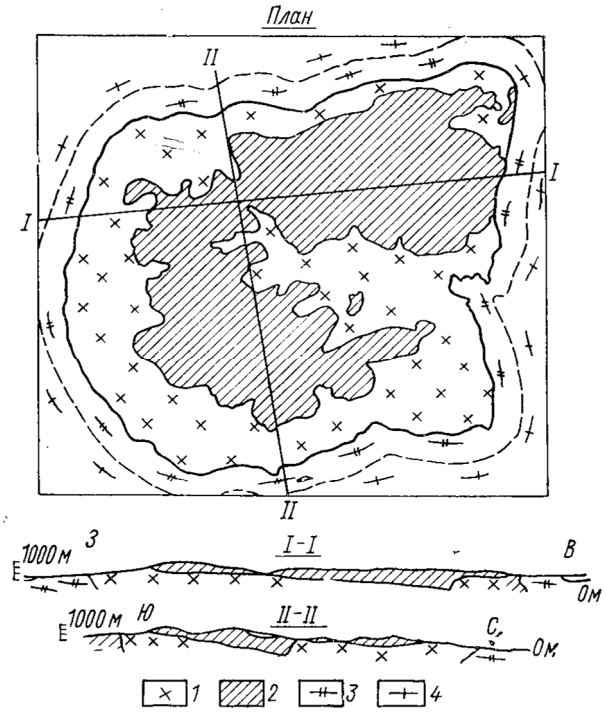


Рис. 1.26. Геологическое строение массива редкометальных нефелиновых сиенитов (по Власову К. А. и др.): 1 – дифференцированный комплекс нефелиновых сиенитов; 2 – эвдиалитовые лувритыв и эвдиалититы; 3 – фениты; 4 – гнейсы и гранитогнейсы

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.

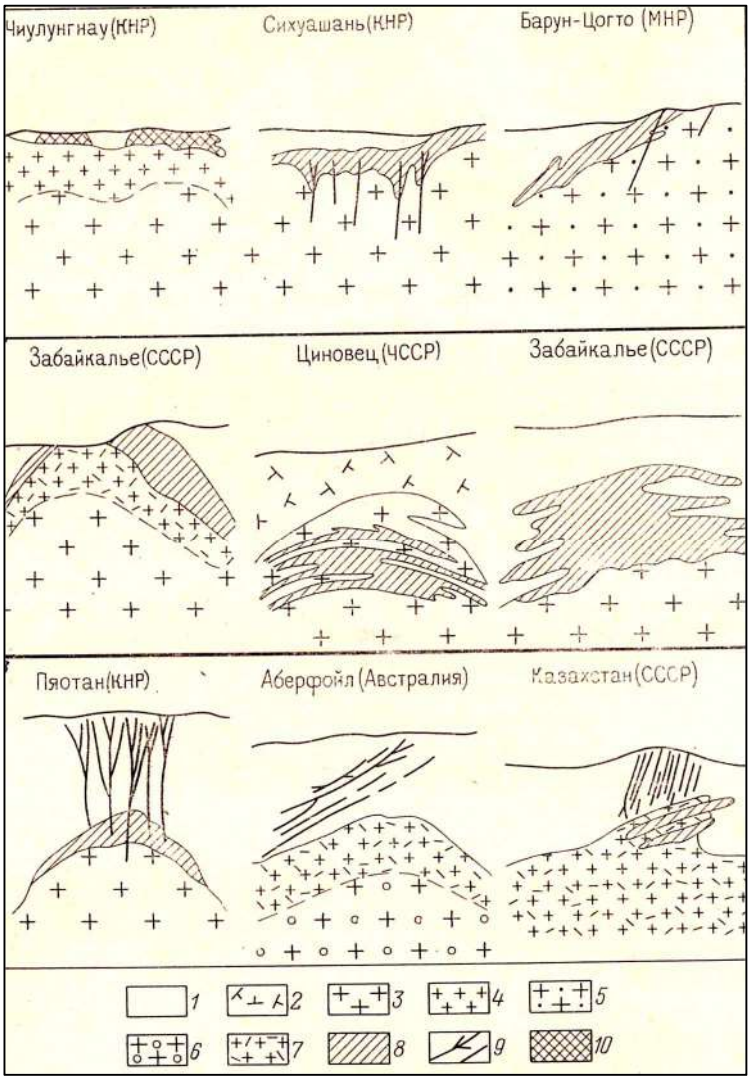


Рис. 1.27. Схемы взаимосвязи разных структурно-морфологических типов грейзеновых месторождений с формой кровли гранитных массивов (по Д. В. Рундквисту и др.):
верхний ряд – горизонтальная или очень пологая кровля; средний ряд – купольная с пологими апофизами; нижний ряд – купольная с наклонными и крутопадающими 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.

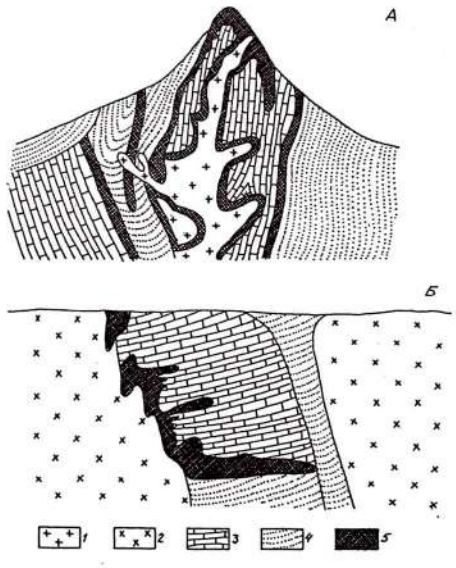


Рис. 1.28. Схематические геологические разрезы скарновых месторождений:
А – Тырныаузского вольфрам-молибденового (по А. В. Пэку); Б – Фроловского – медные Турьинские рудники (по Я. П. Баклаеву):
1 – граниты; 2 – диориты; 3 – известняки; 4 – вулканогенно-осадочные породы; 5 – скарны с рудной минерализацией

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).

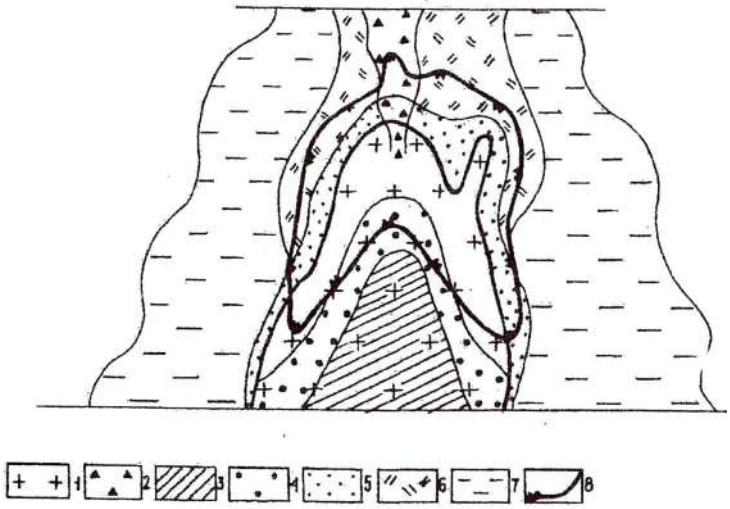


Рис. 1.29. Модель медно-порфирового месторождения (по А. И. Кривцову):
1 – рудоносный порфировый интрузив; 2 – брекчиевая атрубка; 3 – кварцевое «ядро»; 4 – зона калишпатизации и биотитизации; 5 – зона окварцевания и серицитизации; 6 – зона аргиллизации; 7 – пропидлитизированные породы интрузивной рамы; 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.

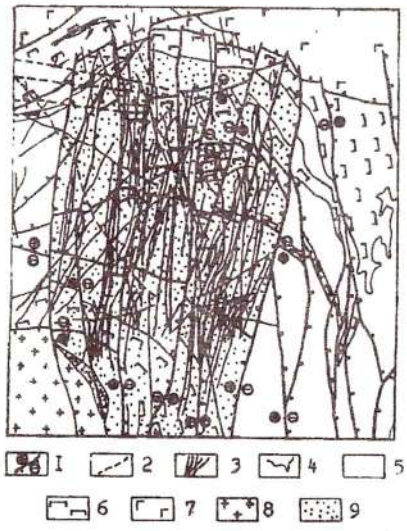


Рис. 1.30. Березовское рудное поле (Средний Урад) [Б]:
1 – додайковые разломы, штрихами показано направление падения разломов, знаками плюс и минус – приподнятый и опущенный блоки соответственно; 2 – последайковые разломы; 3 – дайки гранитоидов; 4 – межформационные контакты; формации: 5 – базальтовая, 6 – гипербазитовая, 7 – габбро-диорит-долеритовая; 8 – гранитовая; 9 – рудное поле

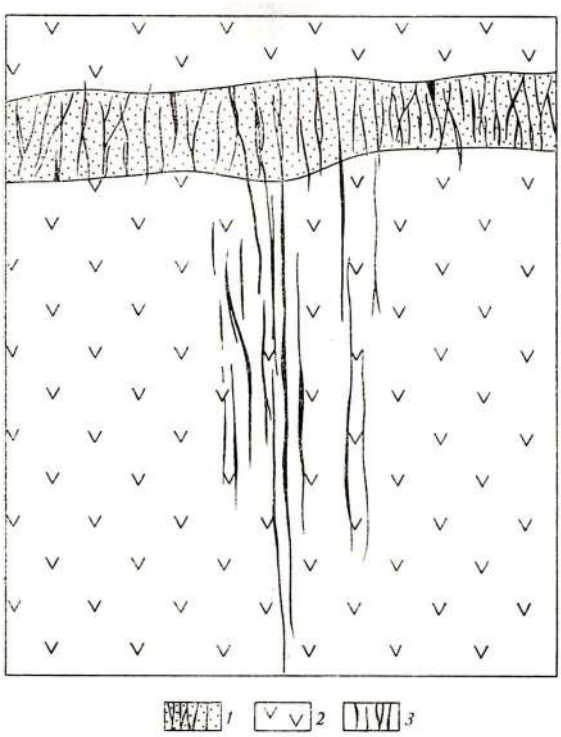


Рис. 1.31. Фрагмент Березовского рудного поля (по М. и Н. Бородаевским):
1 – березитизированная дайка гранит-порфира с лестничными жилами; 2 – змеевики; 3 – красичные жилы

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.

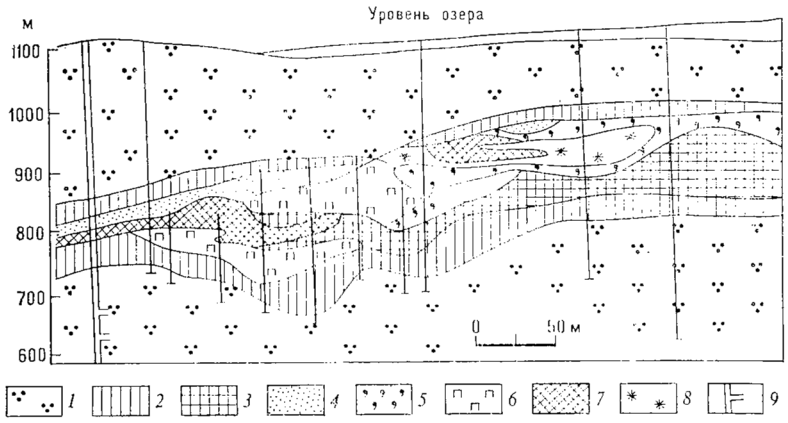


Рис. 1.32. Разрез главного пегматитового тела месторождения Берник-Лейк (по Р. А. Гроузу и П. Черны):
1 – амфиболиты; 2-8 – пегматиты: 2 – внешняя кварц-альбитовая зона с микроклин-пертитом и турмалином, 3 – нижняя промежуточная зона микроклин-пертит-кварц-альбитовая со сподуменом, 4 – линзы мелкозернистого 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).

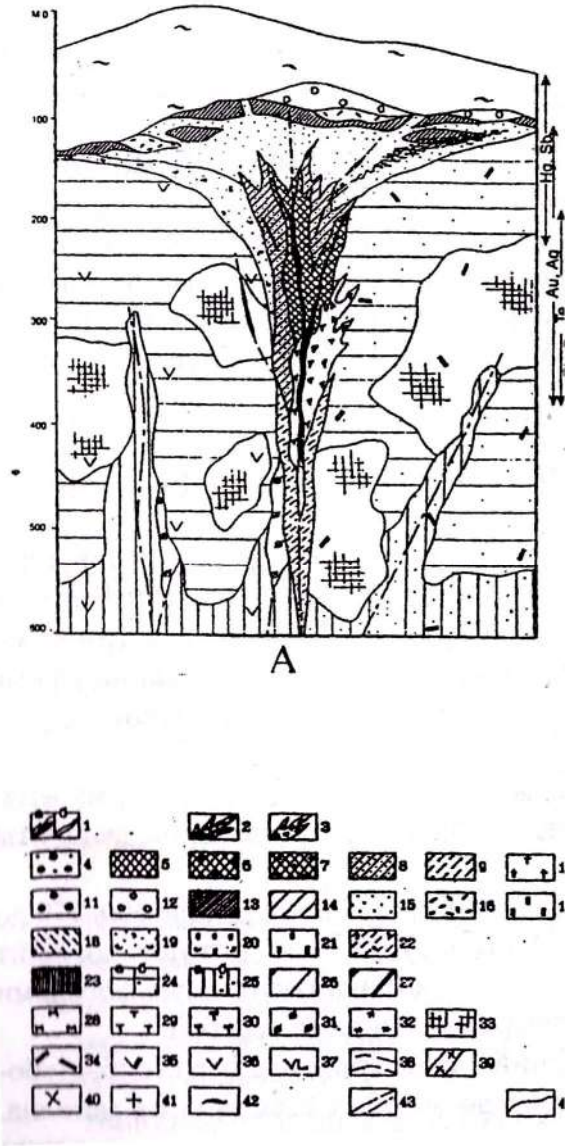


Рис. 1.33. Модель зональности золото-серебряного месторождения Карамкен (Магаданская обл.) [Бен]: 1 – жилы и прожилки: рудные (а), безрудные (б); 2-3 – предрудные изменения: 2 – зоны адуляр-кварц-сульфидного прожилкования, 3 – гидротермальные брекчии; 4-10 – околотрещинные метасоматиты: 4 – существенно 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).

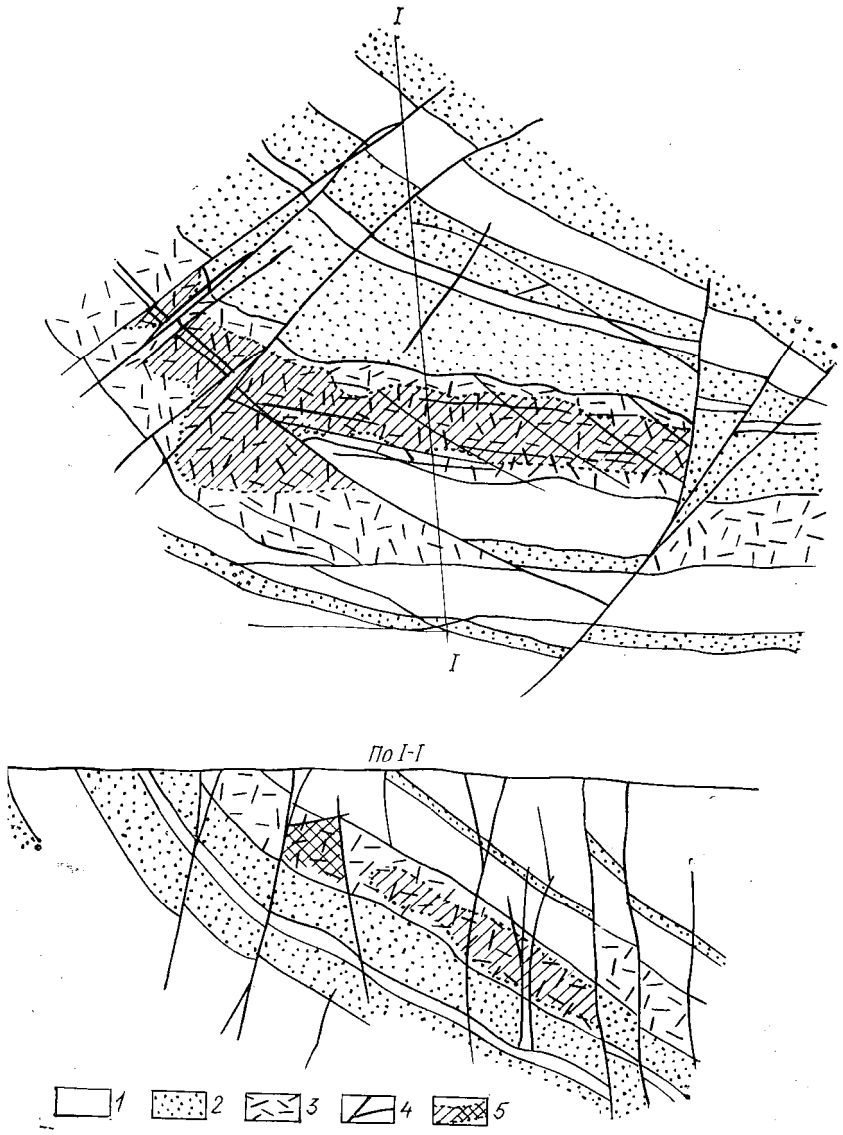


Рис. 1.34. Урановое оруденение в сферолитовых риолитах
(по Н. П. Лаверову):
1 – порфировые базальты и их туфы; 2 – песчаники; 3 – сферолитовые туфолавы фельзитовых риолитов; 4 – разрывы; 5 – рудные тела и обогащенные участки

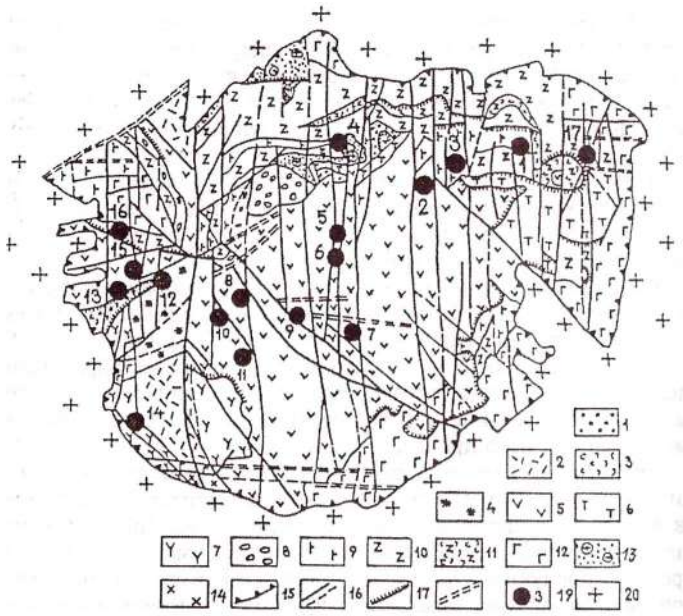


Рис. 1.35. Схема геологического строения Стрельцовского рудного поля (по Л. П. Ищуковой):
1 – песчаники, алевролиты, гравелиты; 2 – риолиты и их лавобрекчии покровной фации; 3 – туфы кислого состава; 4 – сферолитовые риолиты; 5 – фельзиты; 6 –трахибазальты, андезиты; 7 – риолиты; 8 – конгломераты; 9 – 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

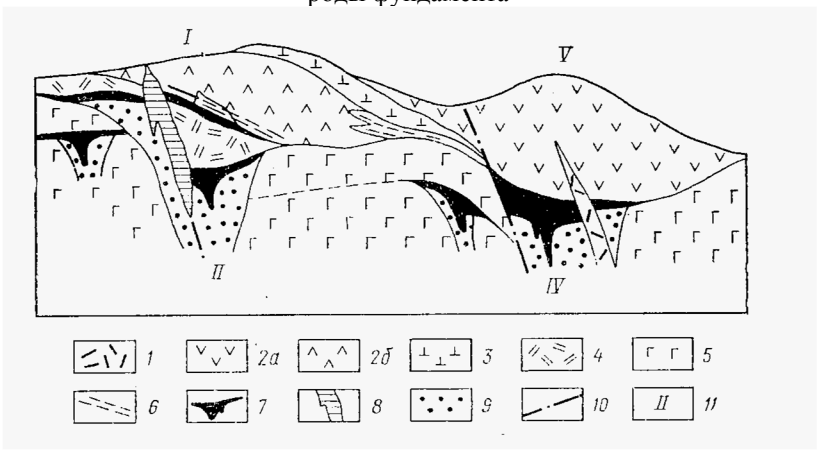


Рис. 1.36. Вулкано-биклинальная структура медноколчеданного месторождения Юбилейное (по О. В. Мининой). Палеовулканическая реконструкция (разрез):
1 – субвулканические порфировые риодациты; 2 – дацитовые толщи (*а* – верхняя, *б* – нижняя); 3 – верхняя базальтовая толща; 4 – андезидацитовая толща; 5 – 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.

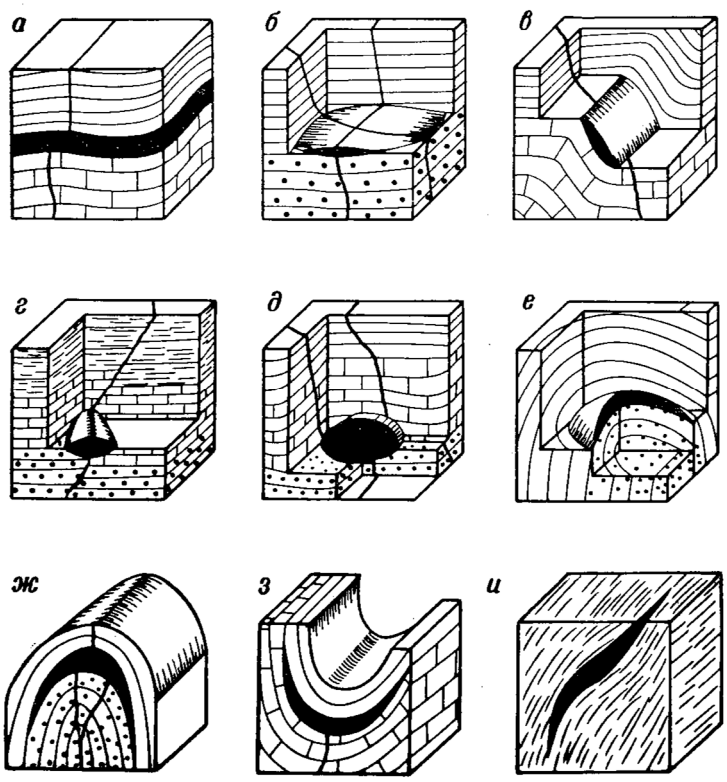


Рис. 1.37. Согласные рудные тела [КШ]:
а – рудный пласт; *б* – рудная залежь; *в* – рудная лента; *г* – брусковидное тело; *д* – рудное гнездо; *е* – куполовидная залежь; *ж* – седловидная залежь; *з* – корытовидная залежь, *и* – флексурная линза

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.

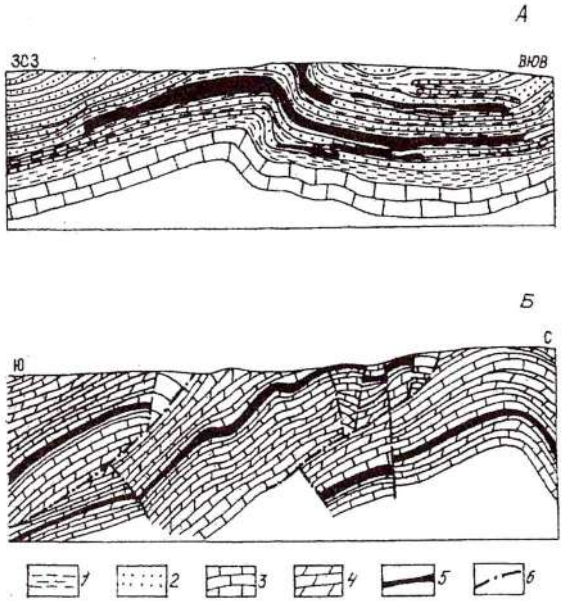


Рис. 1.38. Схематические геологические разрезы стратиформных месторождений: *А* – Джезказганского медистых песчаников (по материалам Джезказганской ГРЭ); *Б* – Миргалимсайского полиметаллического (по материалам Миргалимсайской ГРП): 1 – красноцветные песчаники, алевролиты; 2 – рудоносные сероцветные 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.

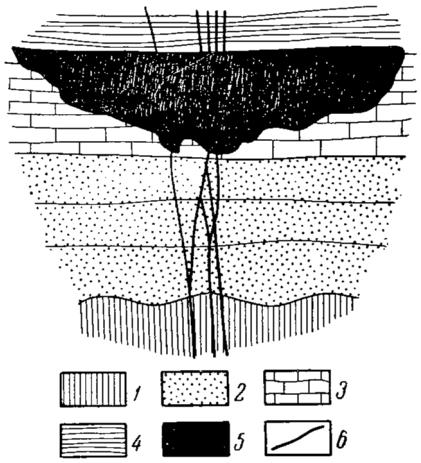


Рис. 1.39. Замещение доломитов рудой, растекающейся под экраном сланцев. Месторождение Блэк Хилс (по В. Линдгрену):
1 – древние сланцы; 2 – кварциты; 3 – доломиты; 4 – алевролиты; 5 – руда; 6 - трещины

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.

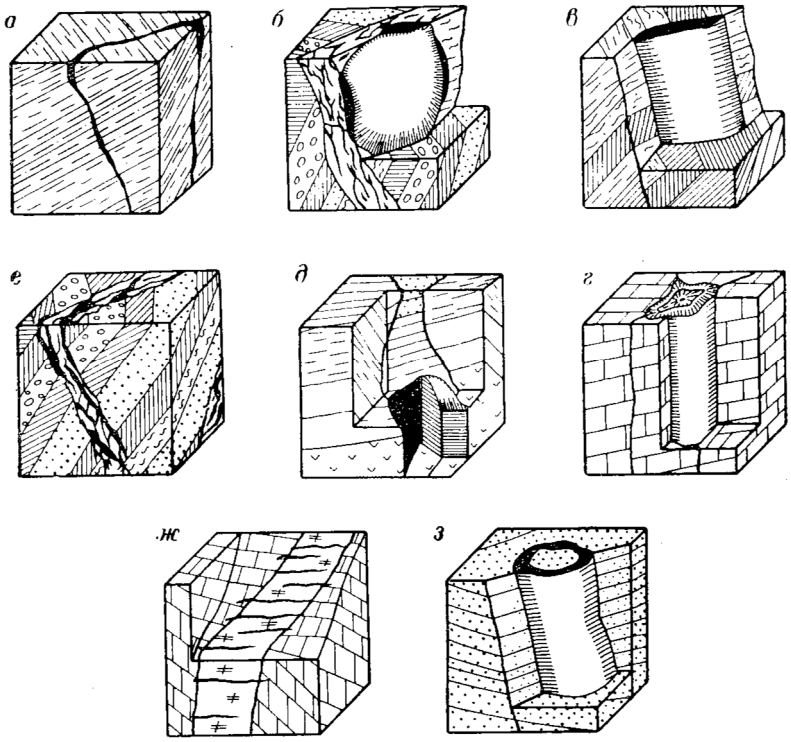


Рис.1.40. Секущие рудные тела [КШ]:
а – жила; *б* – рудный диск; *в* – рудный столб; *г* – трубчатая жила сплошная; *д* – шток; *е* – сложная жила; *ж* – лестничные жилы; *з* – трубчатая жила кольцевая

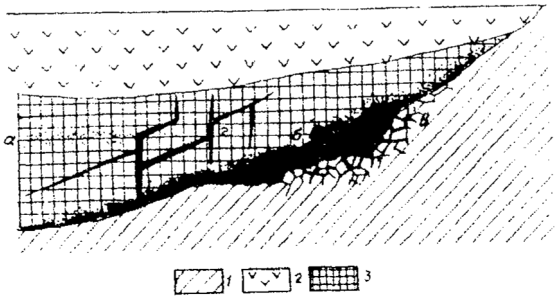


Рис. 1.41. Морфогенетические типы рудных тел ликвационных медно-никелевых месторождений (по В. И. Смирнову):
А – висячие вкрапленники; б – донные массивные залежи; в – приконтактовые брекчиевидно-цементные руды; г – жилы; породы: 1 – подстилающие; 2 – перекрывающие, 3 – вмещающие габброиды

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).

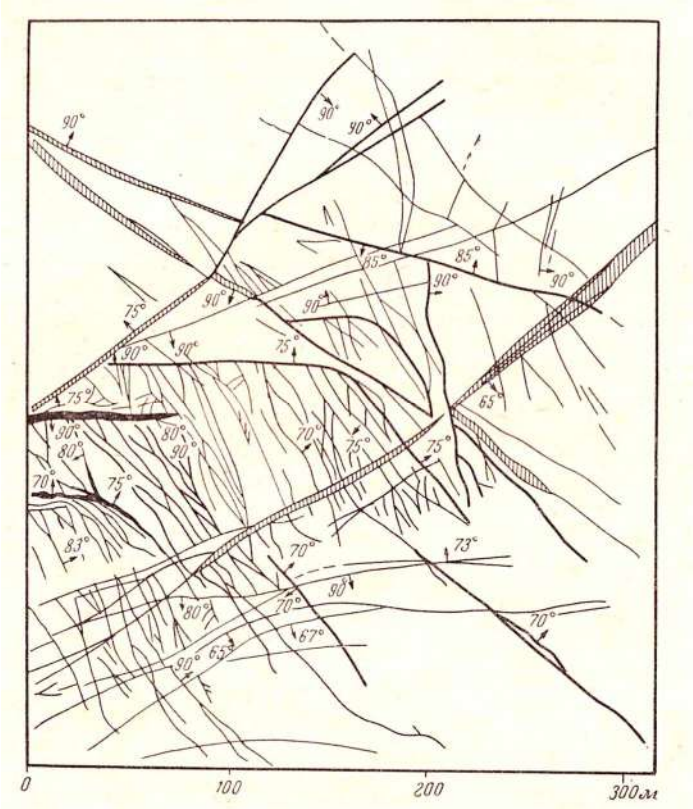


Рис. 1.42. Структура «конского хвоста». Жила Колюза-Леонард, месторождение Бьютт, штат Монтана (по А. М. Бэтману)

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^{o}, 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.

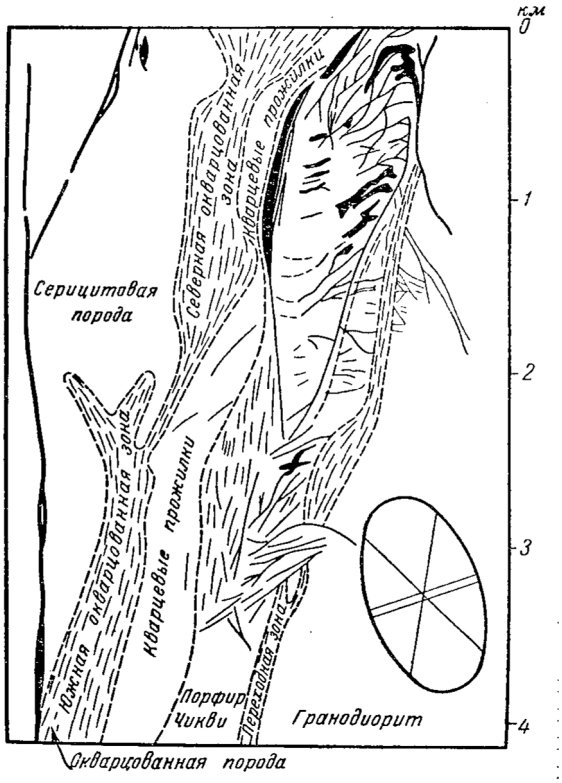


Рис. 1.43. Строение сложного разлома Чукикамата (по А. М. Бэтману):
рудные тела показаны черным цветом

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.

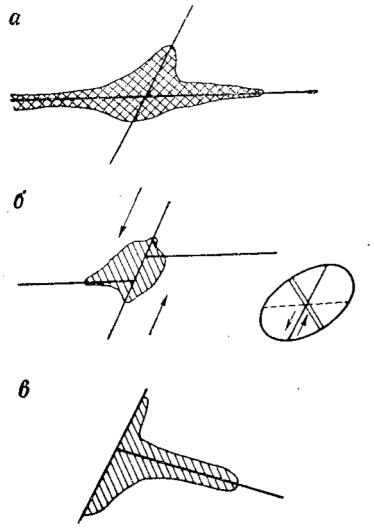


Рис. 1.44. Пересечения трещин [КШ]:
полное без смещения (*а*), полное со смещением (*б*), ограниченное (*в*):
штриховкой показаны возможные формы рудных столбов в поперечном сечении

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.

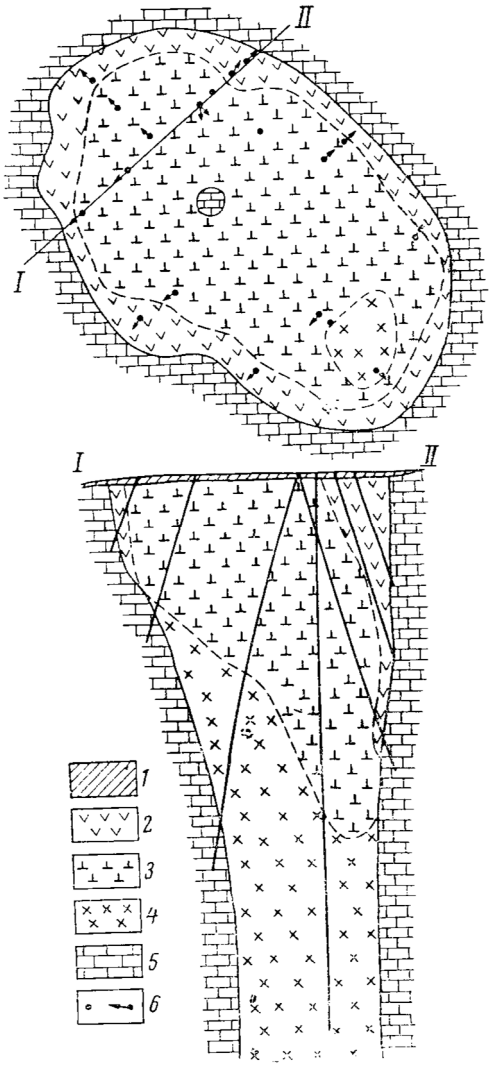


Рис. 1.45. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» (по А. Бобриевичу и др.):
1 – наносы; 2 – измененный куимберлит (желтый); 3 – измененный кимберлит (зеленый); 4 – малоизмененный кимберлит; 5 – карбонатные породы нижнего ордовика; 6 – скважины

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.

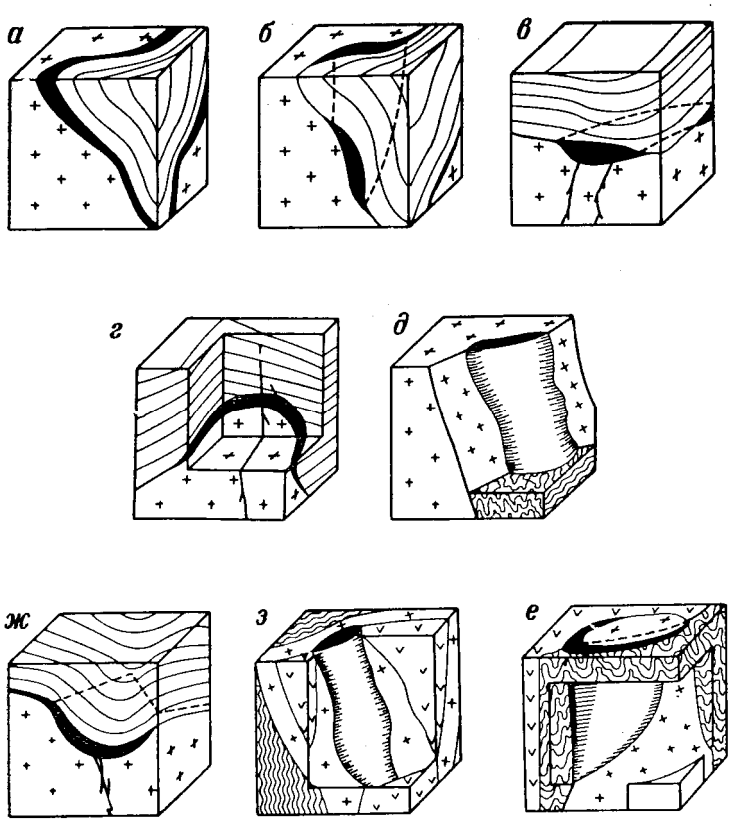


Рис. 1.46. Контактовые рудные тела [КШ]:
а – контактовая пластообразная рудная залежь; *б* – контактовая рудная залежь; *в* – контактовая рудная лента; *г* – контактовая куполовидная залежь; д – контактовый рудный столб; *е* – обертывающая контактовая жила; *ж* – контактовая корытовидная залежь; *з* – 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).

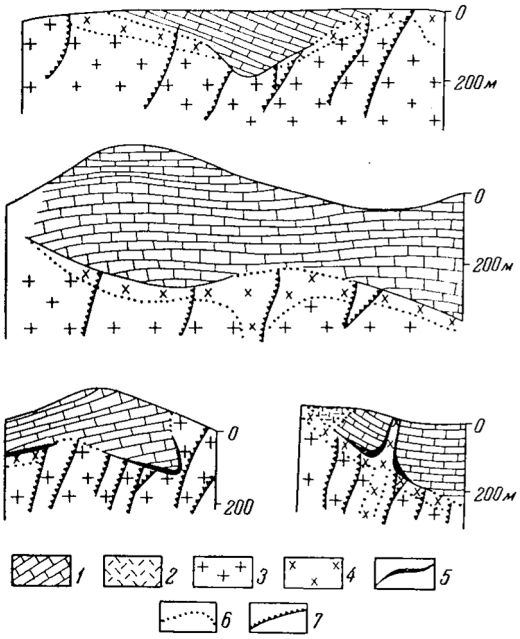


Рис. 1.47. Размещение скарновых тел месторождения Ингички (по Н. Д. Ушакову). Разрезы:
1 – мрамор; 2 – доломит; 3 – гранит биотитовый; 4 – гранит аляскитовый; 5 – скарновые тела; 6 – непродуктивные контакты; 7 – подводящие каналы

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.

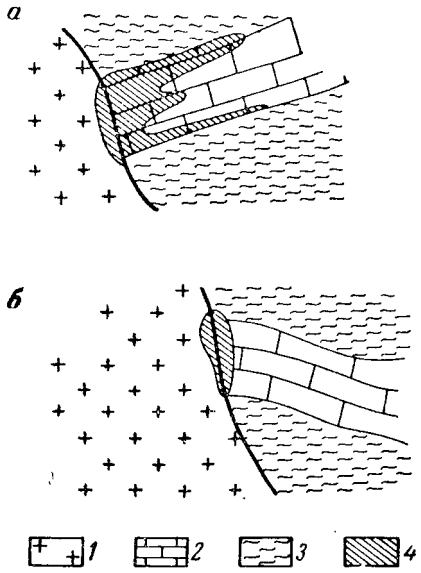


Рис. 1.48. Формы скарновых тел в секущих контактах гранодиоритов с известняками и сланцами в зависимости от условий залегания известняков. Разрезы [КШ]:

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).

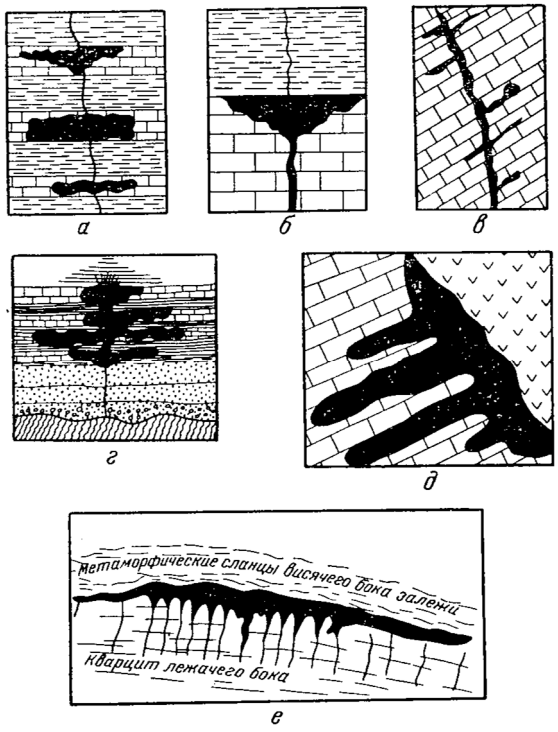


Рис. 1.49. Размещение оруденения в пересечениях трещин с благоприятными пластами (по А. М. Бэтману):
а – образование руды только в пластах известняков; *б* – тавровое рудное тело; *в* – Г-образные и крестообразные рудные тела; *г* – многоэтажная рудная залежь; *д* и *е* – гребневидные залежи

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).

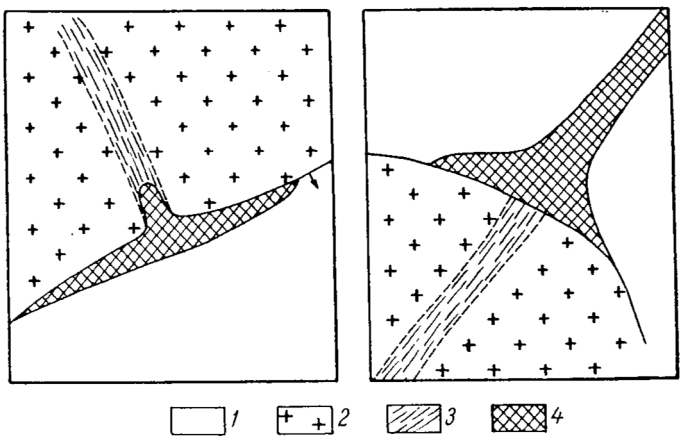


Рис. 1.50. Шеелитовое оруденение в пересечениях контакта гранитоидных массивов рудоносными разломами [КШ]. Участок Угат (слева) и месторождение Кумбель (справа):
1 – песчаники и сланцы с прослоями известняков; 2 – граниты; 3 – рудоносные разломы; 4 – шеелитоносные скарны

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).

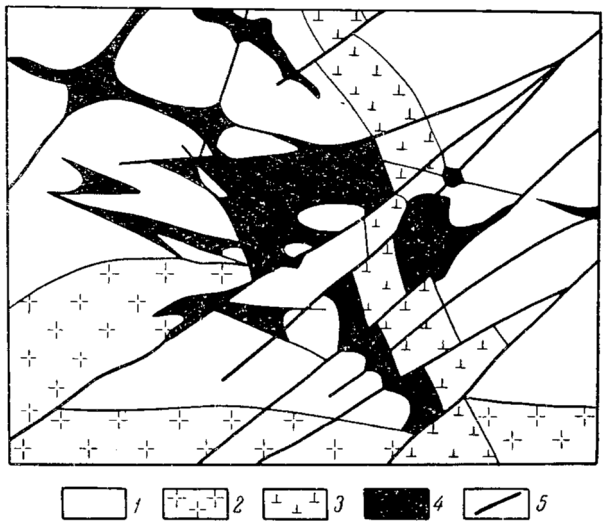


Рис. 1.51. Столбы полиметаллических руд (черное) [КШ]. Шевчуковское месторождение, Окуртау:
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – кварцевые порфиры; 4 – руда; 5 – трещины

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.

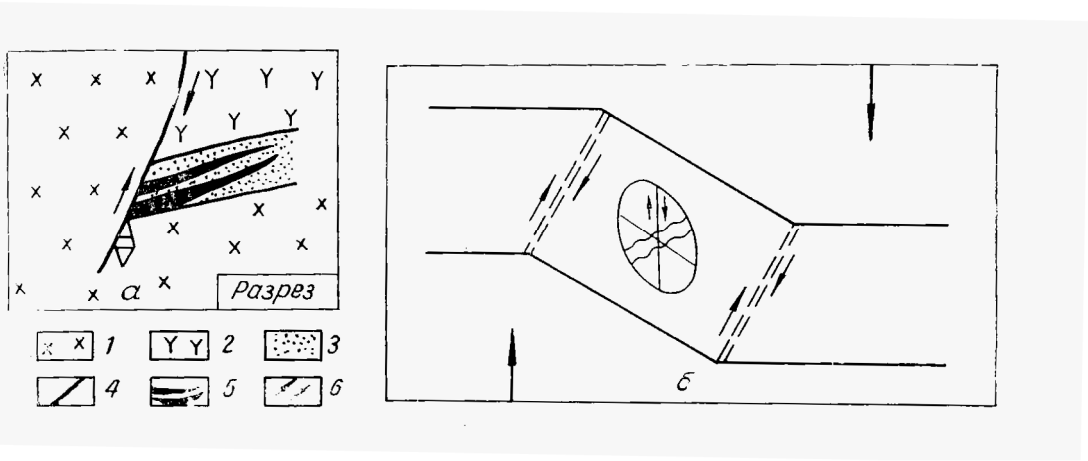


Рис. 1.52. Схема формирования рудных полей в моноклинальных структурах, в относительно хрупких (*а*) и относительно пластичных (*б*) толщах [Атлас]:

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.

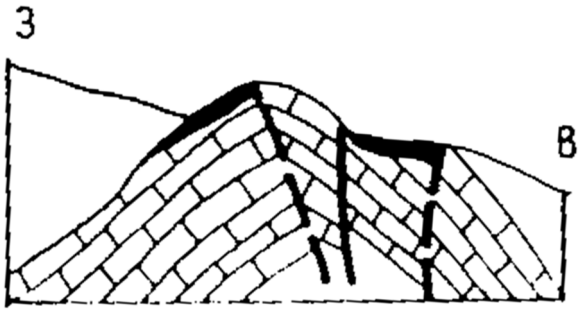


Рис. 1.53. Схематический геологический разрез сурьмяного месторождения Терексай [Атлас]:

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.

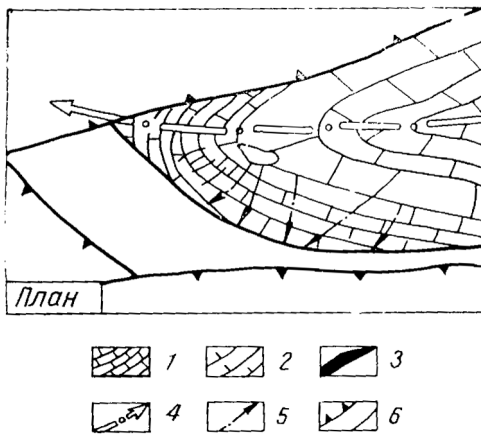


Рис. 1. 54. Принципиальная схема геологического строения рудного поля в периклинальных замыканиях антиклиналей [Атлас]:

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.

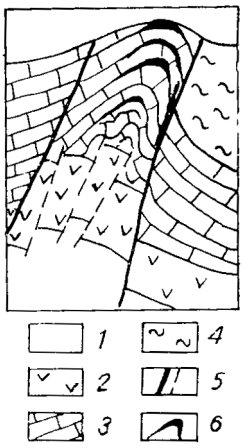


Рис. 1.55. Принципиальная схема рудного поля в блокированной горст-антиклинали. Разрез [Атлас]:

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.

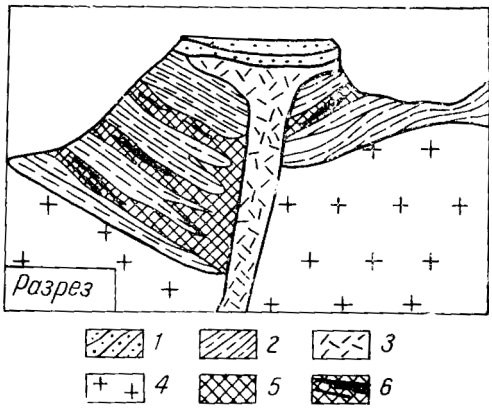


Рис. 1.56. Принципиальная схема рудных полей в синклиналях, осложненных разломами [Атлас]:

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.

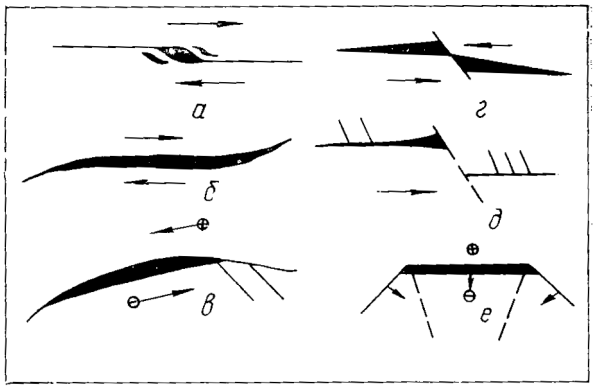


Рис. 1.57. Принципиальная схема приоткрывания искривленных участков разломов [Атлас]:
пояснения см. в тексте

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.

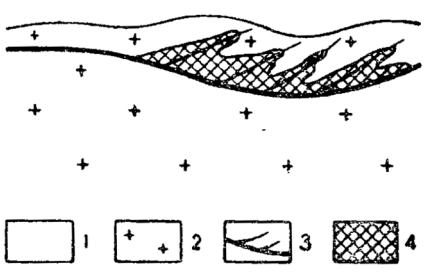
Вертикальный размах оруденения, как правило, ограничен 300-400 м. Выклинивание оруденения обусловливается либо изменением элементов залегания разлома, либо постепенным уменьшением мощности с глубиной, поскольку данный участок при существующей прочности вмещающих пород не может длительно сохраняться в 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.

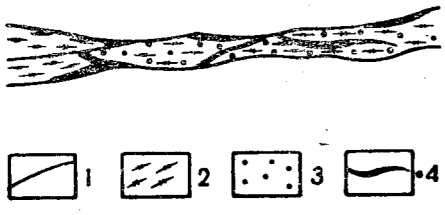


Рис. 1.59. Схема размещения оруденения в сложном разломе (план) [Карамазар]:
1 – линии разрывных нарушений; 2 – зона дробления пород; 3 – вкрапленное оруденение; 4 – рудные тела

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.

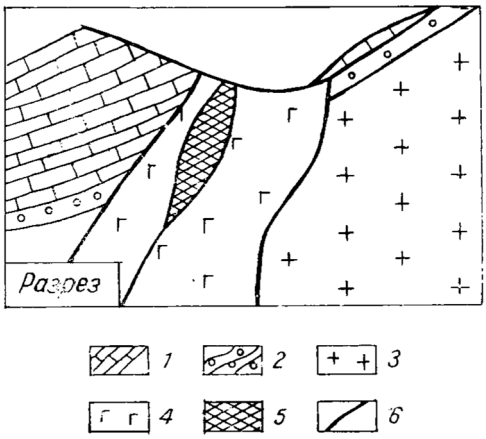


Рис. 1.60. Принципиальная схема размещения оруденения в тектонических пластинах [Атлас]:
1 – известняки; 2 – конгломераты; 3 – гранодиориты; 4 – гранодиорит-порфиры; 5 – скарнированные известняки с оруденением; 6 – разлом

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.

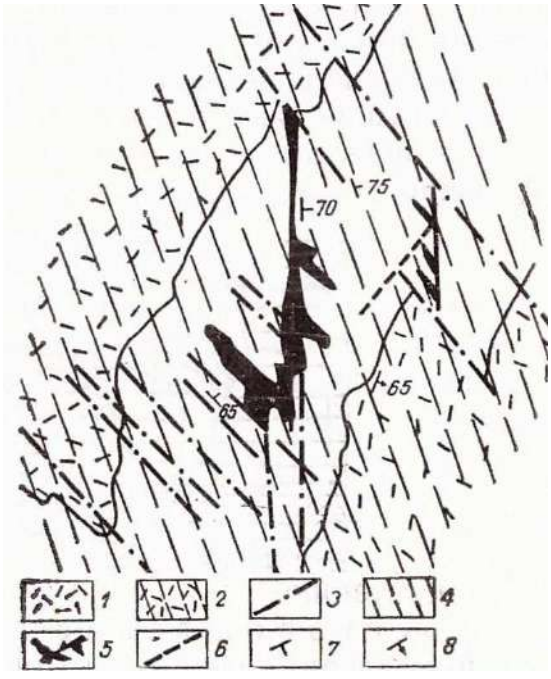


Рис. 1.61. Схематический геологический план месторождения Греховское (по Х. А. Акбарову):
1 – туфы кварц-альбитовых риолитов; 2 – горизонт часто переслаивающихся туфов и алевролитов; 3 – дорудные дизъюнктивные нарушения; 4 – сланцеватость; 5 – рудные тела; 6 – разломы; 7 – залегание слоистости

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.

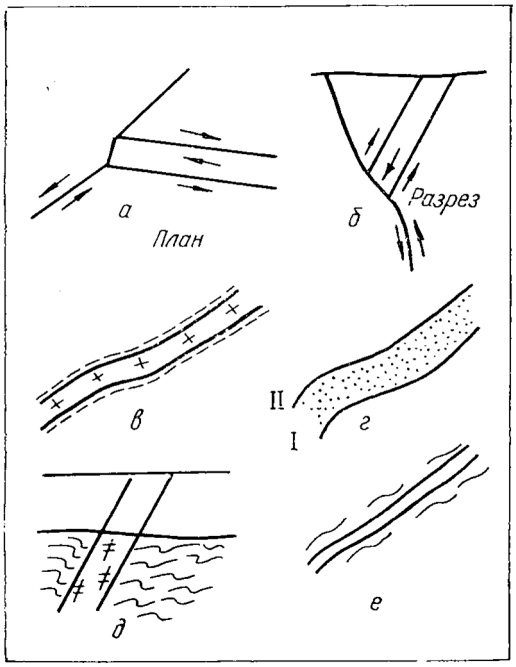


Рис. 1.62. Принципиальная схема формирования рудных полей в субпараллельных разломах [Атлас] (пояснения в тексте)

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.

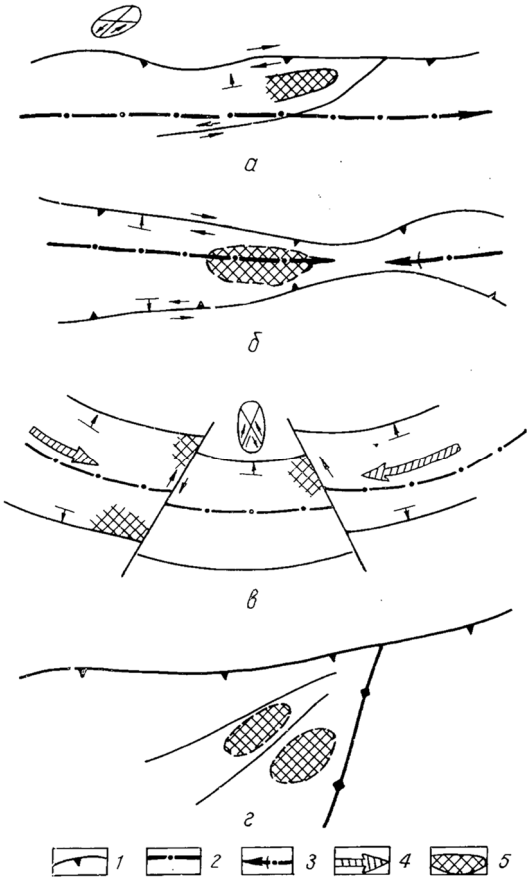


Рис. 1.63. Формирование рудных полей в клиновидных структурах [Атлас]:
1 – ограничивающие разломы; 2 – осевая линия структуры, испытывающей поперечный изгиб; 3 – оси антиклиналей; 4 – направление осевого сжатия; 5 – площади развития минерализации

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.

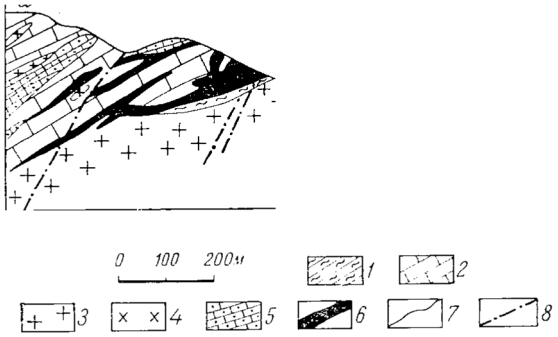


Рис. 1.64. Форма скарновых залежей Лянгарского месторождения [ВЯ]:
1 – сланцы; 2 – мраморизованные известняки; 3 – адамеллиты; 4 – тоналиты; 5 – известково-силикатные роговики; 6 – скарны; 7 – кварцевые жилы; 8 – разрывные нарушения

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.

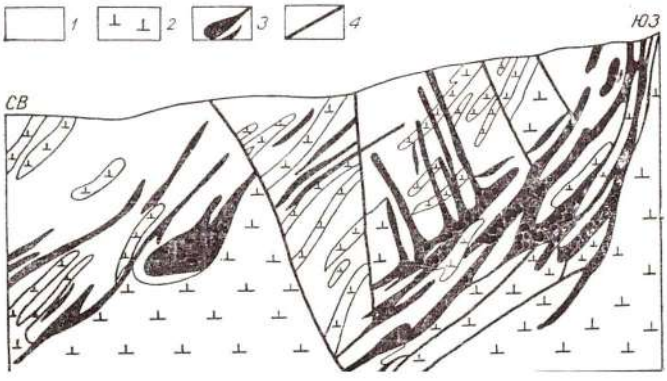


Рис. 1.65. Геологический разрез месторождения Кургашинкан (по Х. А. Акбарову):
1 – известняки; 2 – диориты; 3 – рудные тела; 4 - разломы

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^{o}) трещин отрыва, несущих жильную и вкрапленную рудную минерализацию.

Примером служит полиметаллическое рудное поле Верхнее на Дальнем Востоке (Рис. 1.66).

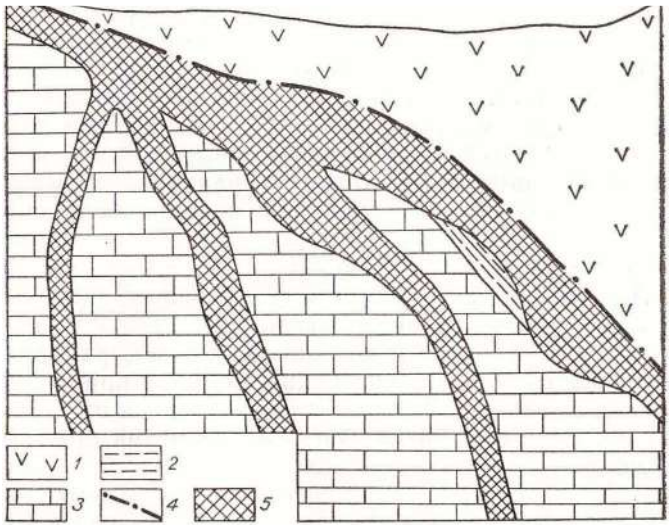


Рис. 1.66. Схема геологического строения месторождения Верхнее (по Х. А. Акбарову):
1 – кварцевые риолиты; 2 – кремнистые породы; 3 – известняки; 4 – разломы; 5 – рудные тела

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.

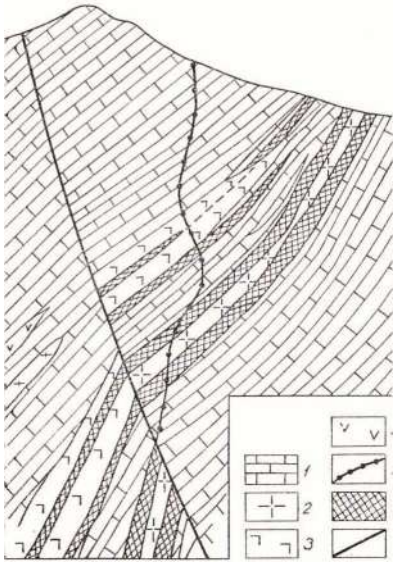


Рис. 1.67. Геологический разрез месторождения Чалата (по Х. А. Акбарову):
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – гранит-порфиры; 4 – порфировые кварцевые риолиты; 5 – порфировые метадолериты; 6 – скарноворудные тела; 7 – разломы

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.

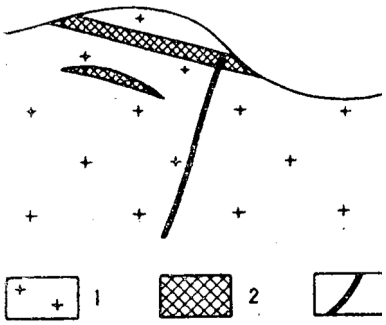


Рис. 1.68. Схематический разрез месторождения в системе прототектонических трещин [Карамазар]:
1 – гранодиориты; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения

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).

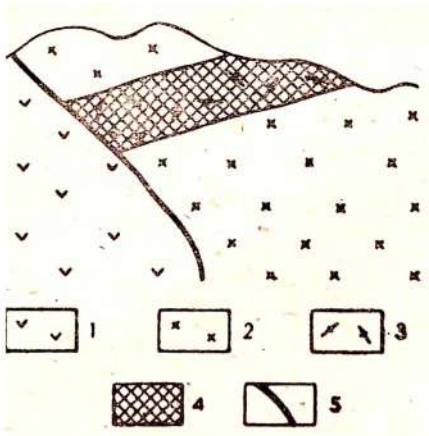


Рис. 1.69. Схематический разрез меднопорфирового месторождения в эффузивах покровного залегания [Карамазар]:

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.

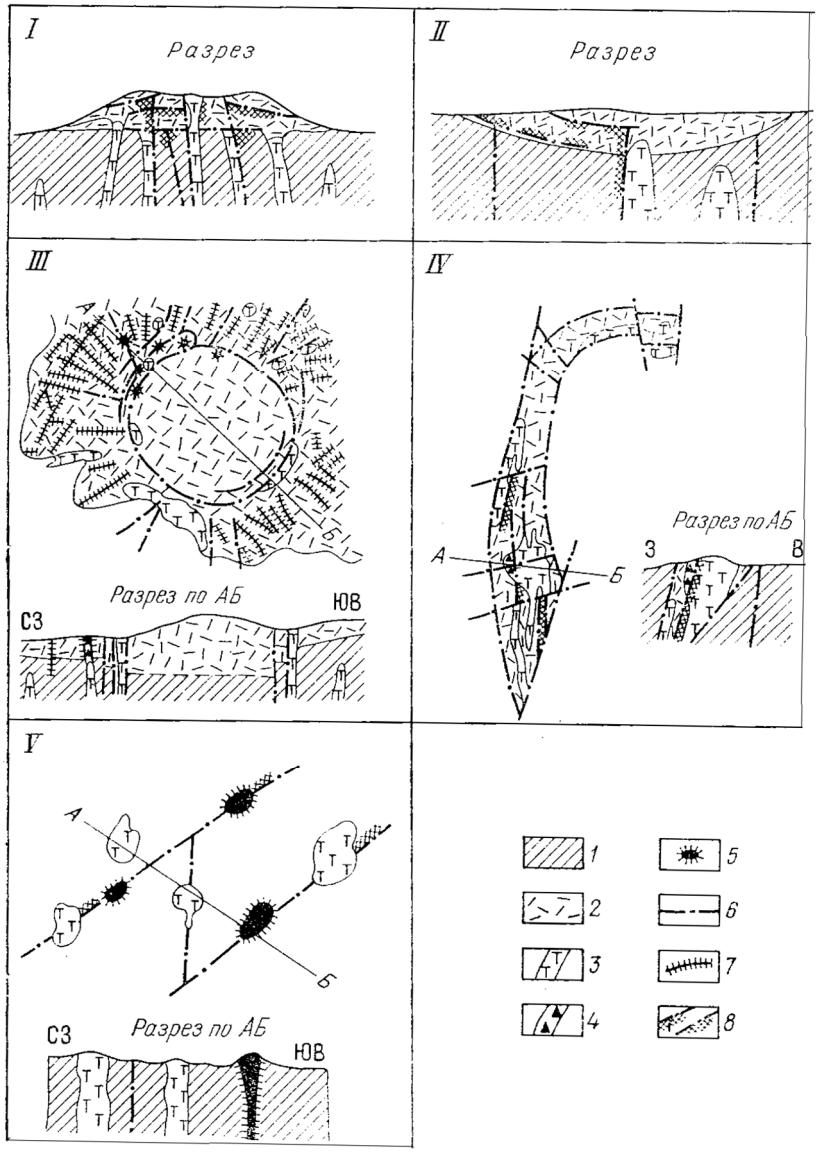


Рис. 1.70. Принципиальные геологические схемы (I-V) рудоносных палеовулканических сооружений (по П. Д. Яковлеву):
1 – складчатые основания нижних структурных ярусов или этажа (вулканогенно-осадочные, метаморфические и интрузивные породы, на планах не заштрихованы); 2 - покровы эффузивов с подчиненными 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).

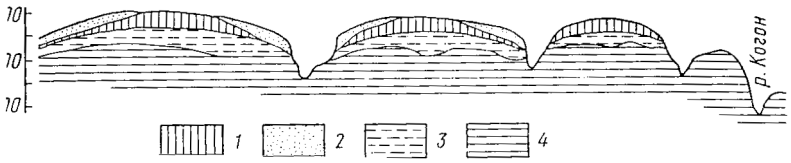


Рис. 1.71. Денудационная структура – поверхность выравнивания; схематический геологический разрез месторождения Боке в Гвинее (по М. В. Дубовской и Б. М. Одокия):
1-3 – образования коры выветривания: 1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – сланцы 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).

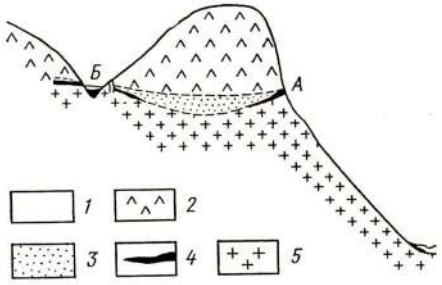


Рис. 1.72. Эрозионные структуры – долины; геологический разрез через погребенные неогеновые и современные золотые россыпи на Дальнем Востоке (по Н. С. Ильиной):
1 – современные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые базальты; 3 – неогеновые осадочные отложения; 4 – россыпи; А – неогеновые, Б – современные; 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.

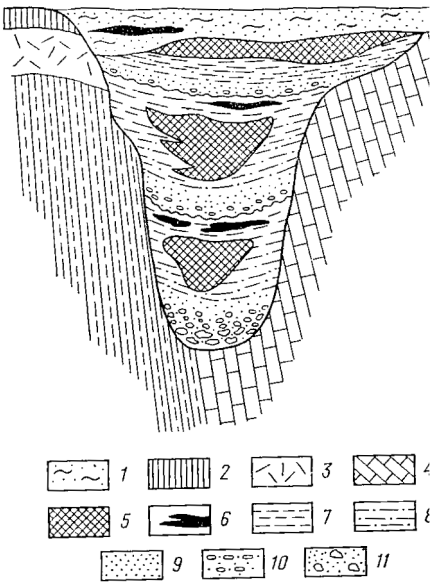


Рис. 1.73. Схема полициклического карстового бокситового месторождения (по Д. Г. Сапожникову): 1 – четвертичные и неогеновые песчано-глинистые отложения; 2 – каолинитовая зона коры выветривания; 3 – зона дезинтеграции коры выветривания; и4 – известняки; 5 – бокситы; 6 – лигниты; 7 - глина; 8 – алевриты; 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.

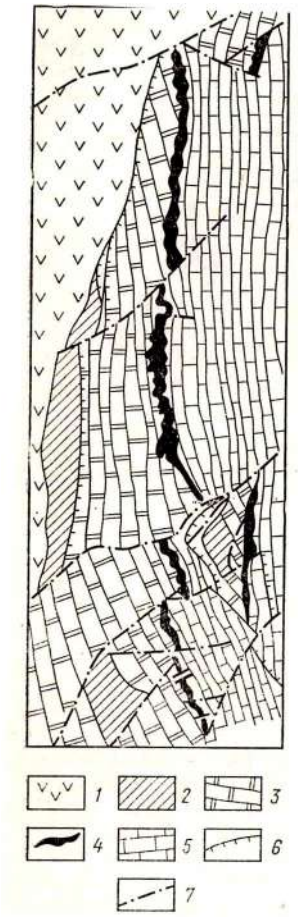


Рис. 1.74. Поверхности несогласий. Геологическая схема месторождения Красная Шапочка на Северном Урале (по А. В. Пейве): 1 – вулканические породы сосьвинской свиты; 2 – слоистые известняки сарайной свиты; 3 – массивные известняки петропавловской свиты; 4 - бокситы; 5 – известняки варганской свиты; 6 – 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.

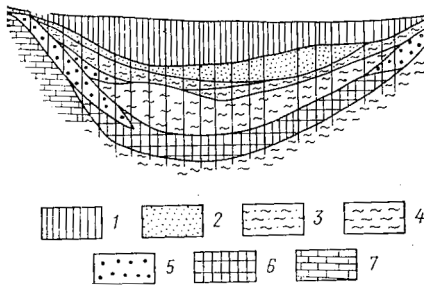


Рис. 1.75. Конседиментационная депрессия (мульда) на Керченском месторождении, геологический разрез (по Ю. Ю. Юрку и др.):
1 – лессовидные суглинки; 2 – пески и алевриты; 3 – глины песчаные; 4 – глины; 5 – икряные, обломочные и обломочно-оолитовые руды; 6 – табачные оолитовые руды; 7 – известняки

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).

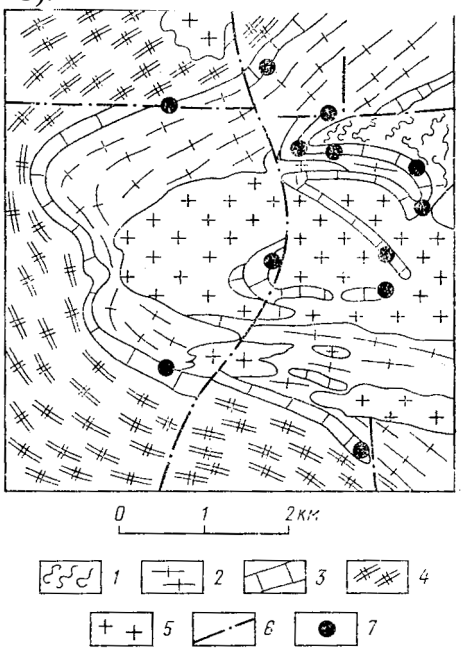


Рис. 1.77. Куранахское флогопитовое поле в Южной Якутии, приуроченное к гранитогнейсовому куполу (по Б. П. Фоменкову): 1 – верхний гнейсовый горизонт; 2 - продуктивные горизонты (мраморы, ткальцитифиры); 3 – средний гнейсовый горизонт; 4 – нижний гнейсовый горизонт; 5 - граниты; 6 – разрывные нарушения; 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.

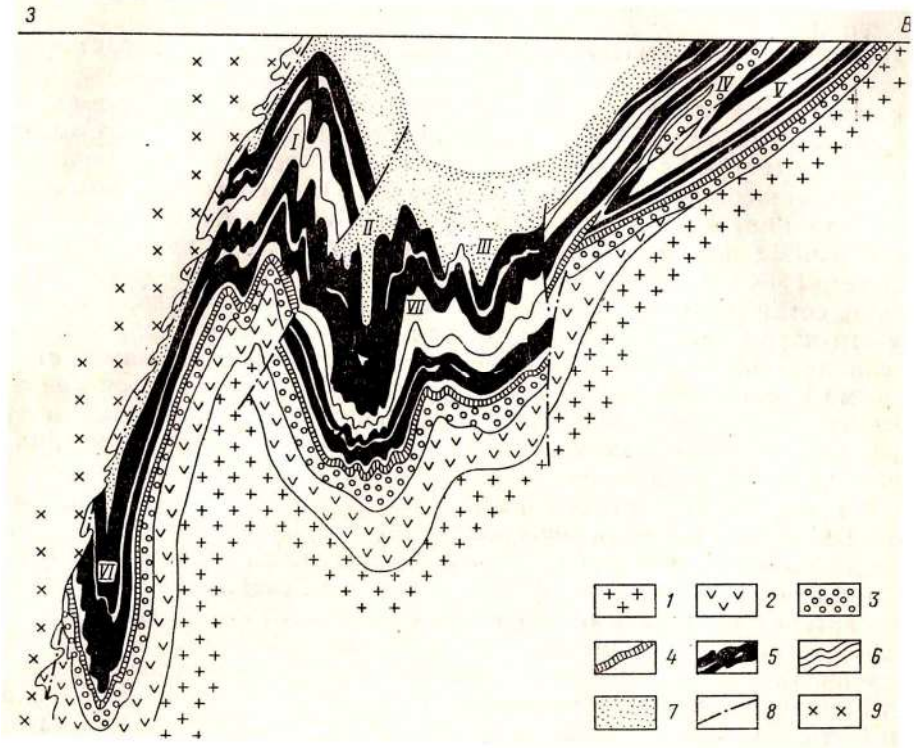


Рис. 1.77. Геологический разрез зеленосланцевой синклинальной зоны Криворожского железорудного бассейна (по Я. Н. Белевцеву):
1 – саксаганские плагиограниты; 2 – амфиболиты; 3 – нижняя свита криворожской серии; 4 – тальк-карбонатный горизонт; 5 – железорудные горизонты средней свиты; 6 – сланцевые горизонты 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.

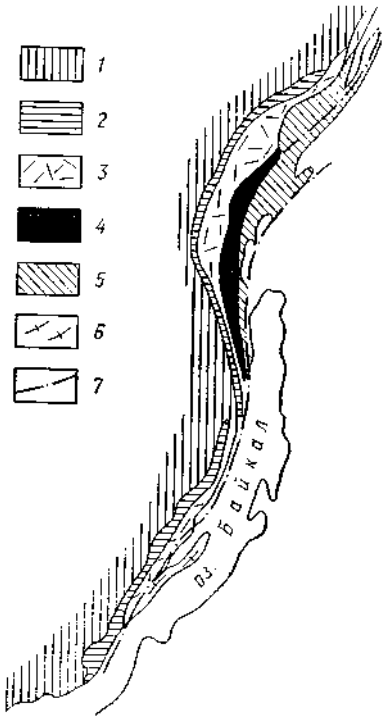


Рис. 1.78. Схема Даванской зоны смятия в Прибайкалье (по М. П. Лобанову):
1 – терригенные отложения нижнего палеозоя; 2 – терригенно-карбонатные отложения верхнего протерозоя; 3 – Прибайкальский вулкано-плутонический пояс среднего протерозоя; 4 – метаморфические (вплоть до палингенных гранитов) и метасоматические 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.

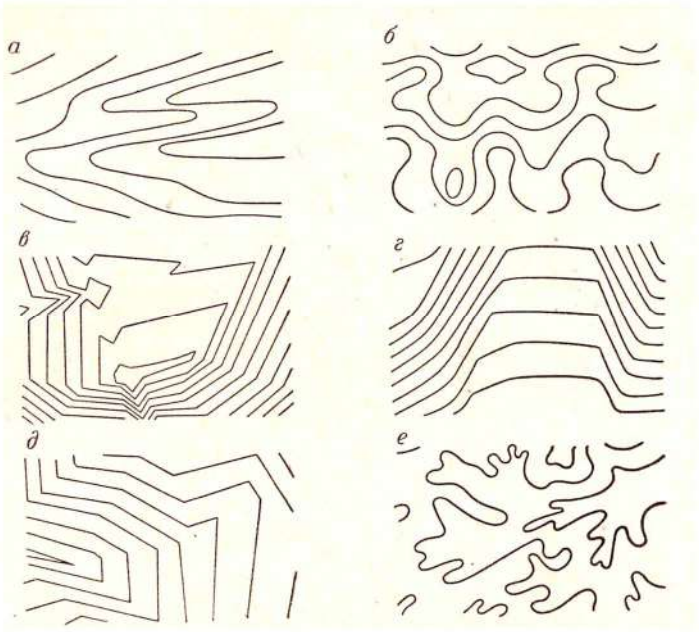


Рис. 2.1. Некоторые виды геологических поверхностей
(по А. В. Королеву и П. А. Шехтману):
а – сложно гофрированная (изогипсы); *б* – куполообразно-волнистая (изогипсы); *в* – зазубренно-волнистая (изолонги); *г* – сундучо-волнистая (изогипсы); *д* – коробленая (изолонги); *е* – топографическая (горизонтали)

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^{o}. 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^o, 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^{o}.

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^o 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^o.

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^{o} 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 КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Б1.В.ДВ.06.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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:

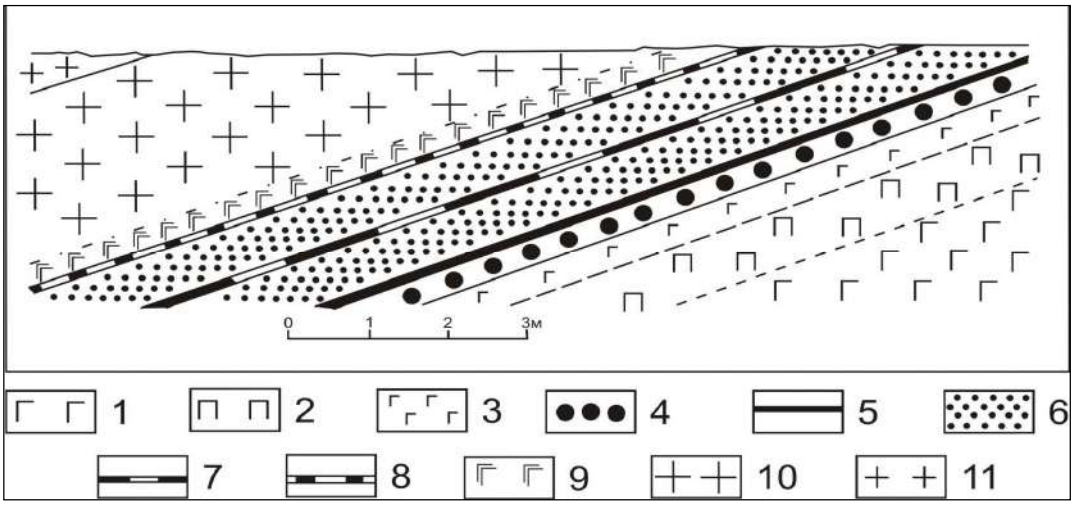
ПК-3 *(знать:* требования к содержанию, оформлению и документации геологических наблюдений; *уметь:* выделить, исследовать и задокументировать структурные элементы рудных полей; *владеть*: методическими и инструктивными материалами по документации геологических наблюдений*)*

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.

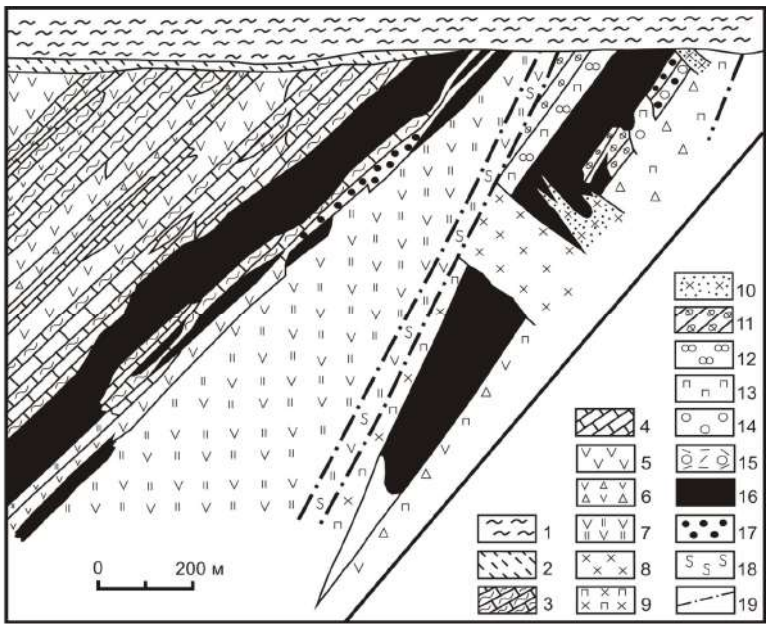
Работа выполняется на основании контрольных графических материалов. Один вариант соответствует одному месторождению. Количество вариантов практически не ограничено. Примеры вариантов задания приводится ниже.

Вариант 1. Месторождение платиноидов Риф Меренского



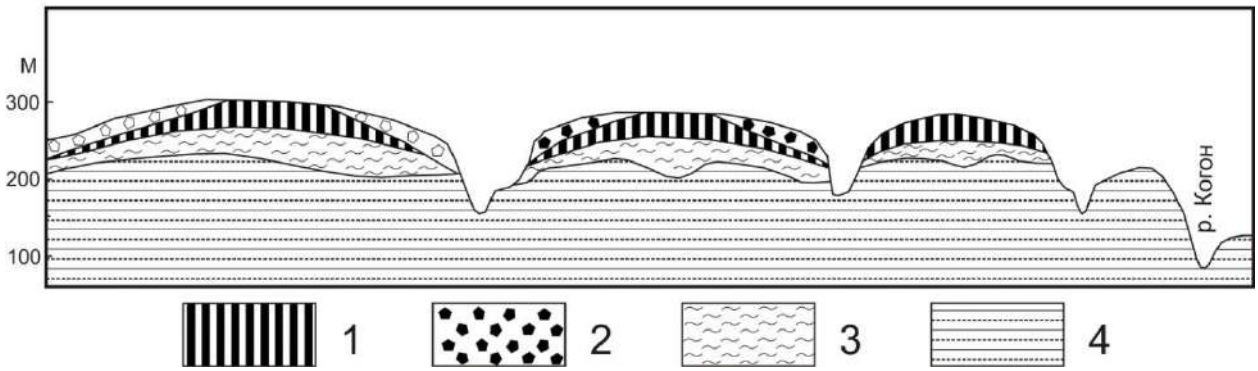
1 – пятнистый норит; 2 – пироксеновый норит; 3 – пятнистый анортозитовый норит; 4 – Риф Меренского: крупнозернистый норит с платиной; 5 – нижний хромит с платиной; 6 – рудное тело; 7 – средний хромит с платиной; 8 – верхний хромит; 9 – норит висячего бока; 10 – пятнистый анортозит; 11 – анортозит

Вариант 2. Сарбайское месторождение железа



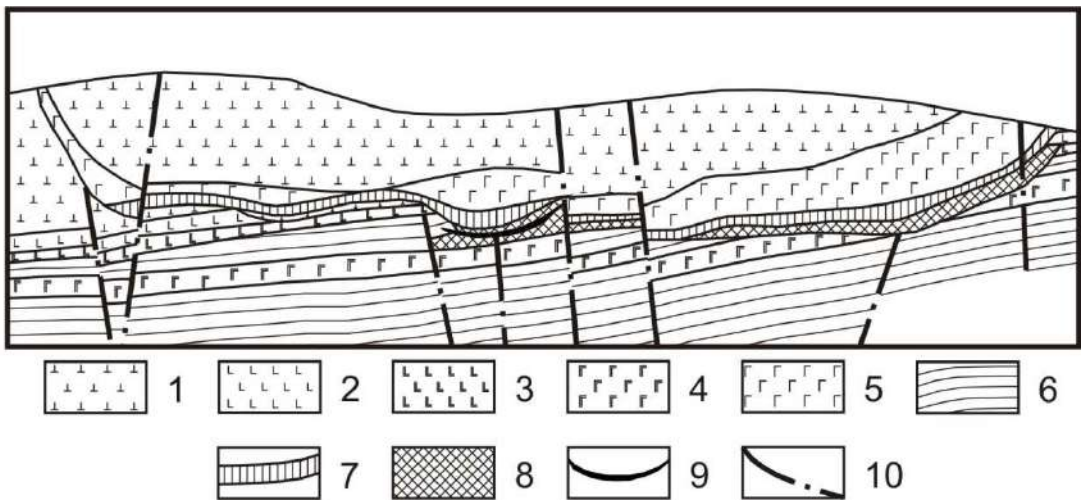
1 – мезо-кайнозойские отложения; 2 – глины древней коры выветривания палеозойских пород; 3 – туффиты алевролитовые, пелитовые; 4 – известняки битуминозные с прослоями туфогенного материала; 5 – туфы среднего состава с прослоями андезитов порфировой структуры; 6 – туфы и туфобрекчии среднего состава; 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



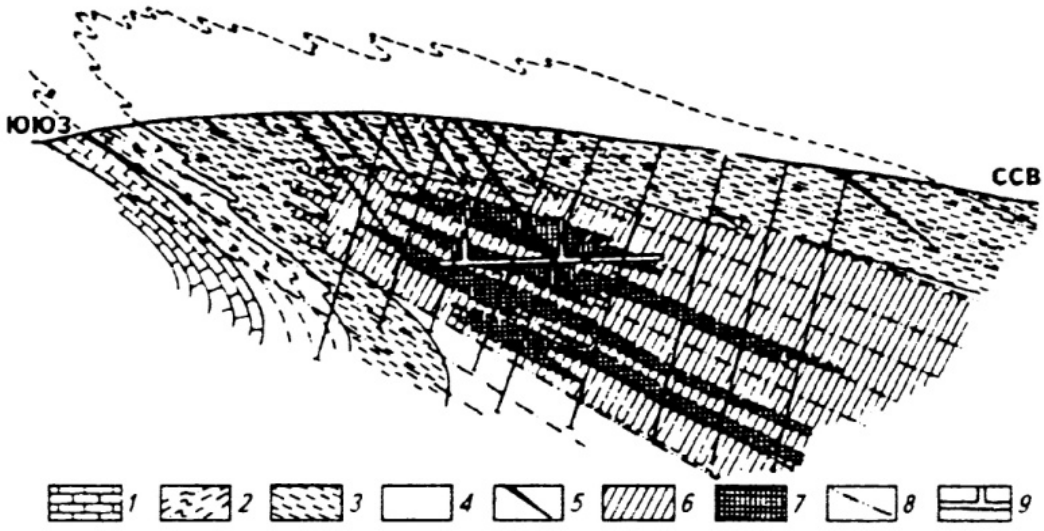
1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – граптолитовые сланцы и другие терригенные породы

Вариант 4. Месторождение никеля Норильск-I



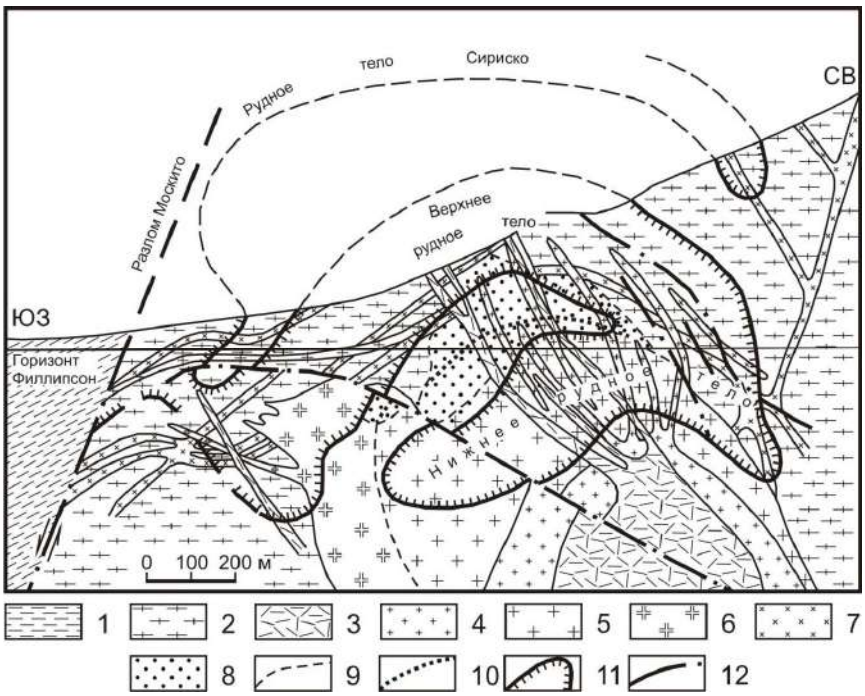
1 – эффузивы нерасчлененные; 2 – лабрадоровые базальты; 3 – титан-авгитовые базальты; 4 – силы титан-авгитовых долеритов; 5 – габбро-долеритовая интрузия Норильск I; 6 – осадочные породы тунгусской серии; 7 – вкрапленные руды в интрузии; 8 – вкрапленные руды в породах экзоконтакта; 9 – жильные руды; 10 – тектонические нарушения

Вариант 5. Месторождение золота Сухой Лог



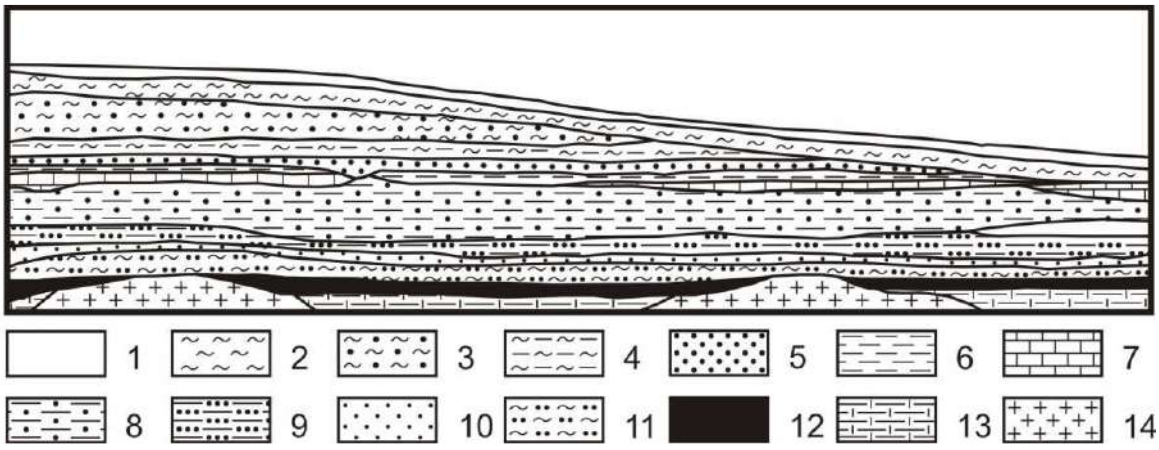
1 – известковистые алевролиты и алевросланцы; 2 – алевросланцы и алевролиты, преимущественно грубозернистые; 3 – «углистые» филлитовидные алевролиты; 4 – углистые кварцево-серицитовые алевросланцы; 5 – кварцевые жилы; 6-7 – ореол развития золото-сульфидной минерализации: 6 – умеренной; 7 – повышенной; 8 – кливаж; 9 – подземные горные выработки

Вариант 6. Молибденовое месторождение Клаймакс



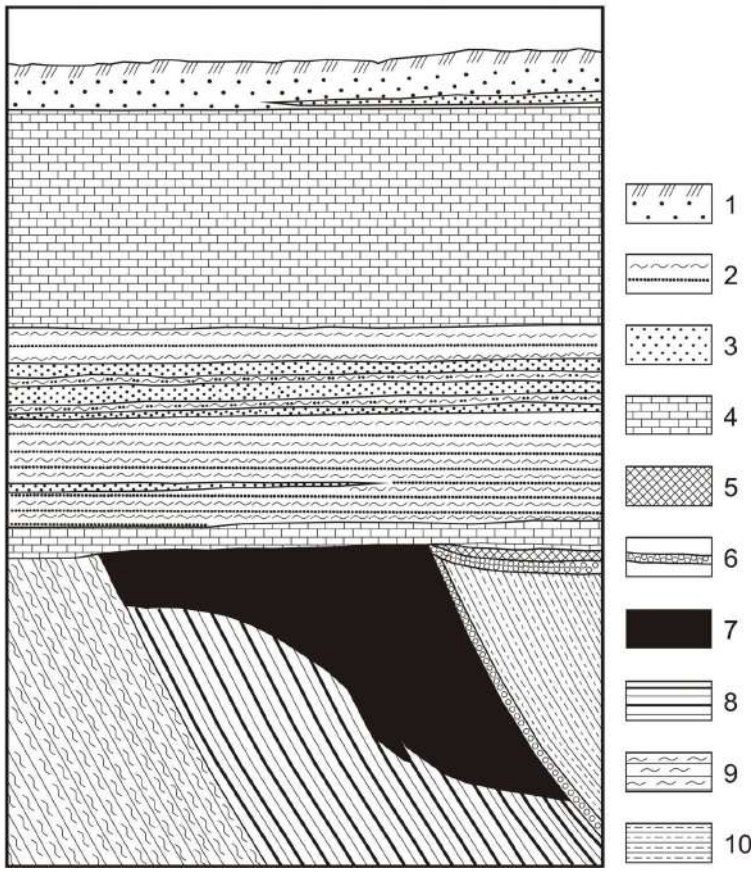
1 – осадочные породы палеозоя; 2 – докембрийские граниты и кристаллические сланцы; 3-7 – породы кайнозойского магматического комплекса порфировой структуры (этапа тектоно-магматической активизации): 3 – поздние дайки риолитов порфировой структуры; 4 – внутрирудные порфировые дайки; 5 – центральный массив 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



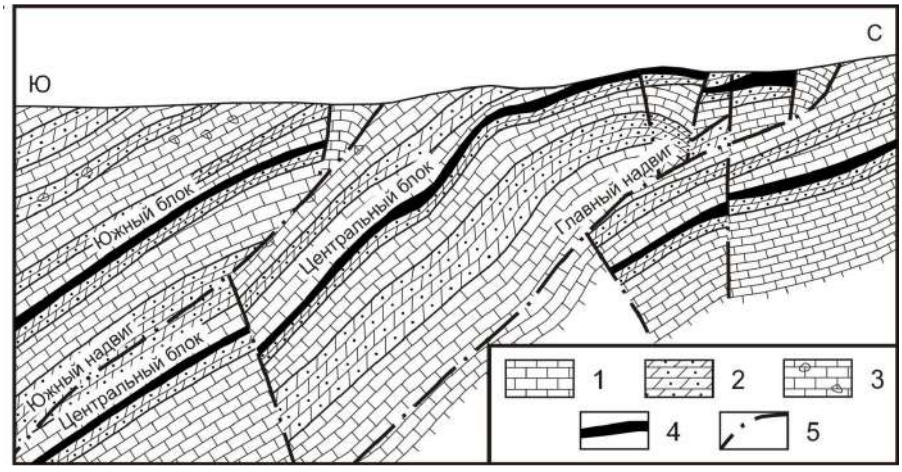
1 – ПРС; 2 – лёсс; 3 – глина красная; 4 – глина бурая; 5 – песок; плиоценовые отложения*:* 6 – глина серо-зеленая; 7 – известняки; миоценовые отложения: 8 – глина серо-белая; 9 – глина черная; 10 – песок зеленый; олигоценовые отложения: 11 – глина зеленая; 12 – марганцевая руда; 13 – каолин; 14 – докембрийские кристаллические породы

Вариант8. Месторождение железа Яковлевское



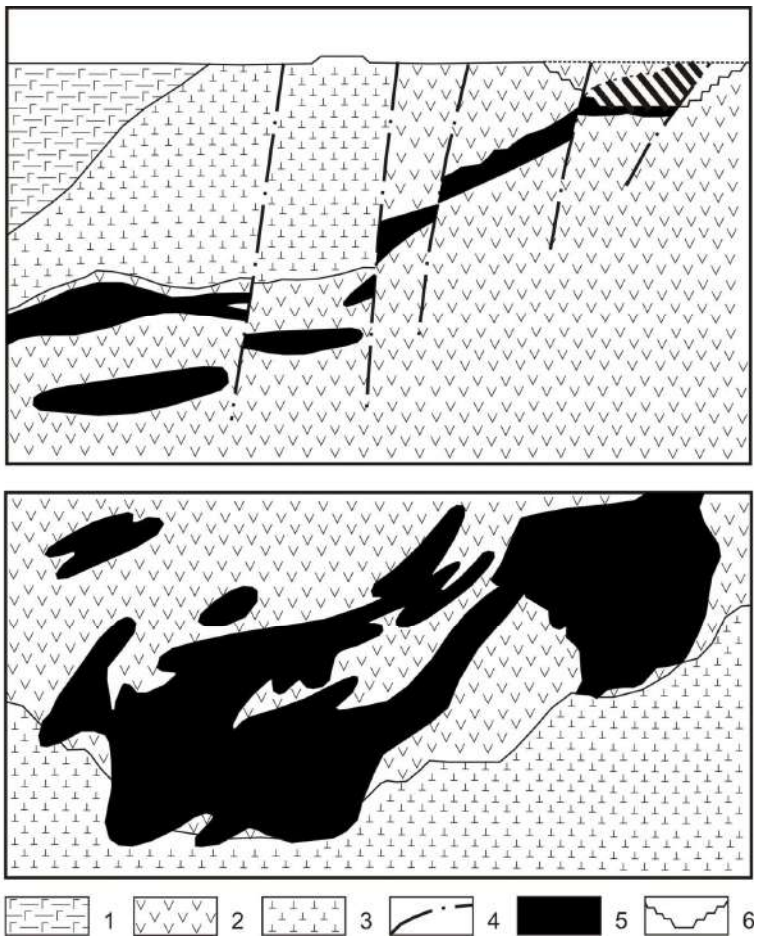
1 – ПРС и суглинки; 2 – пески и глины; 3 – песчаники; 4 – мел, мергели, известняки; 5 – руда переотложенная; 6 – бокситы; 7 – богатая руда; 8 – железистые кварциты; 9 – кварц-слюдистые микросланцы; 10 – кварц-графит-биотитовые микросланцы.

Вариант 9. Миргалимсайское месторождение полиметаллов



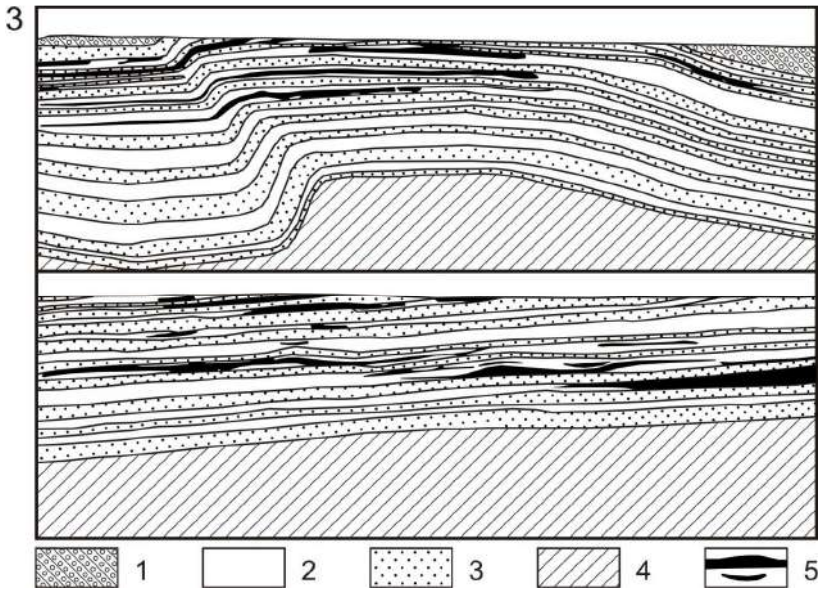
1-3 – породы верхнего девона: 1 – известняки; 2 –доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

Вариант 10. Месторождение хрома Алмаз-Жемчужина



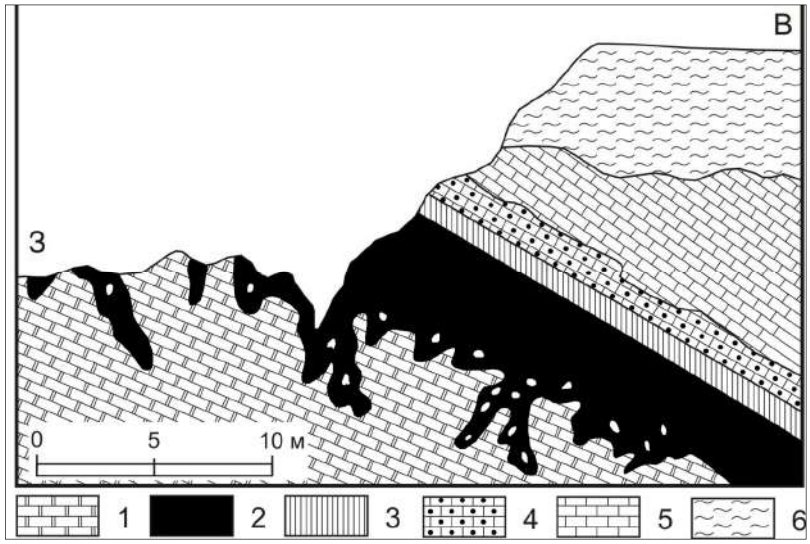
1 – габброамфиболиты; 2 – серпентиниты по дунитам; 3 – серпентиниты по перидотитам; 4 – разрывные нарушения; 5 – хромитовые тела; 6 – контур карьера.

Вариант 11. Джезказганское месторождение меди



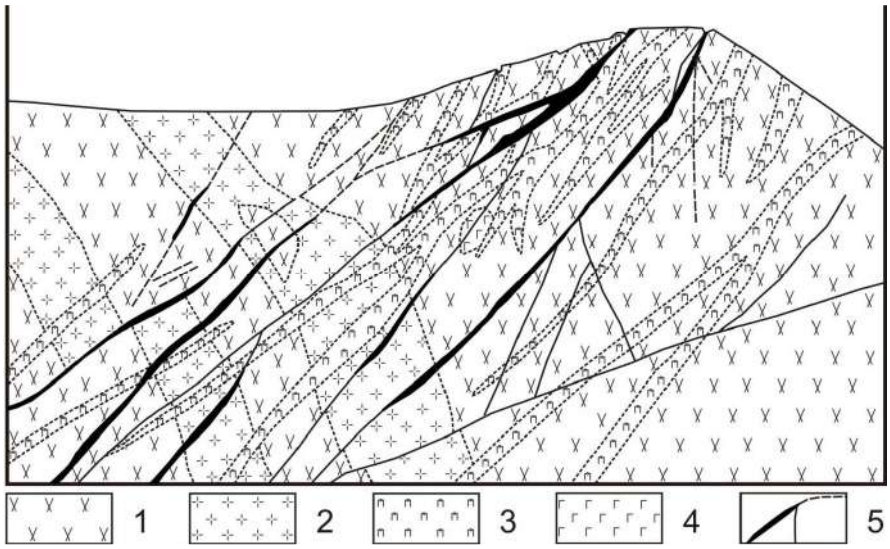
1 – нижнепермская красноцветная толща песчаников; 2 – рудоносные серые песчаники; 3 – безрудные красные песчаники и аргиллиты; 4 – нижнепермские песчаники и известняки; 5 – рудные тела.

Вариант 12. Месторождение бокситов Красная Шапочка



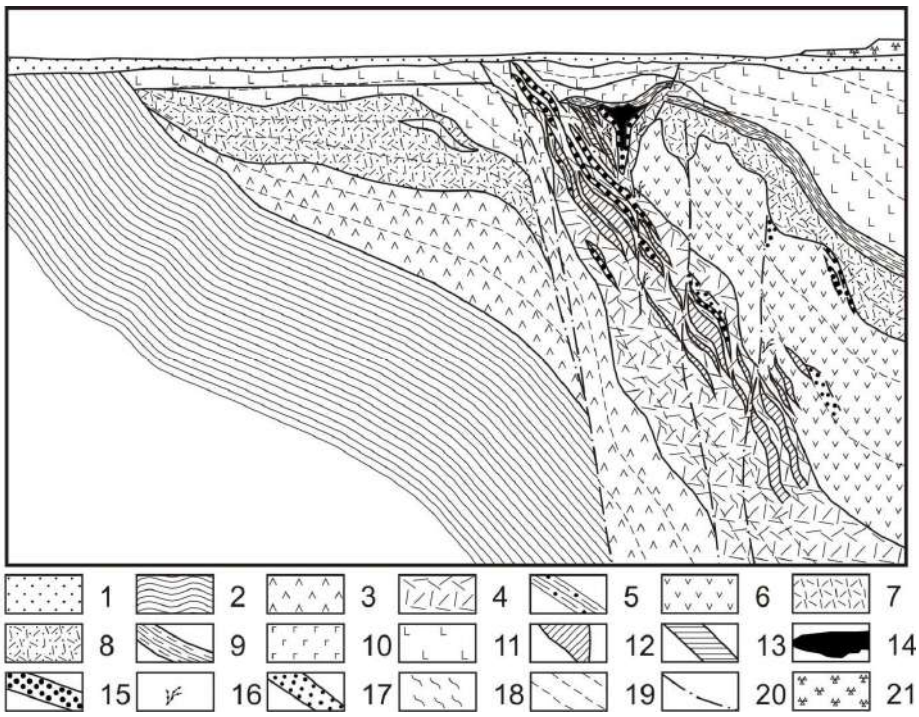
1 – вулканогенно-осадочные породы сосьвинской свиты (S_2); 2 – слоистые известняки (D_1-S_2); 3 – массивные известняки с прослоями сланцев петропавловской свиты (D_1-S_2); 4 – бокситы красные; 5 – бокситы зеленовато-серые; 6 – мергели; 7 – известняки надрудной толщи (D_2); 8 – кайнозойские глинистые отложения; 9 – надвиги; 10 – сбросы.

Вариант 13. Джидинское месторождение вольфрама



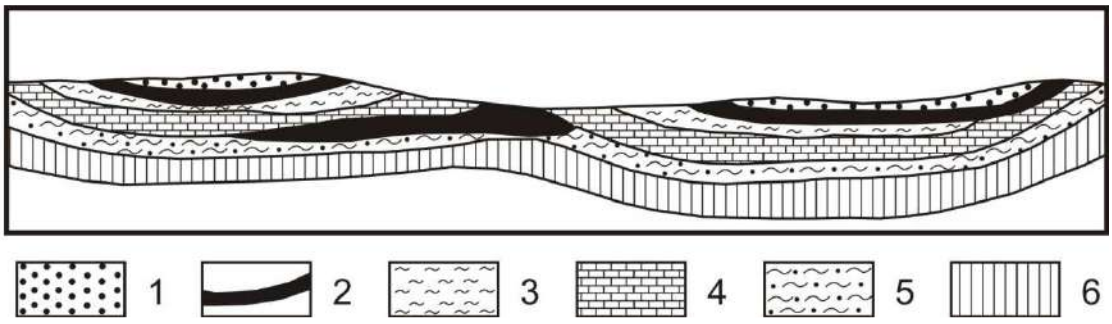
1 – кварцевые диориты; 2 – граниты порфировой структуры; 3 – лампрофиры; 4 – горнблендиты; 5 – кварцево-вольфрамовые жилы.

Вариант 14. Гайское месторождение меди



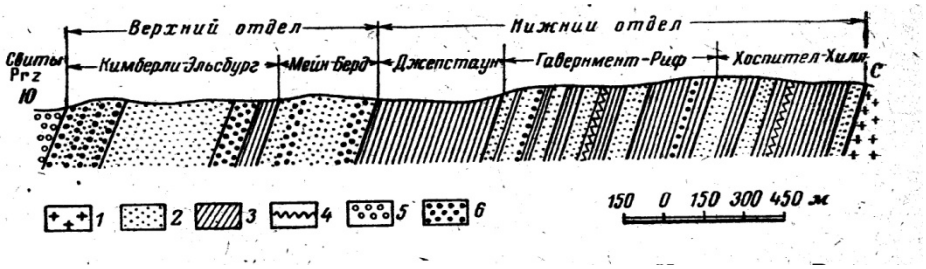
1 – мезо-кайнозойские песчано-глинистые отложения; 2 – породы основания Гайской палеовулканической структуры – переслаивание кремнистых и кремнисто-глинистых пелитовых туффитов, туфопесчаников, углистых алевролитов (D_1?); *вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы Гайской палеовулканической структуры:* 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



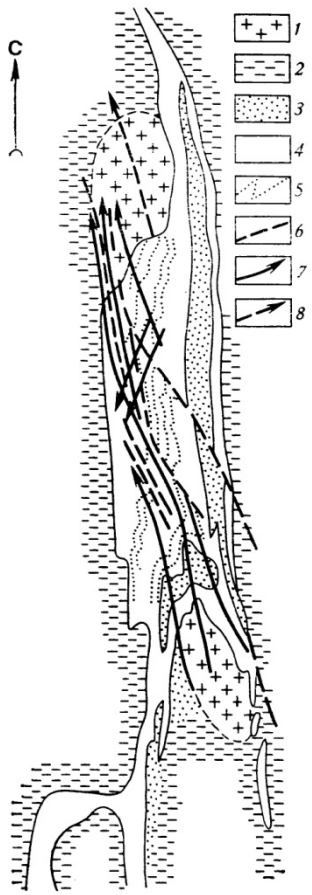
1 – глины и пески верхнекиммерийские; 2 – рудные слои; 3 – глины и известняки нижнекиммерийские; 4 – известняки, угли, пески понтические; 5 – глины, мергели, пески мэотиса; 6 – отложения сармата

Вариант 16. Золото-урановое месторождение Витваттерсранд



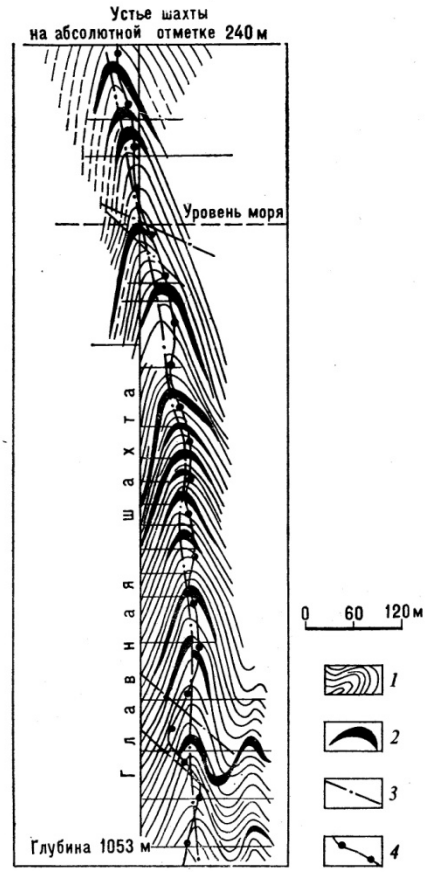
1 – древние граниты; 2 – кварциты; 3 – сланцы; 4 – смятые слои; 5 – мандельштейны; 6 – золотоносные конгломераты (рифы).

Вариант 17. Месторождение золота Колар



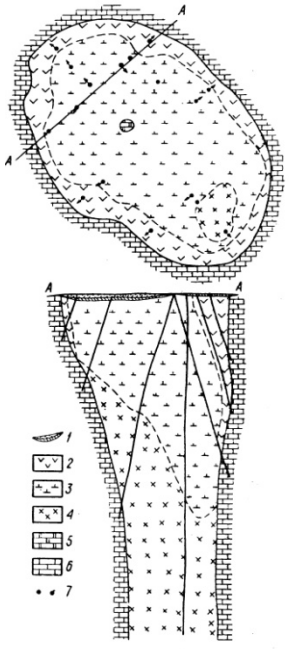
1 – граниты; 2 – гнейсы Пенинсула; 3 – гнейсы Чемпион; 4 – сланцевый пояс Колар; 5 – золотоносные залежи; 6 – разломы; 7 – оси кулисообразных наложенных

Вариант 18. Месторождение золота Бендиго



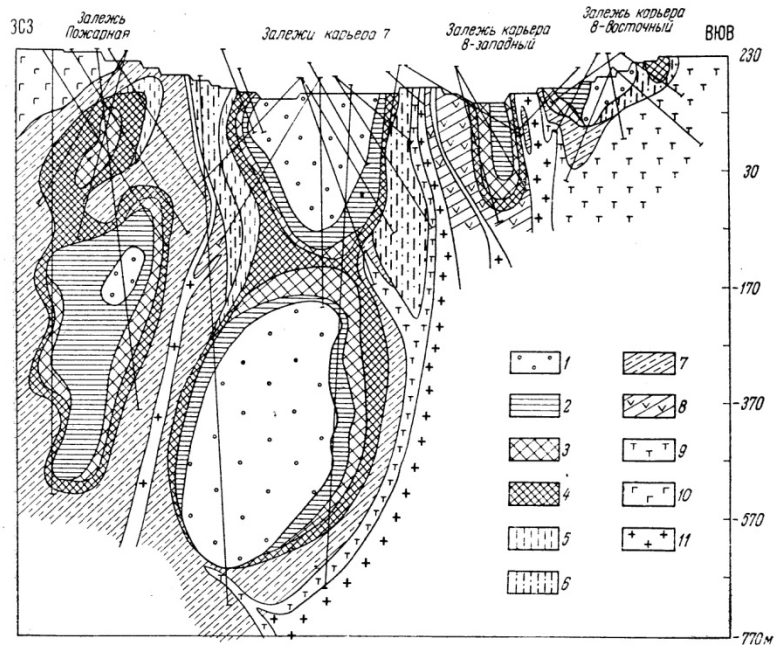
1 – сланцы и песчаники силурийского возраста; 2 – рудные тела; 3 – разрывные нарушения; 4 – дайки лампрофиров

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:

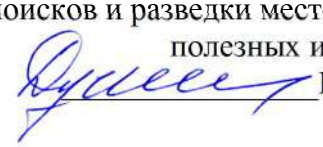
оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если работа получает 3-5 баллов;

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.06.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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^{o}) простирания, с севера и юга – субширотными (60^{o}). 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.

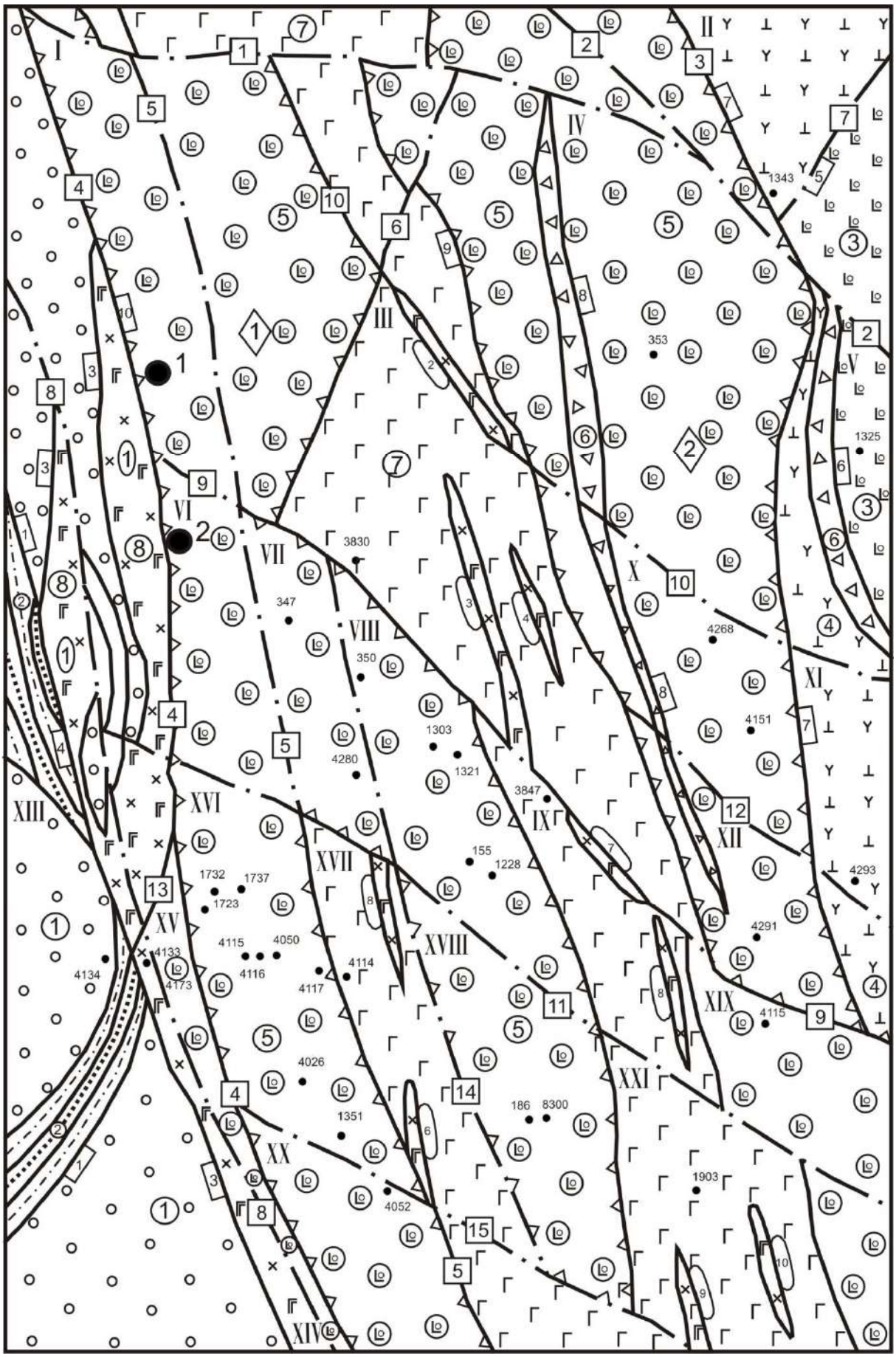
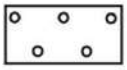


Рис. 1. Геологическая карта эталонного участка. Масштаб 1:25000

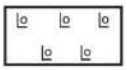
Условные обозначения к рисункам 1 и 2

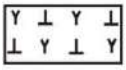
Литология

Верхняя свита

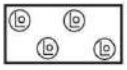
 Туфоконгломераты

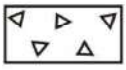
 Туфопесчаники и туфоалевролиты

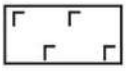
 Базальты и андезибазальты

 Дациты и андезидациты

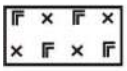
Нижняя свита

 Подушечные лавы подводных базальтов

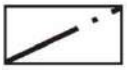
 Переотложенные гиалокластиты

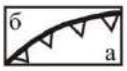
 Долериты и базальты долеритовой толщи

Интрузивные породы

 Габбродиориты

Структурные элементы

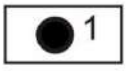
 Разломы



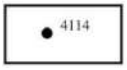
Контуры палеодепрессий (а) и разделяющих их поднятий (б)

 Геологические контакты

Рудные объекты

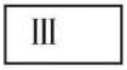


Месторождения

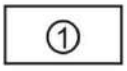


Рудные скважины

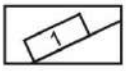
Нумерация структур



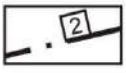
Номера ГОБ



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^{o}) 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^{o} с падением на запад под углом 45-50^{o}. 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^{o}). 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,

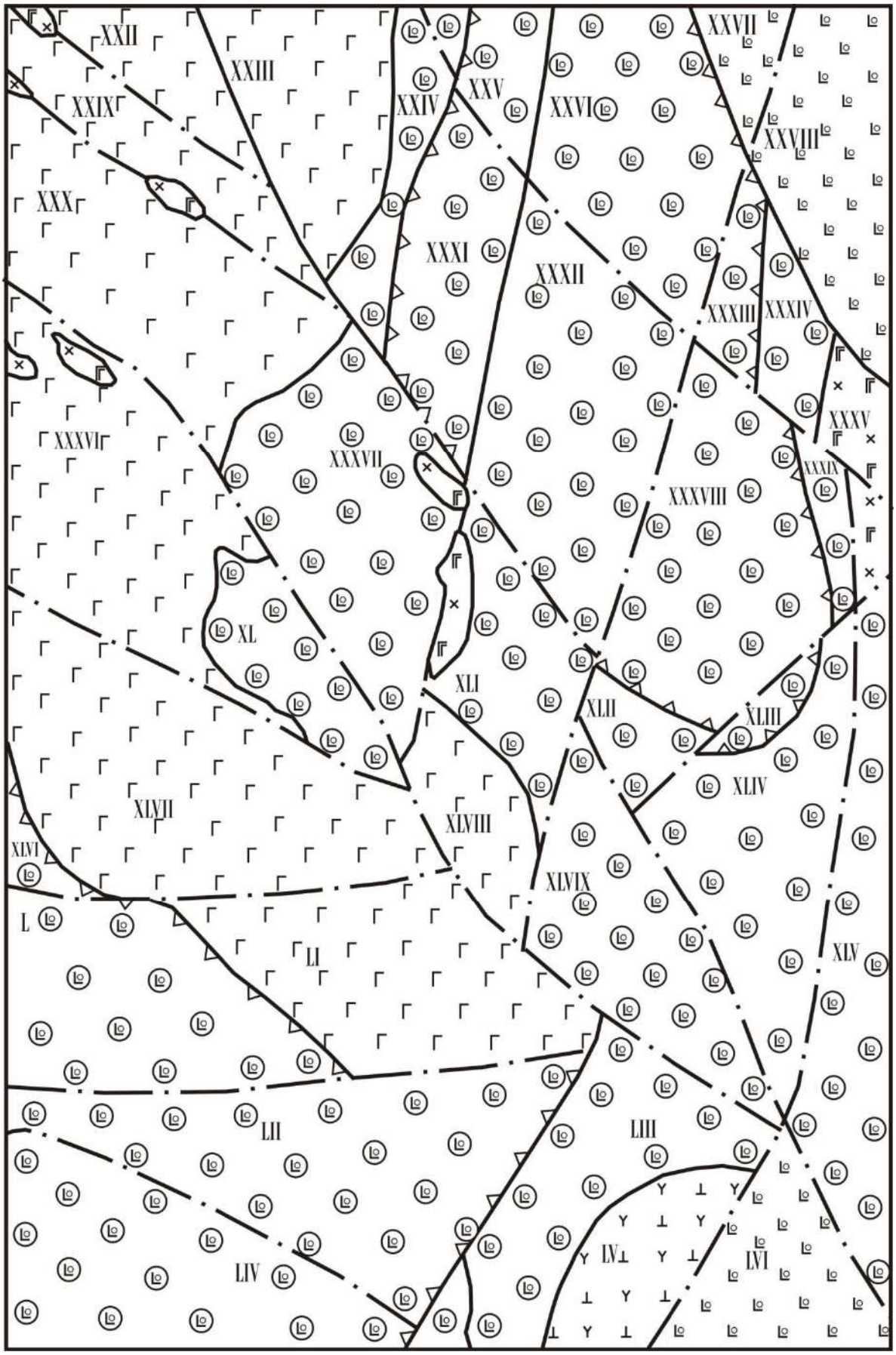


Рис. 2. Геологическая карта оцениваемого участка. Масштаб 1:25000

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 географимческие 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^{o}. 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.;

M – 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^{o}, 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^{o}.

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^{o} 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^{o}.

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

($\delta = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\beta \cdot \sin\varphi)$, 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

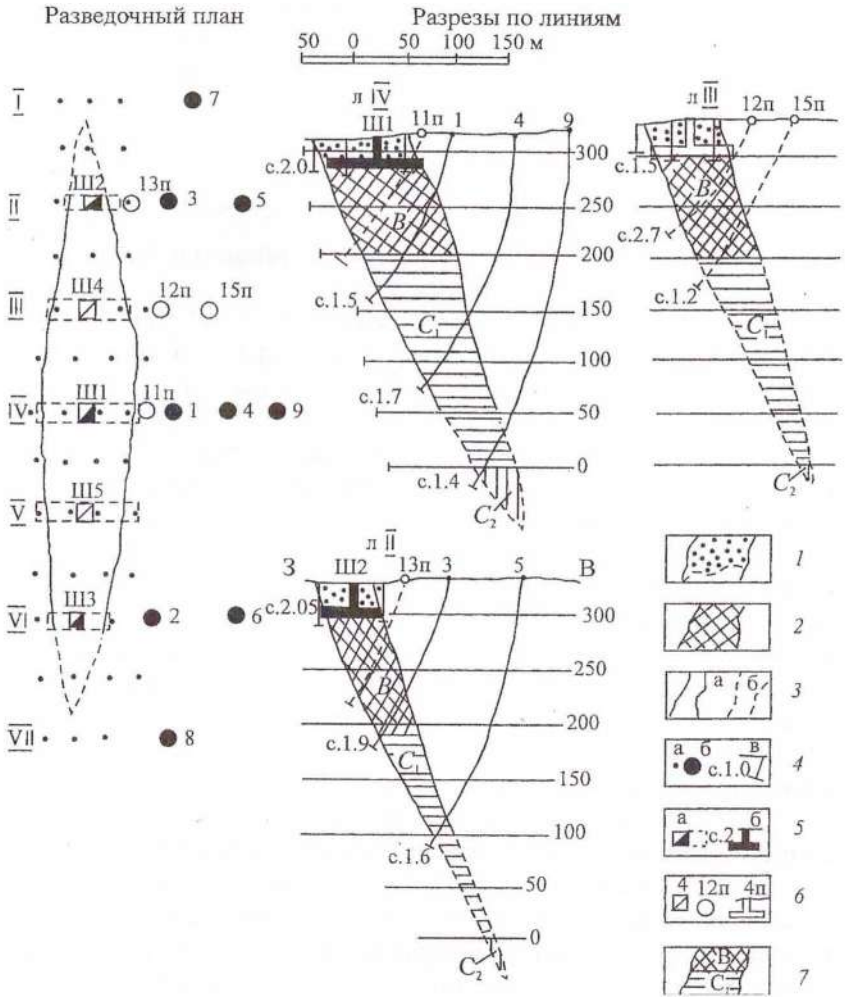


Рис. 2.2. Проект разведки медноколчеданного месторождения [Вопросы]:
1 – окисленные руды; 2 – первичные руды; 3 – контуры рудных тел: *а* – установленные, *б* – предполагаемые; 4 – скважины: *а* – картировочные, *б* – разведочные, *в* – среднее содержание по выработке; 5 – шурфы с рассечками: *а* – на 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).

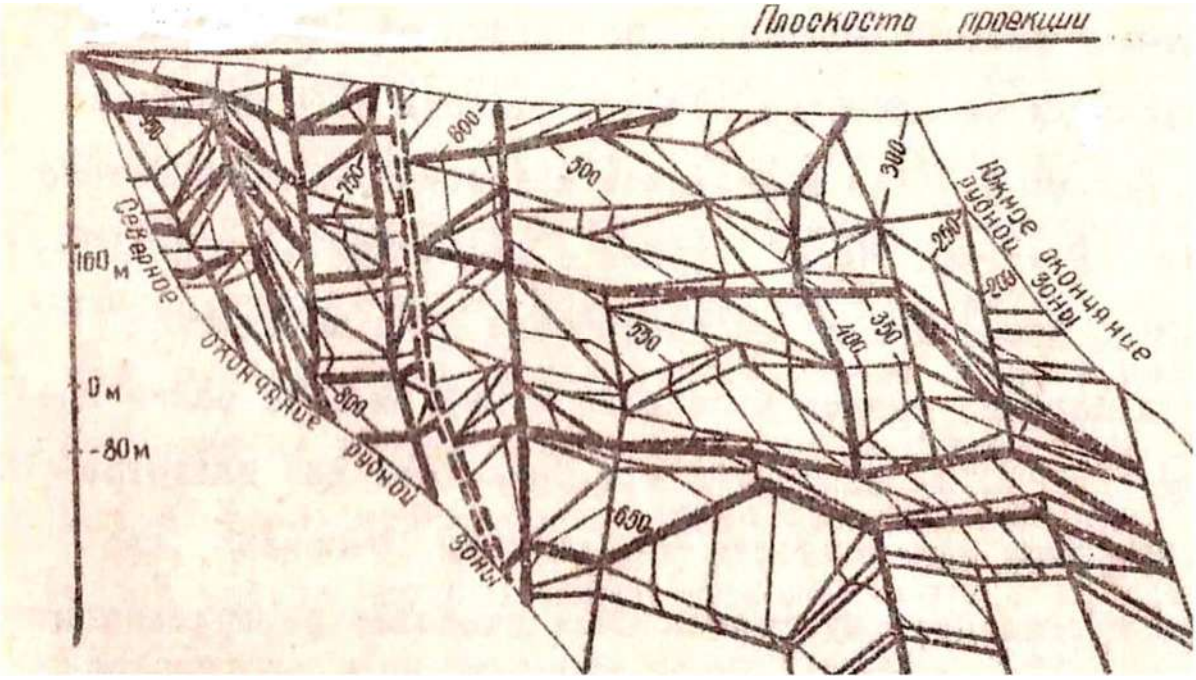


Рис. Продольная вертикальная проекция лежачего бока Главной рудной зоны Саурейского барит-свинцового месторождения (Полярный Урал)

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).

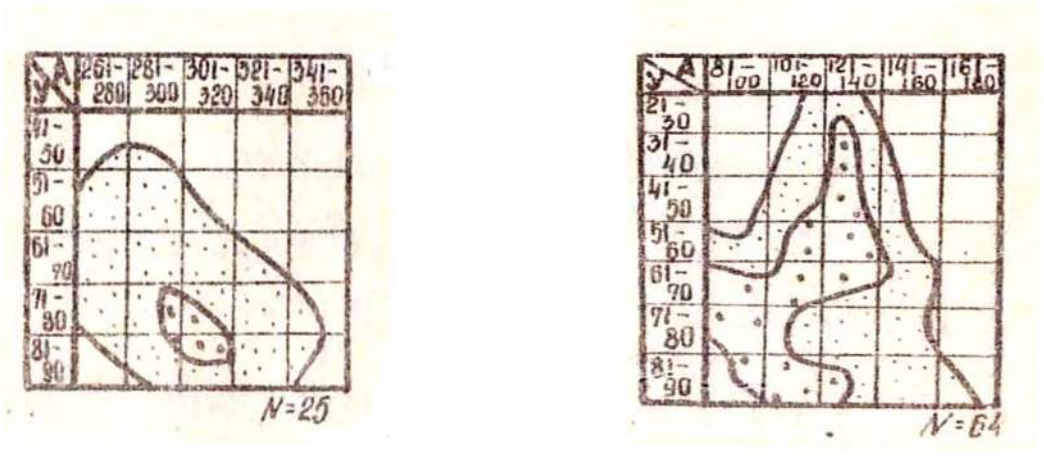


Рис. 2.4. Диаграммы зависимости содержания полезного компонента (слева) и мощности рудной зоны (справа) от элементов залегания рудоконтролирующей поверхности

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.

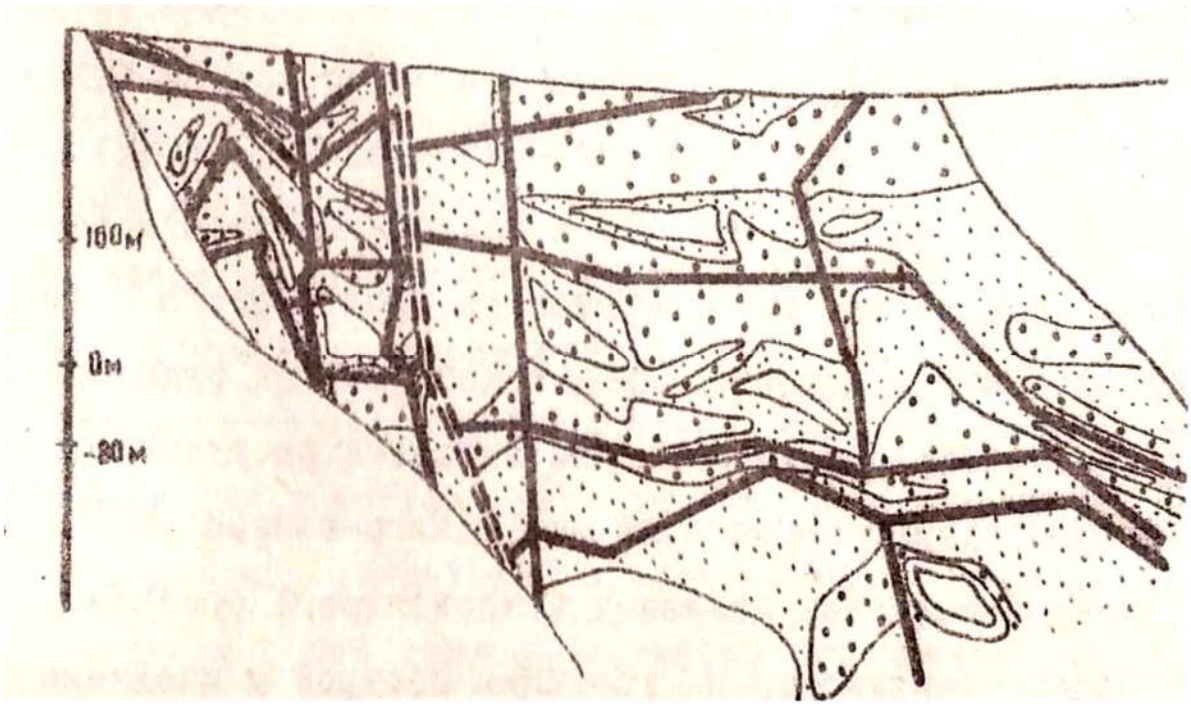


Рис. 2.5. Распределение разных типов рад в пределах рудоконтролирующей поверхности. Крупными точками показаны богатые руды, мелкими точками – средние, белыми оставлены участки с низким содержанием

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^o от 90^o на внешней окружности до 0^o в центре круга. Вдоль окружности по часовой стрелке надписываются азимуты от 0 до 360^o.

Такая сетка удобна для нанесения 200-300 точек и обеспечивает точность нанесения около 2^o, 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^o, при меньшем – в 15^o.

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^o 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^o 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^o, в подсчет плотности включаются противолежащие по диаметру площадки и полученные числа записываются на обоих концах диаметра.

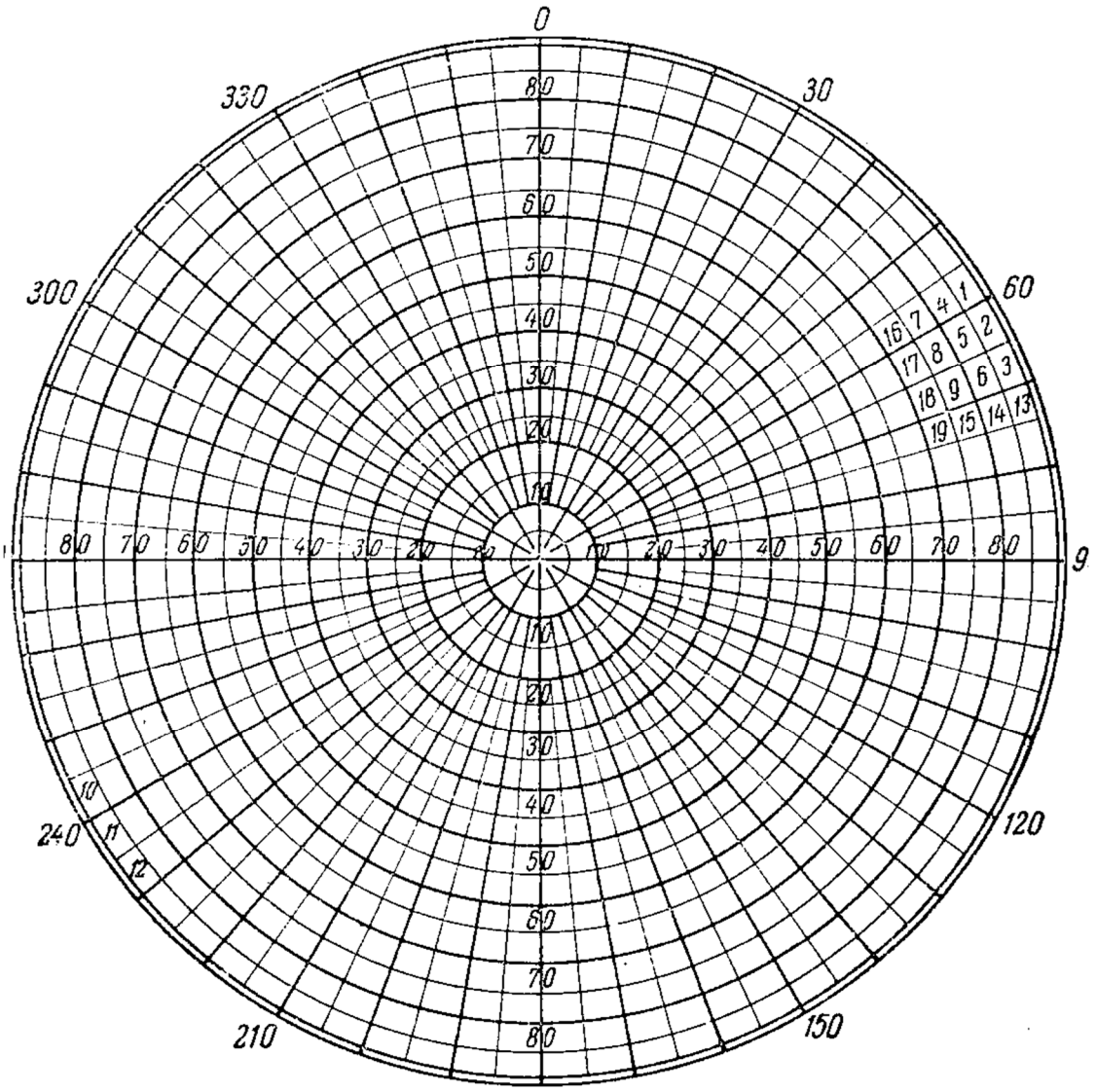


Рис. 2.6. Полярная сетка для круговой диаграммы

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).

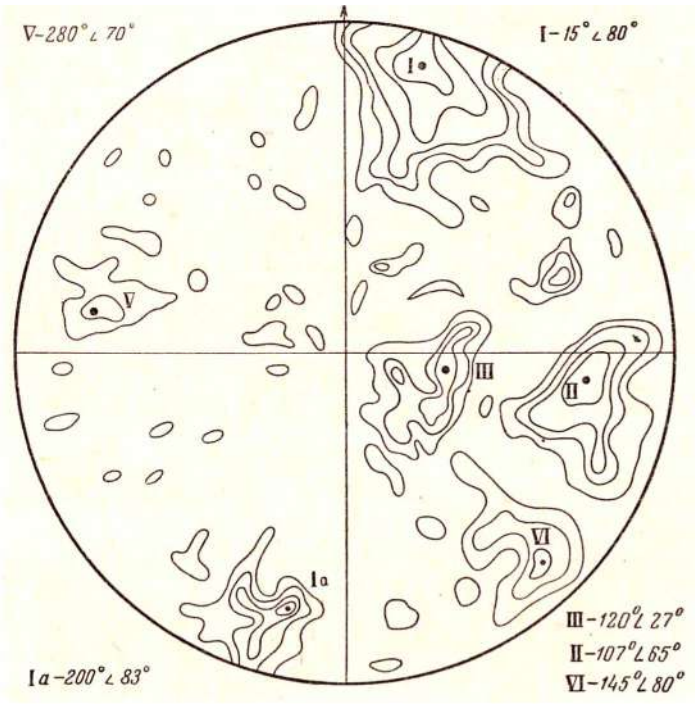


Рис. 2.7. Изолинии плотности трещин. 300 замеров. Изолинии 1 – 2 – 3 – 5 – 7 [КШ]

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.

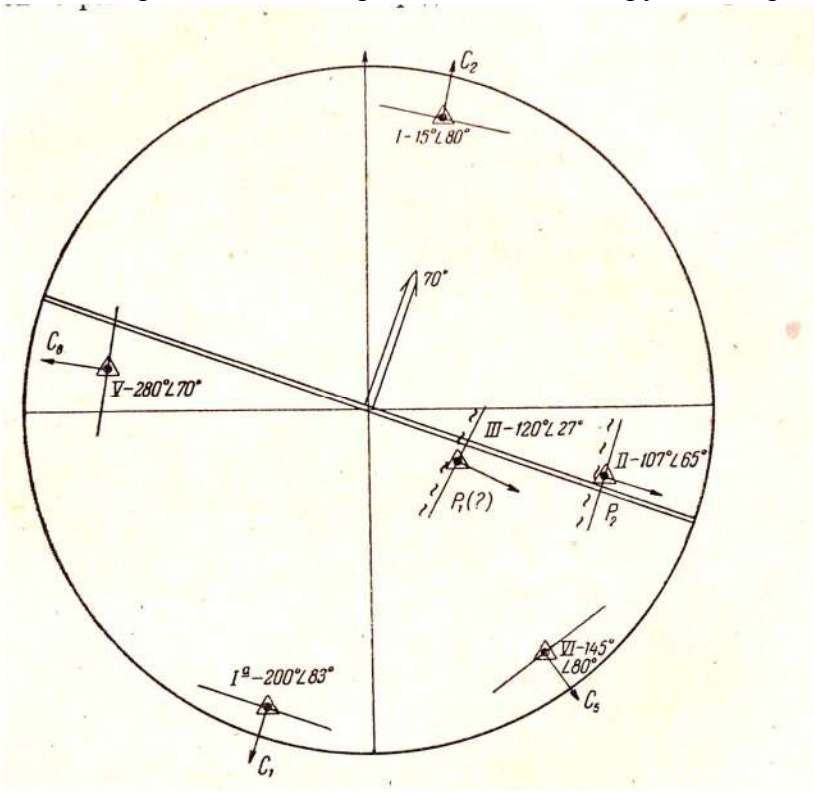


Рис. 2.8. Полюса плотности трещиноватости в кварцитовидных песчаниках [КШ]

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).

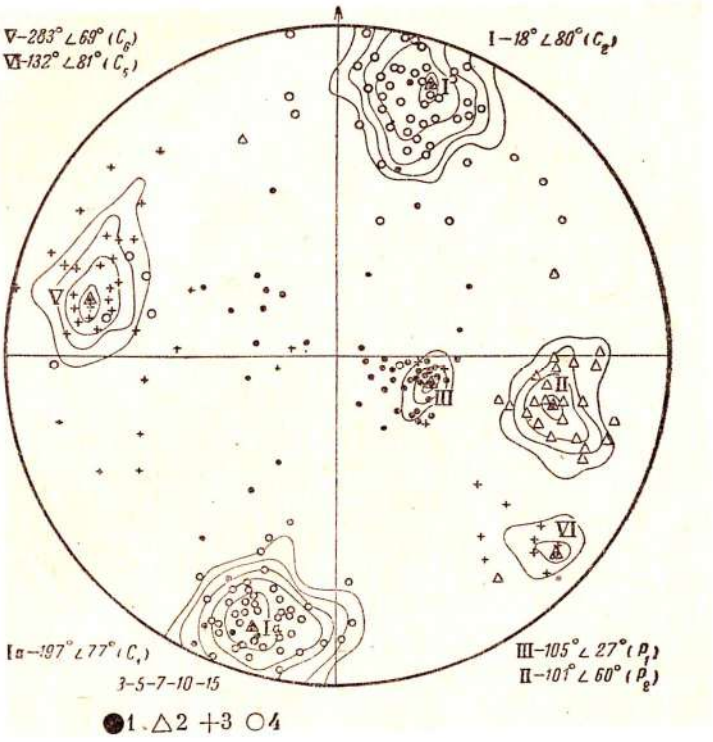


Рис. 2.9. Определение полюсов минерализованных трещин [КШ]:
1 – кальцит, 2 – кальцит с пиритом, 3 – кварц, 4 – руда

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^o). 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^o по азимуту и 20^o 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^{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/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 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.06.02 ПРОГНОЗ И ПОИСКИ В ПРЕДЕЛАХ РУДНЫХ ПОЛЕЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(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^o (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^o (Рис. 5б). В реальных условиях угол скалывания изменяется от 0 до 90^o.

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^{o} 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^{o} 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»

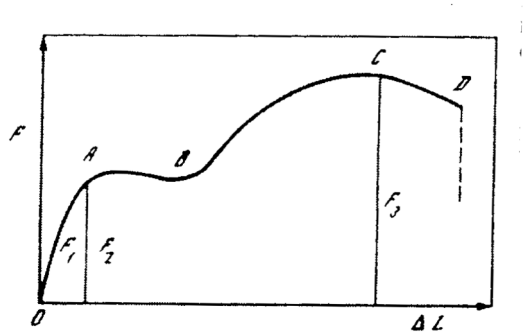


Рис. 1. Кривая деформаций:
F – величина усилия; ΔL – приращение длины стержня; OA – упругая деформация (деформация прямо пропорциональна величине усилия); A – предел упругости (предел пропорциональности, отвечающий силе F_1); F_2 – усилие, отвечающее пределу упругости; AB – удлинение без изменения усилия («текучесть»); B – предел пластичности; C – предел прочности; F_3 – соответствующее ему усилие; D – разрыв образца

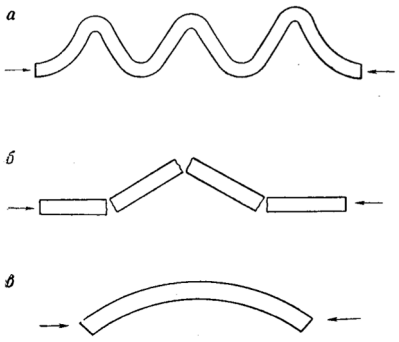


Рис. 2. Схемы деформации пластичного (*а*), хрупкого (*б*) и несущего (*в*) пластов, вызванной продольным изгибом. Разрезы

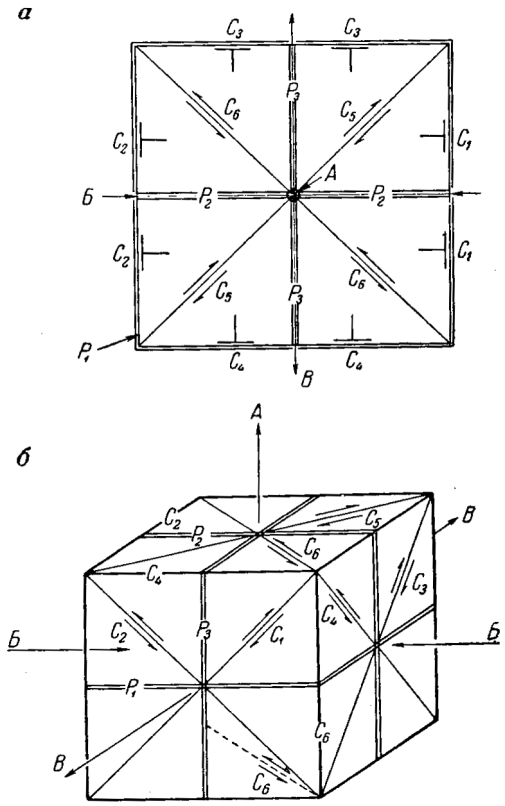


Рис. 3. Основные плоскости деформаций:
а – в плане; *б* – в пространстве. Плоскости: C_1 и C_2 – взброса; C_3 и C_4 – сброса и взброса; C_5 и C_6 – сдвига; P_1 – горизонтального отрыва; P_2 – отрыва; P_3 – сжатия

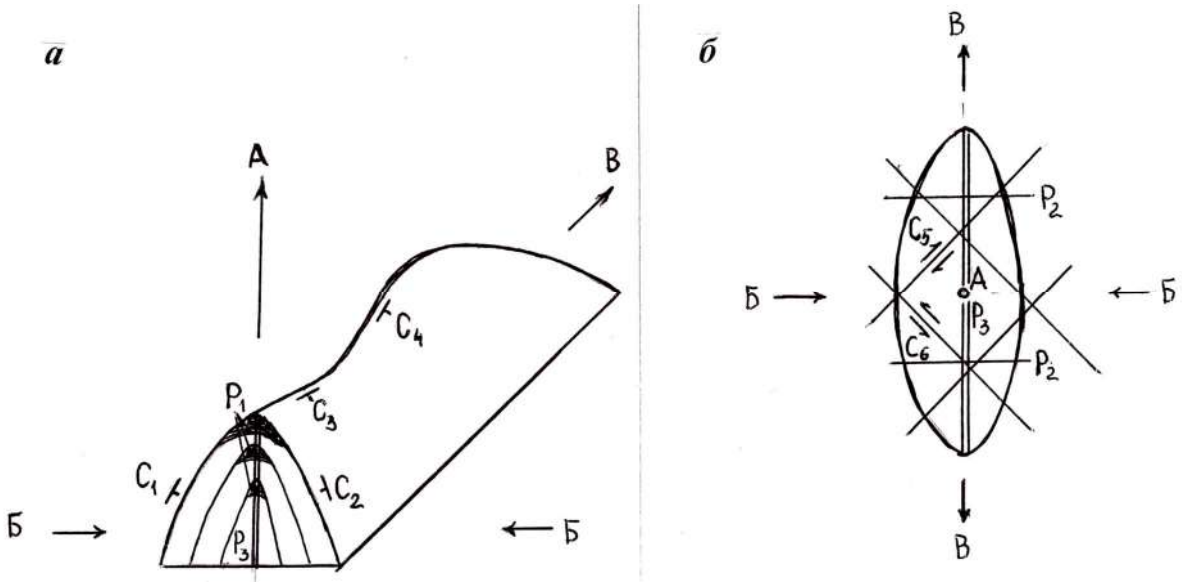


Рис. 4. Положение куба деформаций в складчатых структурах: *а* – в разрезе, *б* – в плане

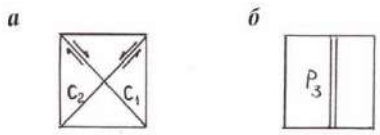


Рис. 5. Ориентировка сопряженных трещин в идеально хрупких (а) и в идеально пластичных (б) породах

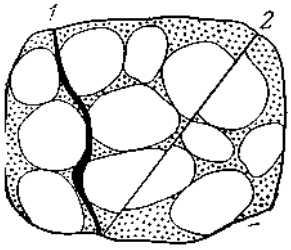


Рис. 6. Трещины отрыва (1) и скалывания (2) в конгломератах

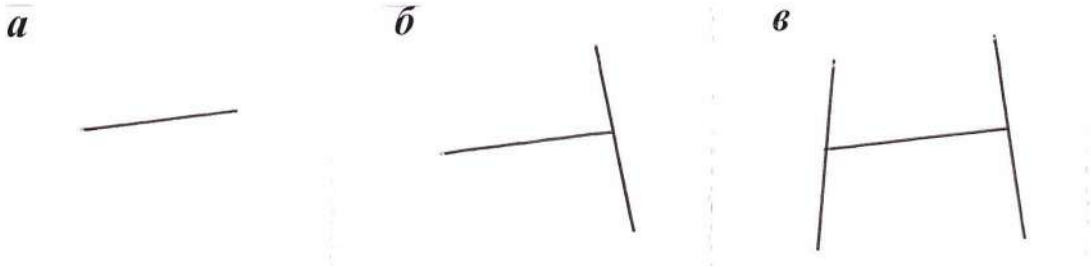


Рис. 7. Виды разломов по характеру окончания:
а – неограниченные, б – полуограниченные и в – ограниченные

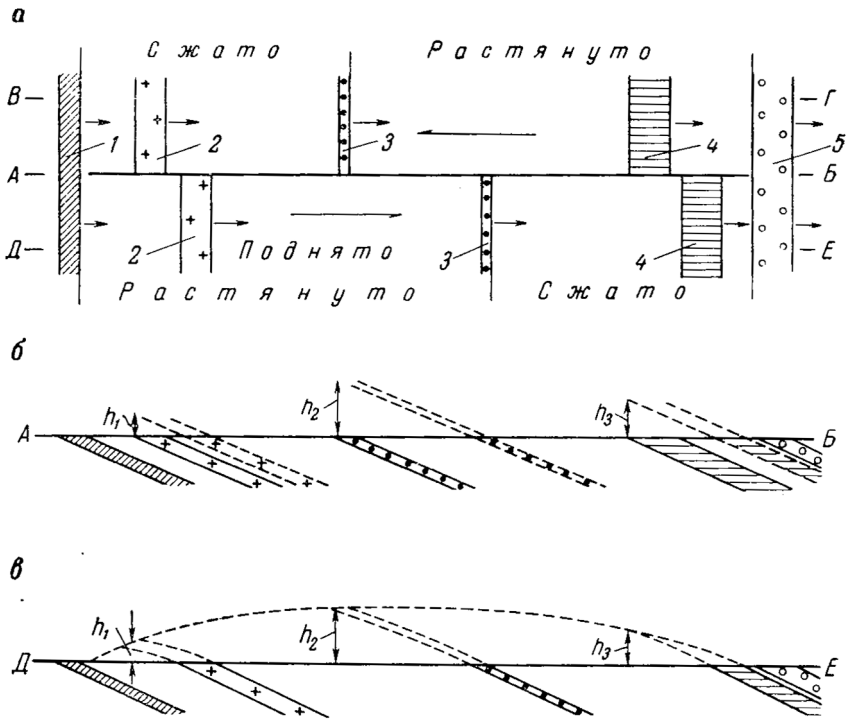


Рис. 8. Деформация разрыва со взбросо-сдвиговым перемещением:
а – план разрыва; пласты 1 и 5 не перемещены; *б* – совмещенный разрез по АБ; пунктиром указаны пласты поднятого блока ДЕ; *в* – деформация поднятого блока. Разрез

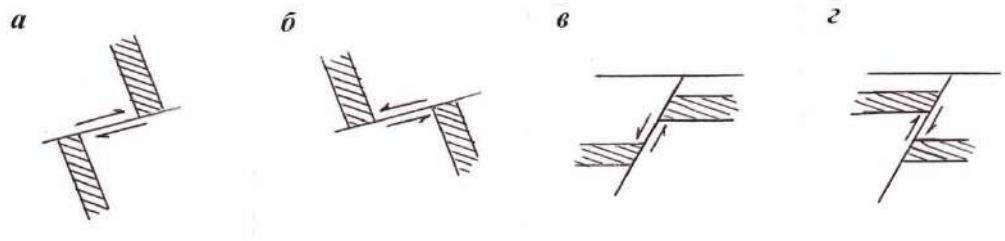


Рис. 9. Кинематические типы разломов: *а* – правый сдвиг; *б* – левый сдвиг; *в* – сброс; *г* – взброс

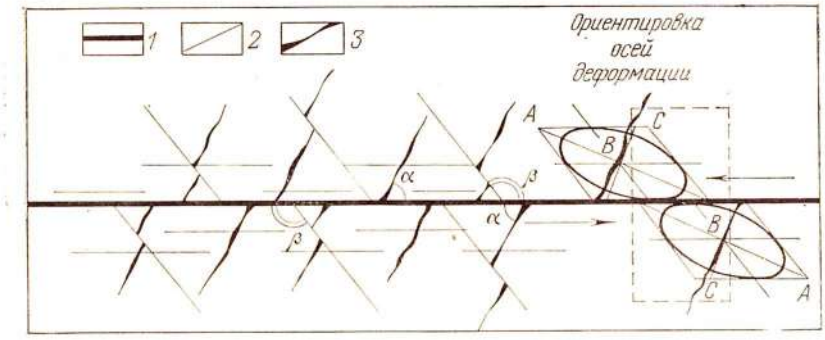


Рис. 10. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сдвиг:
1 – главное разрывное нарушение; оперяющие трещины: 2 – скалывания, 3 – отрыва. A, B, C – главные оси деформации; α – острый угол, образованный оперяющими трещинами отрыва со сместителем в двигавшемся блоке; β – тупой угол, образованный оперяющими трещинами скалывания со сместителем в двигавшемся блоке. Стрелками показано направление перемещения блоков пород, пунктирной линией – кубические блоки породы до деформации

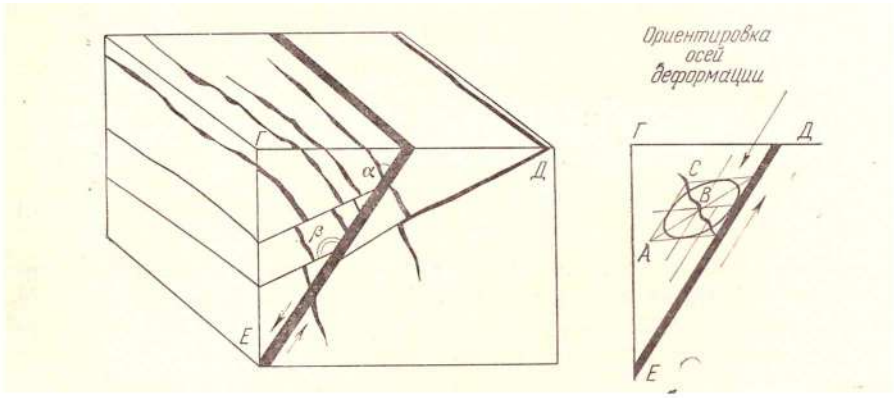


Рис. 11. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сброс

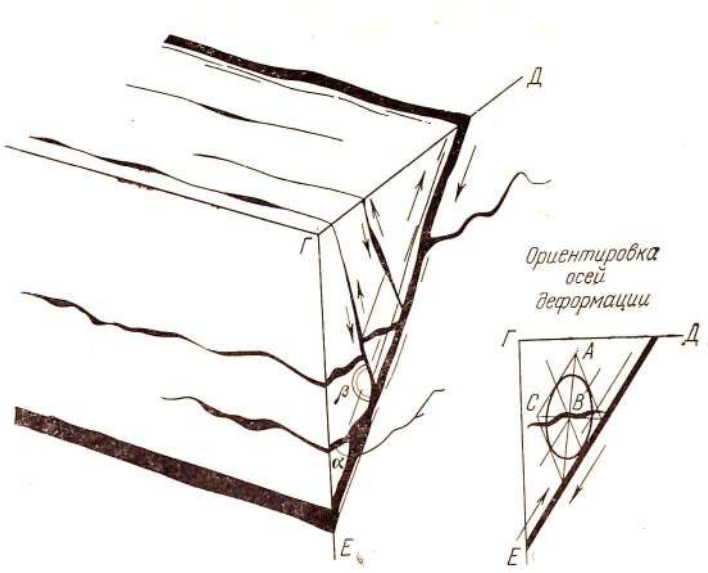


Рис. 12. Схема формирования боковых трещин, оперяющих взброс

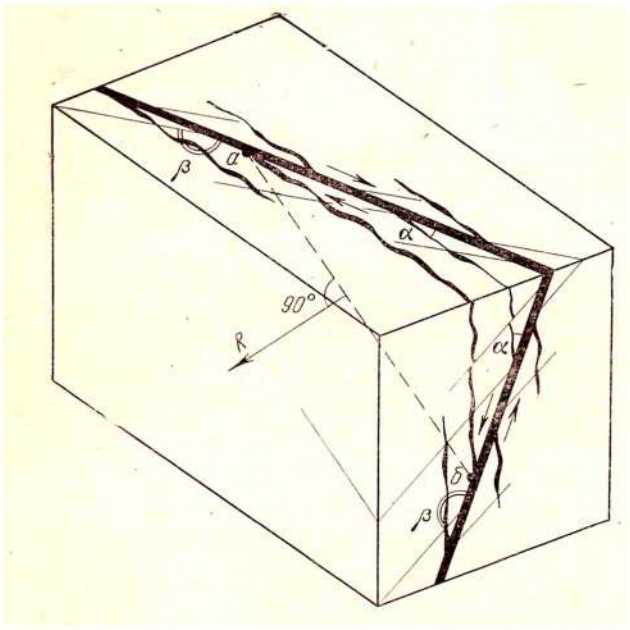


Рис. 13. Схема формирования боковых трещин, оперяющих сбросо-сдвиг:
R – направление перемещения висячего бока сбросо-сдвига, перпендикулярное к линии сопряжения (*аб*) оперяющей трещины отрыва со сместителем

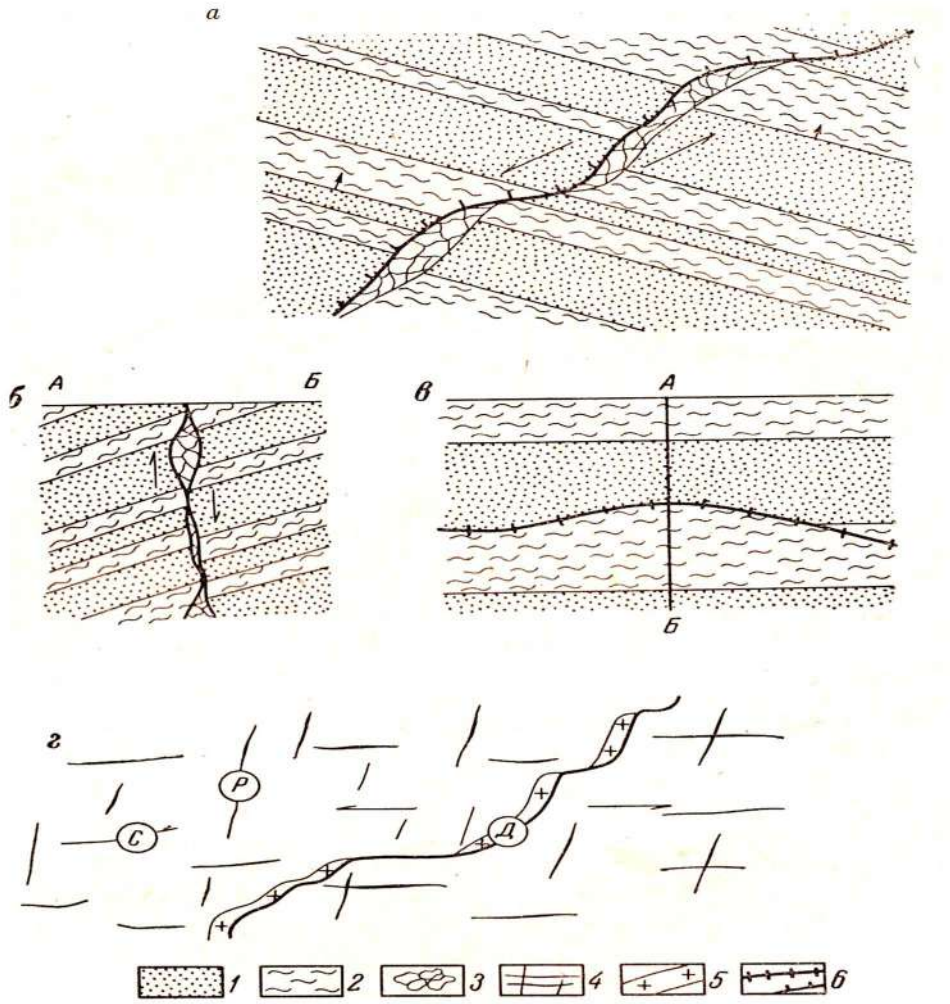
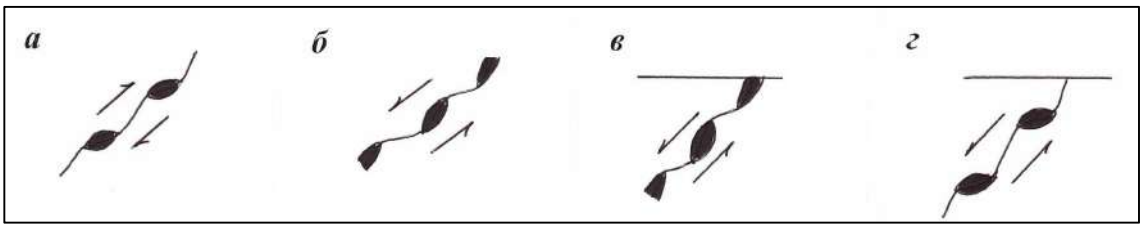


Рис. 14. Волнистость поверхностей разломов:
а – крутопадающая волнистость в разломе среди анизотропных пород (план); *б* – волнистость продольного разлома в свите наклоннопадающих пластов (разрез); *в* – то же, в плане; *г* – волнистость разлома среди интрузивных пород; *1* – хрупкий пласт; *2* – пластичный пласт; *3* – брекчии; *4* – трещиноватость гранитоидов; *5* – дайка; *6* – трещины



д

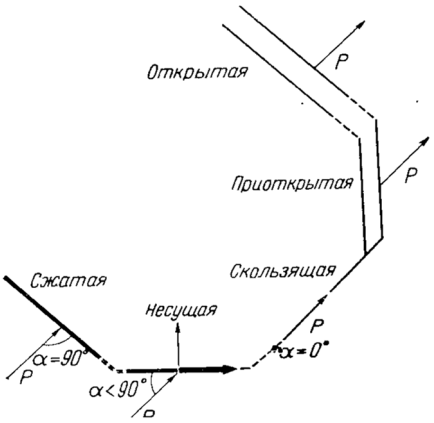


Рис. 15. Приоткрывание граней разлома при разных направлениях смещения: в плане: *а* – при правом сдвиге, *б* – при левом сдвиге; в разрезе: *в* – при сбросе, *г* – при взбросе; *д* – классификация граней трещины по отношению к направлению усилия

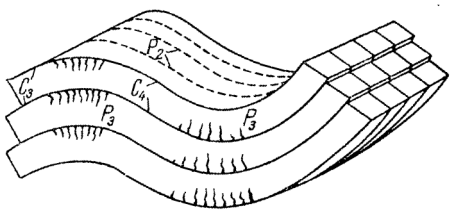


Рис. 16. Системы трещин, возникающие в концентрических складках жестких пластов

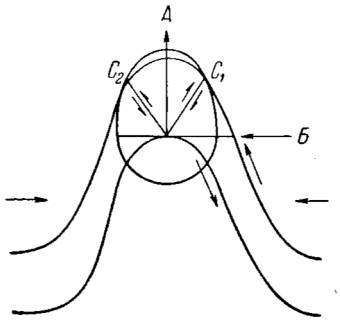


Рис. 17. «Подобные» складки, возникающие при продольном изгибе в пластичных породах. Разрез

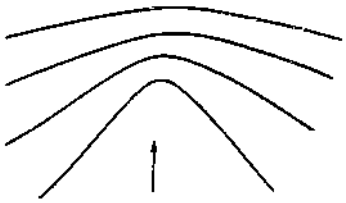


Рис. 18. Складка поднятия в пластичных породах с уменьшением мощности в осевой части. Разрез

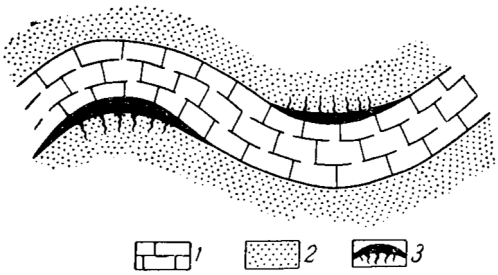


Рис. 19. Распределение пустот и трещин (3) при совместном изгибе несущего пласта (1), залегающего между двумя хрупкими (2). Разрез

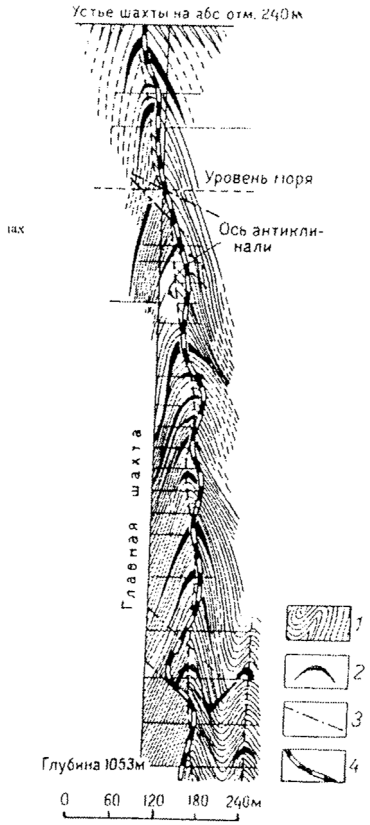


Рис. 20. Многоэтажные седловидные золото-кварцевые жилы на месторождении Бендиго, Австралия (по У. Стоуну)

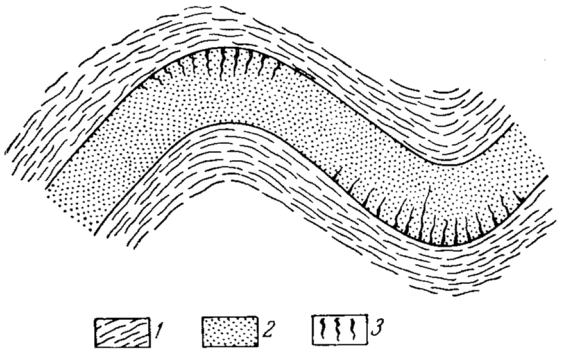


Рис. 21. Распределение трещин (3) при совместном изгибе хрупкого пласта (2), залегающего между пластичными (1). Разрез

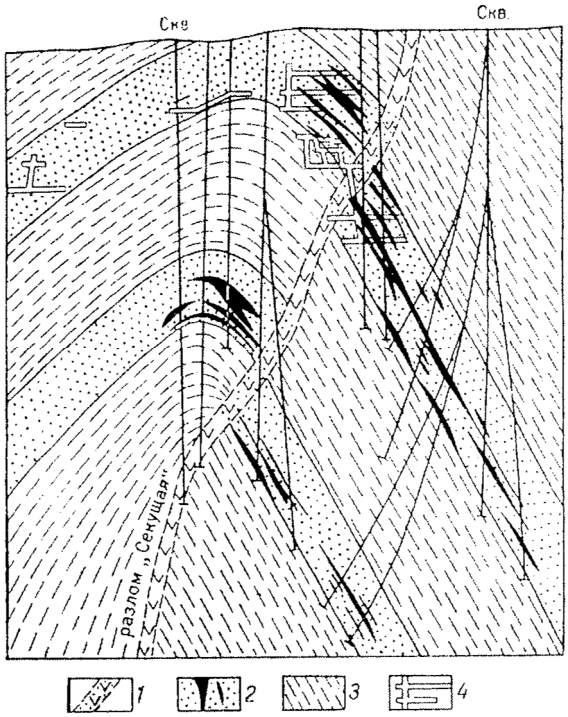


Рис. 22. Пластовые залежи киновари в горизонтах песчаников Никитовского месторождения в Донбассе (по А. Добрянскому):
1 – зона брекчирования разлома «Секущая»; 2 – оруденение в песчаниках; 3 – безрудные сланцы; 4 – подземные горные выработки

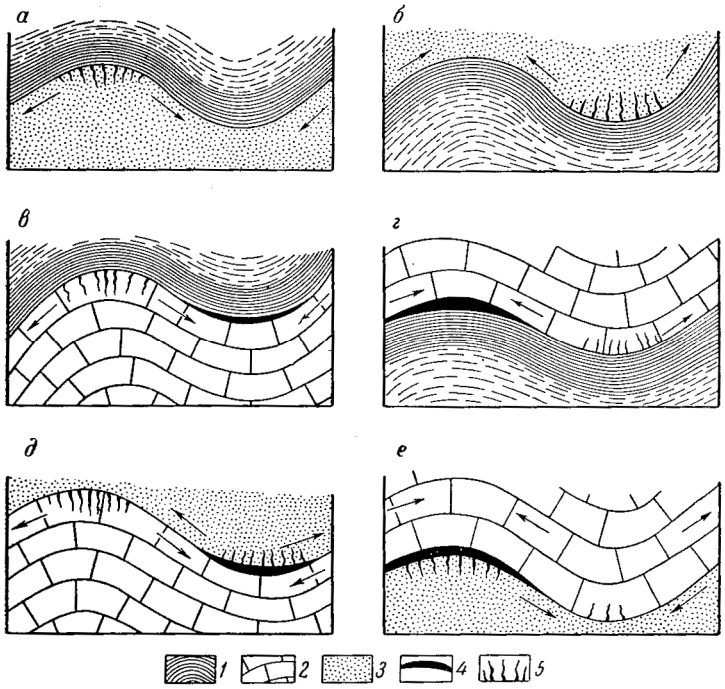


Рис. 23. Результаты изгибания разных (*а – е*) систем двух разнородных пластов:
1 – пластичные; 2 – несущие; 3 – хрупкие; 4 – пустоты; 5 – трещины

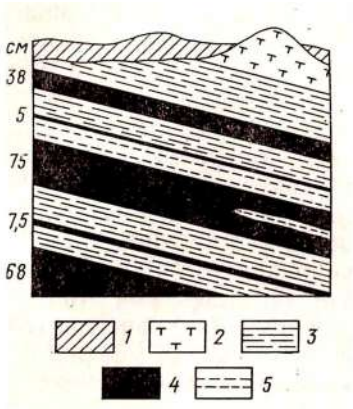


Рис. 24. Пластовые залежи хромитов в Бушвельдском комплексе в Южной Африке (по В. Купферберюргеру):
1 – четвертичные отложения; 2 – анортозиты; 3 – диаллаговые габбро; 4 – хромиты; 5 – бронзито-диаллаговые породы

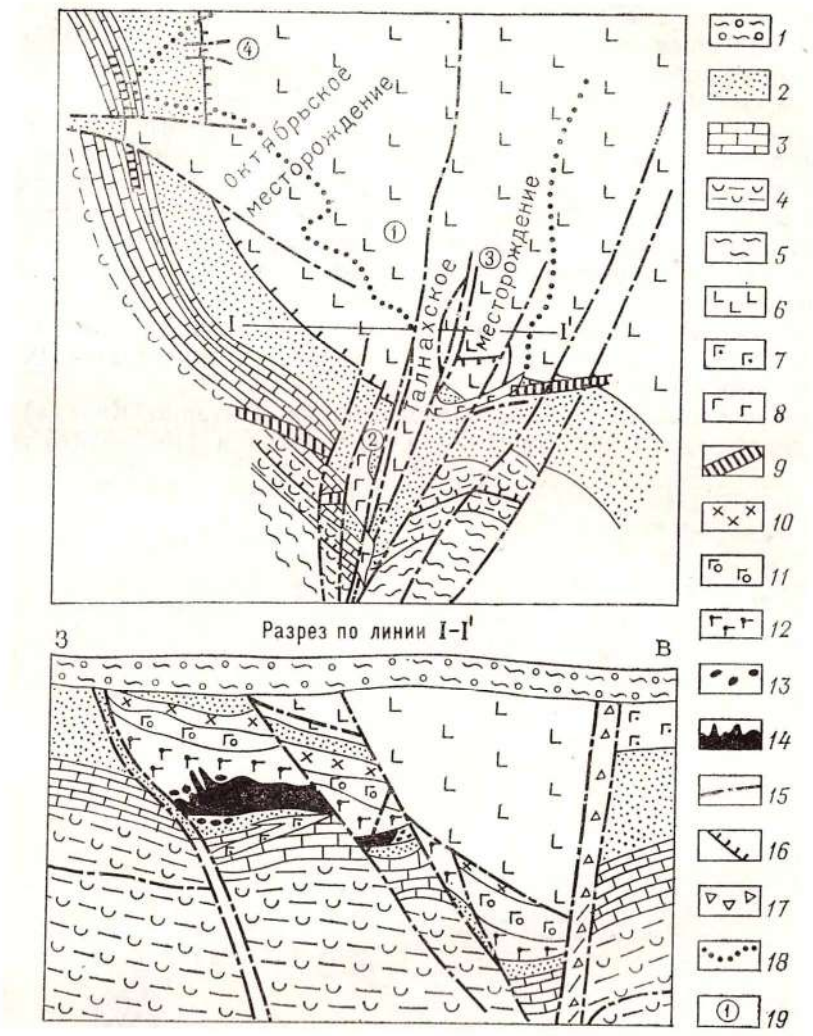


Рис. 25. Схематический план Талнахского рудного поля и разрез юго-западной части Талнахского месторождения (по В. Ф. Кравцову и А. В. Тарасову):
1 – четвертичные отложения; 2 – угленосные отложения P-C; 3 – карбонатная толща D_3; 4 – ангидрит-мергелистая толща D_2; 5 – карбонатно-глинистая толща D_1; 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

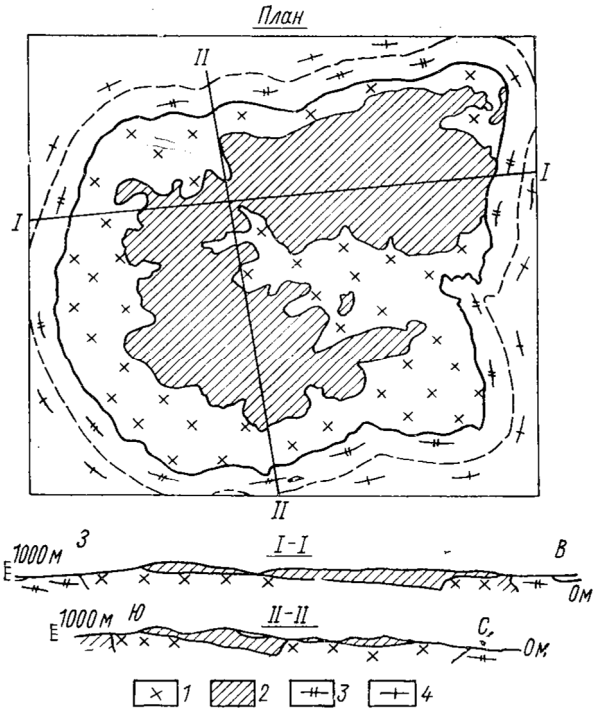


Рис. 26. Геологическое строение массива редкометальных нефелиновых сиенитов (по Власову К. А. и др.):
1 – дифференцированный комплекс нефелиновых сиенитов; 2 – эвдиалитовые луявриты и эвдиалититы; 3 – фениты; 4 – гнейсы и гранитогнейсы

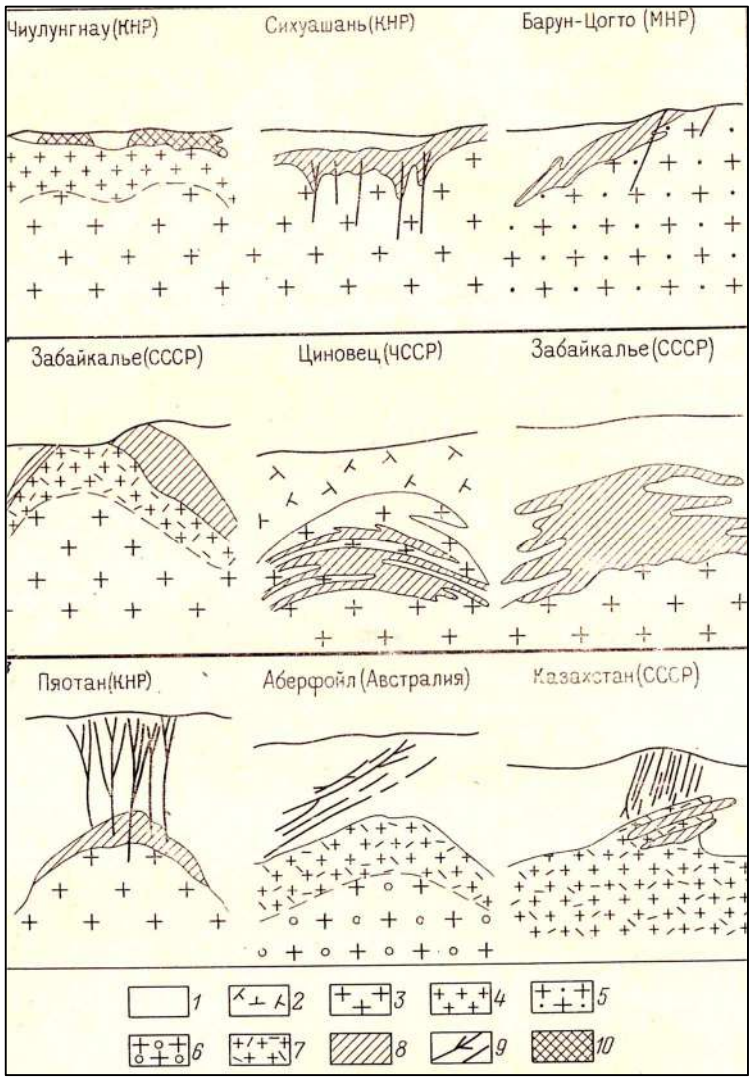


Рис. 27. Схемы взаимосвязи разных структурно-морфологических типов грейзеновых месторождений с формой кровли гранитных массивов (по Д. В. Рундквисту и др.):
верхний ряд – горизонтальная или очень пологая кровля; средний ряд – купольная с пологими апофизами; нижний ряд – купольная с наклонными и крутопадающими 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

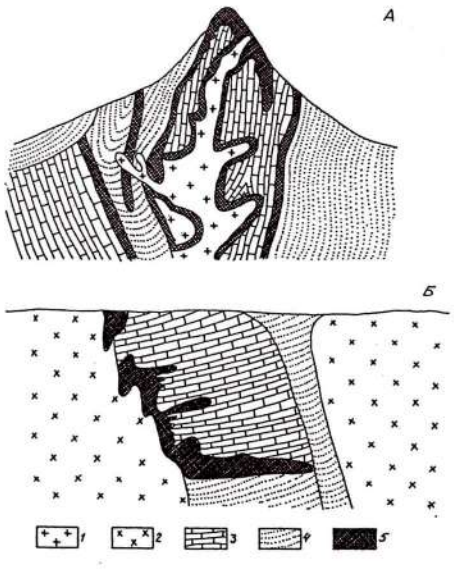


Рис. 28. Схематические геологические разрезы скарновых месторождений: А – Тырныаузского вольфрам-молибденового (по А. В. Пэку); Б – Фроловского – медные Турьинские рудники (по Я. П. Баклаеву): 1 – граниты; 2 – диориты; 3 – известняки; 4 – вулканогенно-осадочные породы; 5 – скарны с рудной минерализацией

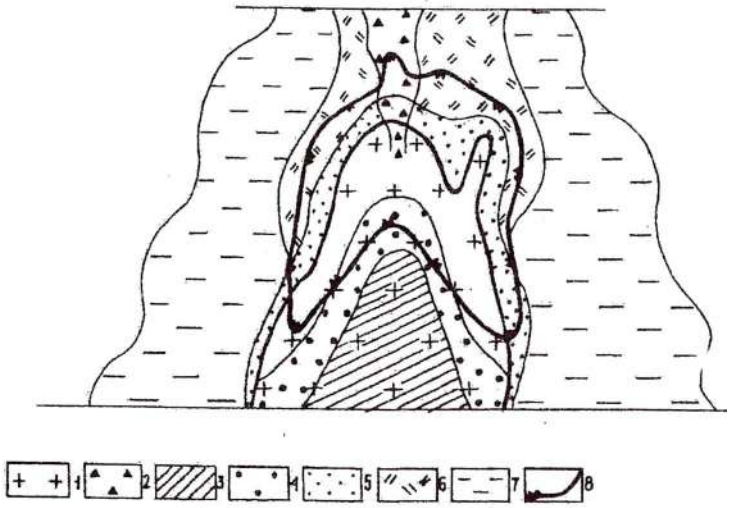


Рис. 29. Модель медно-порфирового месторождения (по А. И. Кривцову): 1 – рудоносный порфировый интрузив; 2 – брекчиевая трубка; 3 – кварцевое «ядро»; 4 – зона калишпатизации и биотитизации; 5 – зона окварцевания и серицитизации; 6 – зона аргиллизации; 7 – пропидлитизированные породы интрузивной рамы; 8 – контуры промышленных руд

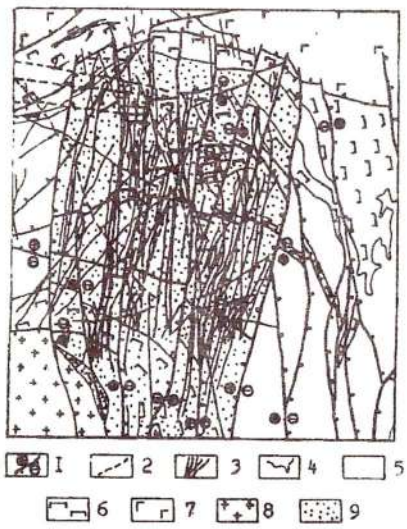


Рис. 30. Березовское рудное поле (Средний Урал):
1 – додайковые разломы, штрихами показано направление падения разломов, знаками плюс и минус – приподнятый и опущенный блоки соответственно; 2 – последайковые разломы; 3 – дайки гранитоидов; 4 – межформационные контакты; формации: 5 – базальтовая, 6 – гипербазитовая, 7 – габбро-диорит-долеритовая; 8 – гранитовая; 9 – рудное поле

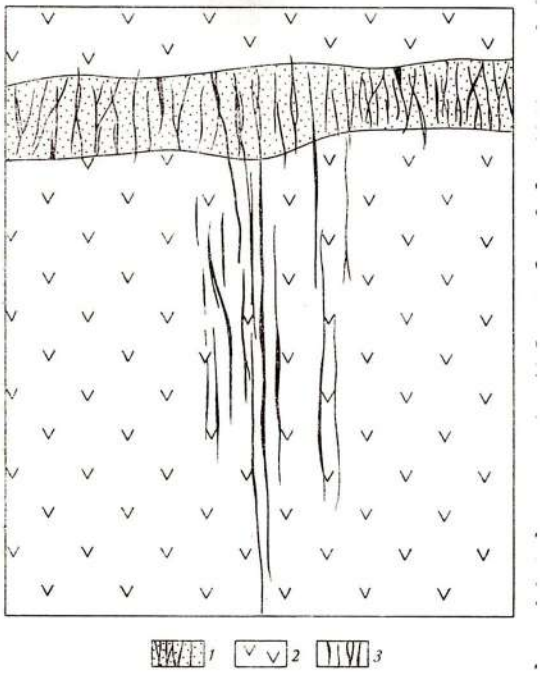


Рис. 31. Фрагмент Березовского рудного поля (по М. и Н. Бородаевским):
1 – березитизированная дайка гранит-порфира с лестничными жилами; 2 – змеевики; 3 – красичные жилы

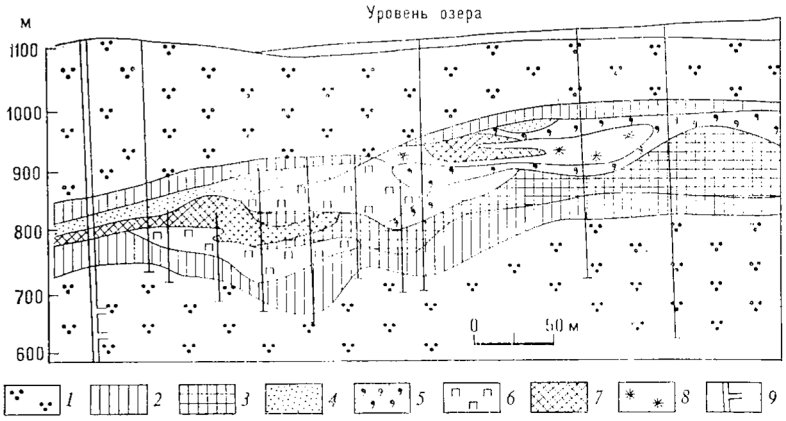


Рис. 32. Разрез главного пегматитового тела месторождения Берник-Лейк (по Р. А. Гроузу и П. Черны):
1 – амфиболиты; 2-8 – пегматиты: 2 – внешняя кварц-альбитовая зона с микроклин-пертитом и турмалином, 3 – нижняя промежуточная зона микроклин-пертит-кварц-альбитовая со сподуменом, 4 – линзы мелкозернистого 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

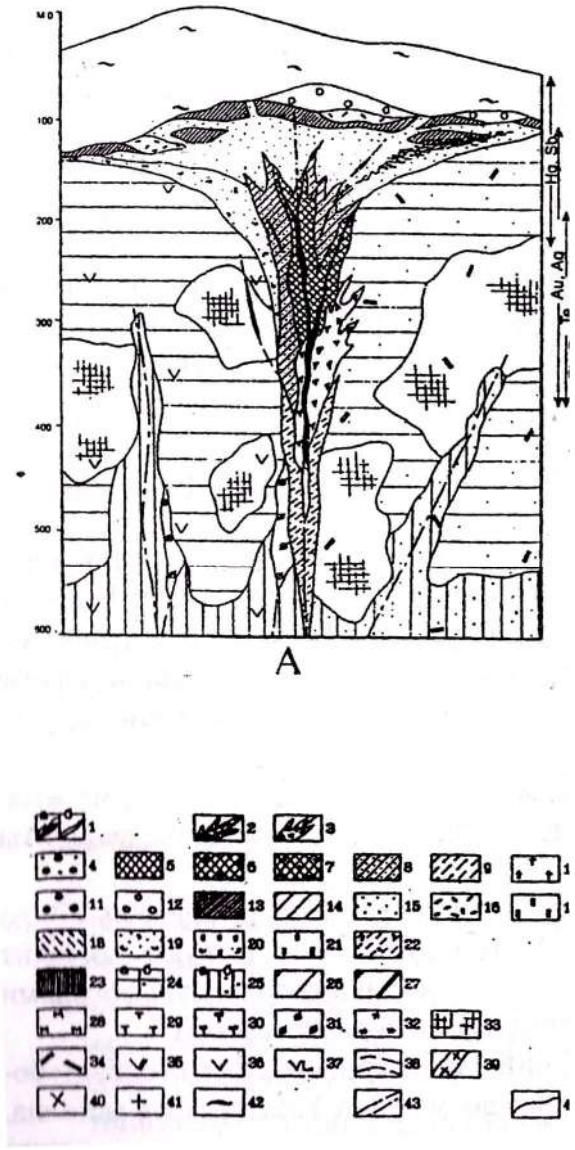


Рис. 33. Модель зональности золото-серебряного месторождения Карамкен (Магаданская обл.):
1 – жилы и прожилки: рудные (а), безрудные (б); 2-3 – предрудные изменения: 2 – зоны адуляр-кварц-сульфидного прожилкования, 3 – гидротермальные брекчии; 4-10 – околотрещинные метасоматиты: 4 – существенно кварцевые, 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

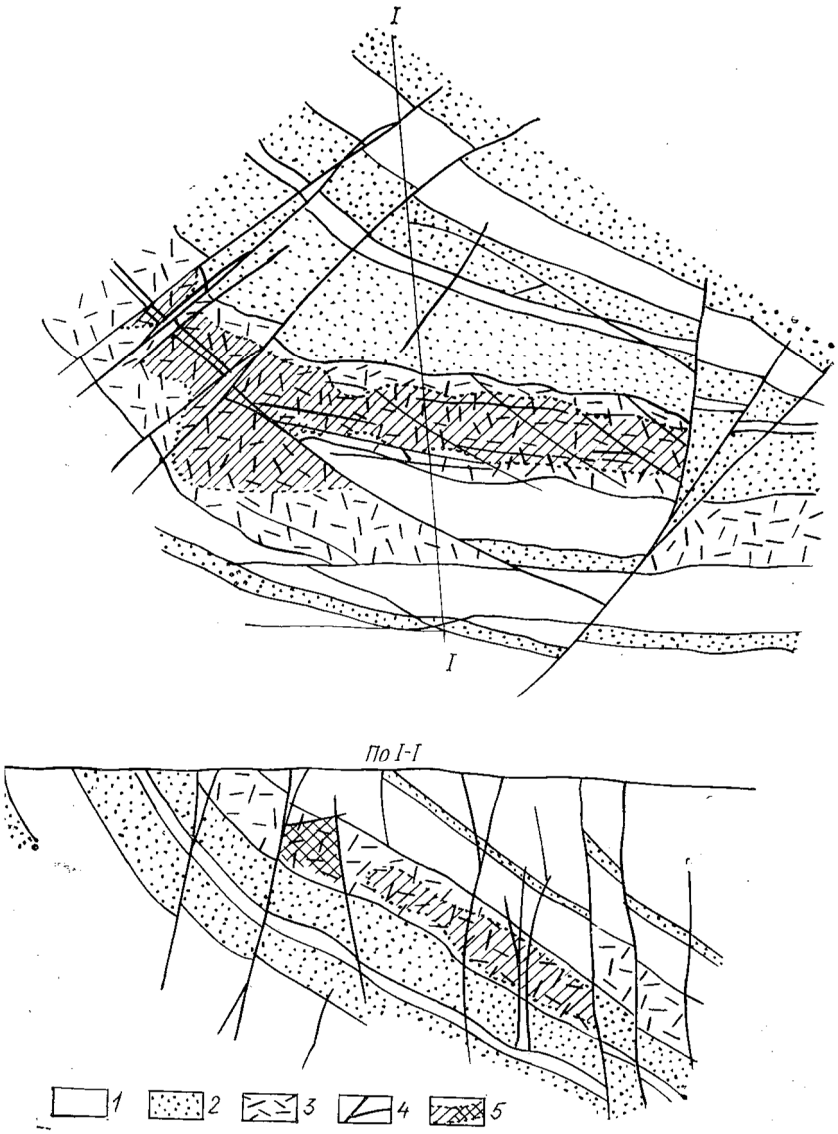


Рис. 34. Урановое оруденение в сферолитовых риолитах
(по Н. П. Лаверову):
1 – порфировые базальты и их туфы; 2 – песчаники; 3 – сферолитовые туфолавы фельзитовых риолитов; 4 – разрывы; 5 – рудные тела и обогащенные участки

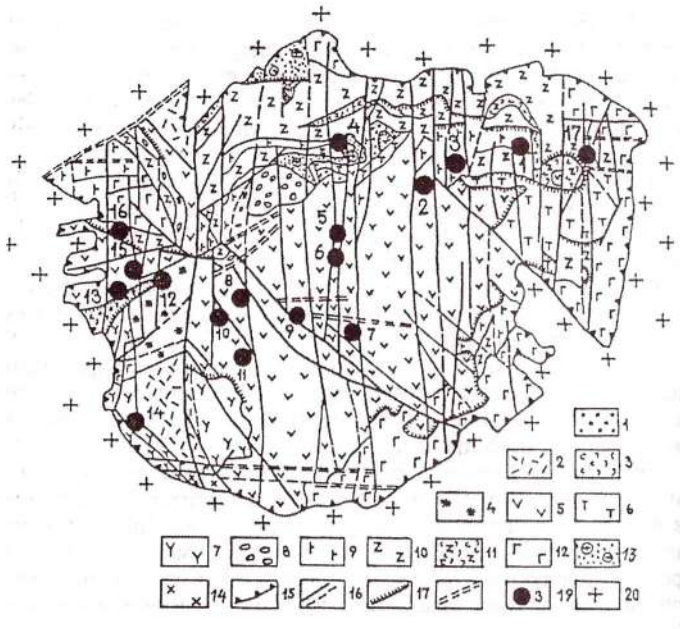


Рис. 35. Схема геологического строения Стрельцовского рудного поля (по Л. П. Ищуковой):

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

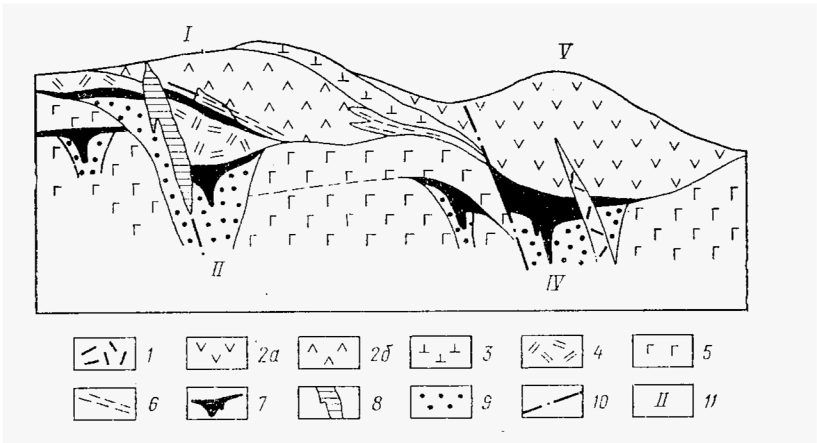


Рис. 36. Вулкано-биклинальная структура медноколчеданного месторождения Юбилейное (по О. В. Мининой). Палеовулканическая реконструкция (разрез):

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

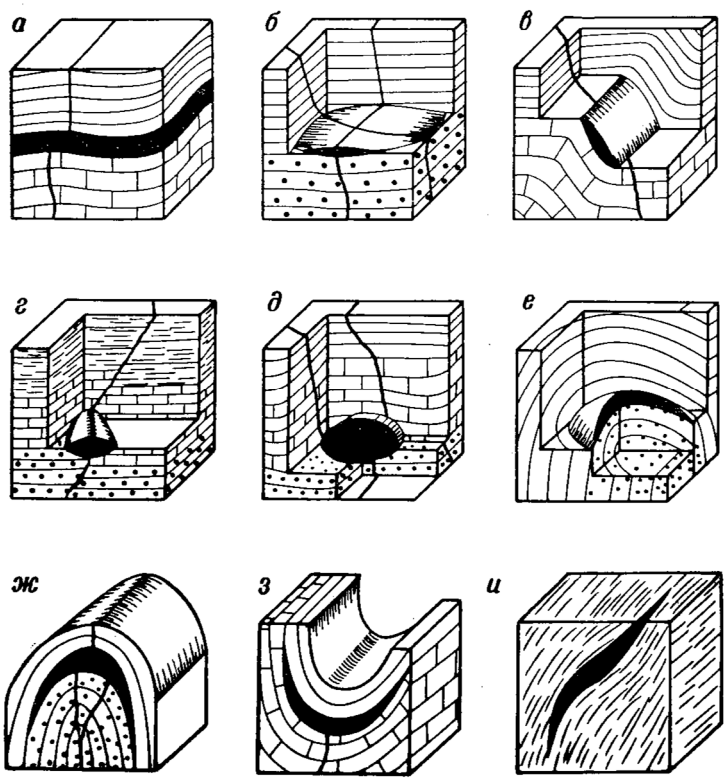


Рис. 37. Согласные рудные тела:
а – рудный пласт; *б* – рудная залежь; *в* – рудная лента; *г* – брусковидное тело; *д* – рудное гнездо; *е* – куполовидная залежь; *ж* – седловидная залежь; *з* – корытовидная залежь, *и* – флексурная линза

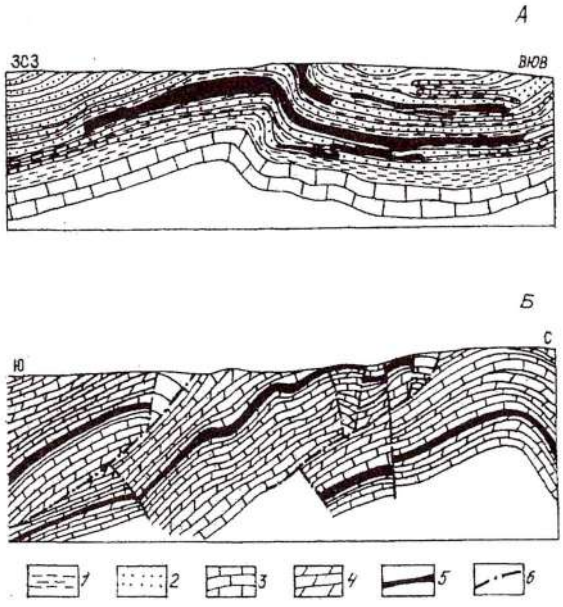


Рис. 38. Схематические геологические разрезы стратиформных месторождений: *А* – Джезказганского медистых песчаников (по материалам Джезказганской ГРЭ); *Б* – Миргалимсайского полиметаллического (по материалам Миргалимсайской ГРП): 1 – красноцветные песчаники, алевролиты; 2 – рудоносные сероцветные песчаники, алевролиты; 3 – известняки; 4 – доломиты; 5 – рудные тела; 6 – тектонические нарушения

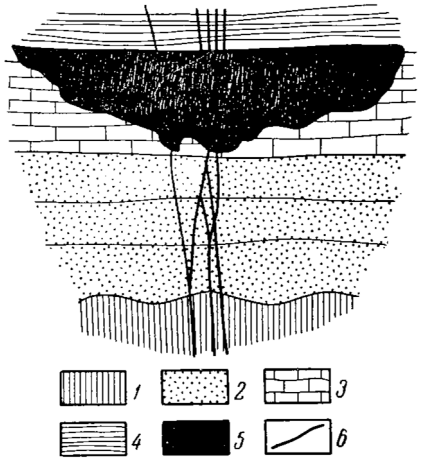


Рис. 39. Замещение доломитов рудой, растекающейся под экраном сланцев. Месторождение Блэк Хилс (по В. Линдгрену):
1 – древние сланцы; 2 – кварциты; 3 – доломиты; 4 – алевролиты; 5 – руда; 6 – трещины

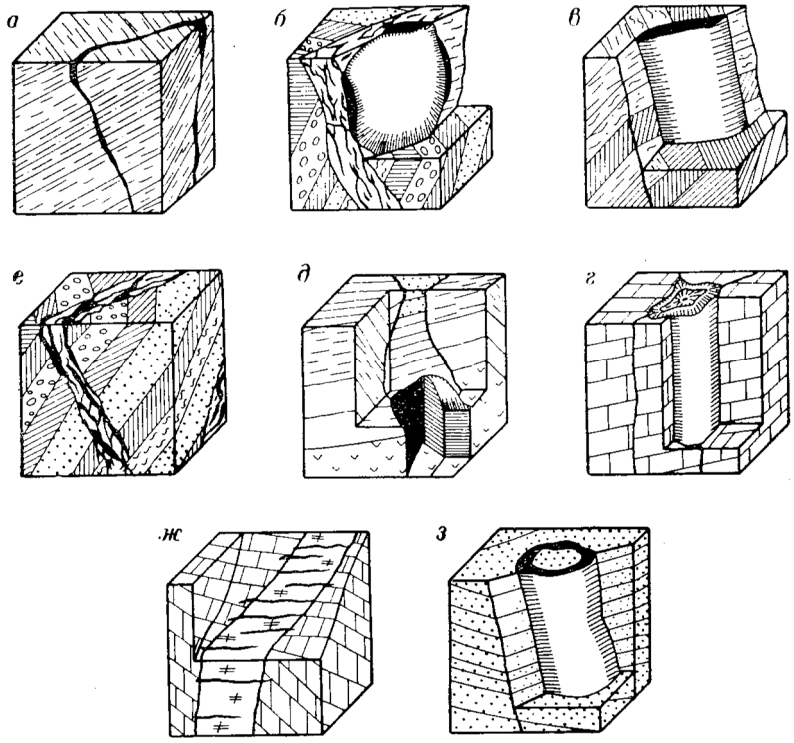


Рис.40. Секущие рудные тела:
а – жила; *б* – рудный диск; *в* – рудный столб; *г* – трубчатая жила сплошная; *д* – шток; *е* – сложная жила; *ж* – лестничные жилы; *з* – трубчатая жила кольцевая

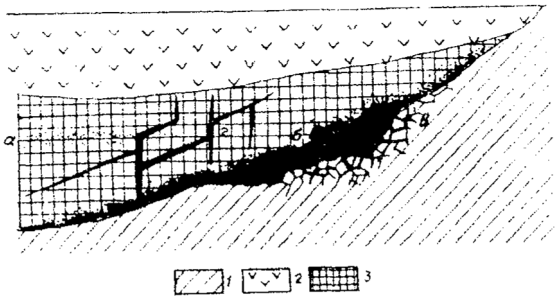


Рис.41. Морфогенетические типы рудных тел ликвационных медно-никелевых месторождений (по В. И. Смирнову):
А – висячие вкрапленники; б – донные массивные залежи; в – приконтактовые брекчиевидно-цементные руды; г – жилы; породы: 1 – подстилающие; 2 – перекрывающие, 3 – вмещающие габброиды

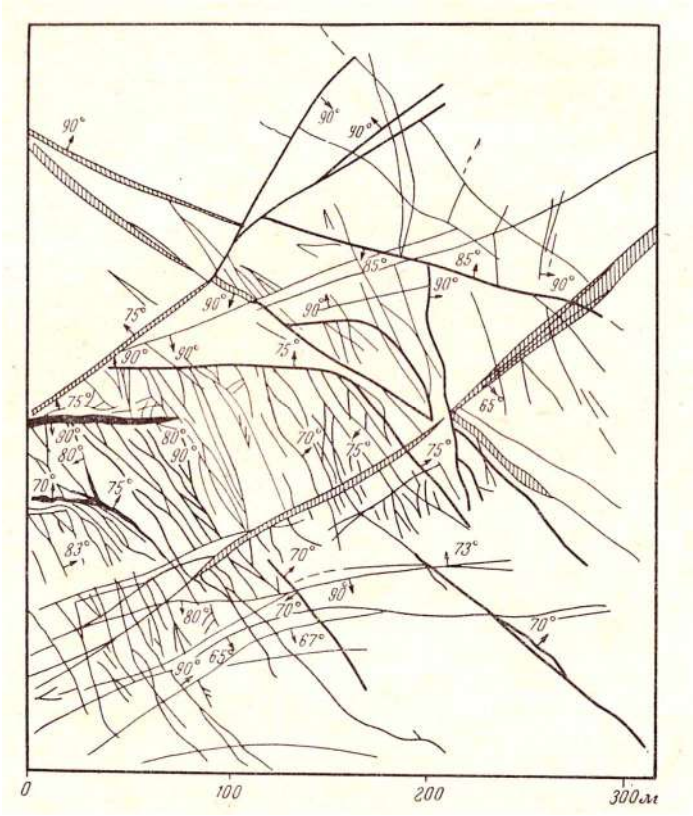


Рис. 42. Структура «конского хвоста». Жила Колюза-Леонард, месторождение Бьютт, штат Монтана (по А. М. Бэтману)

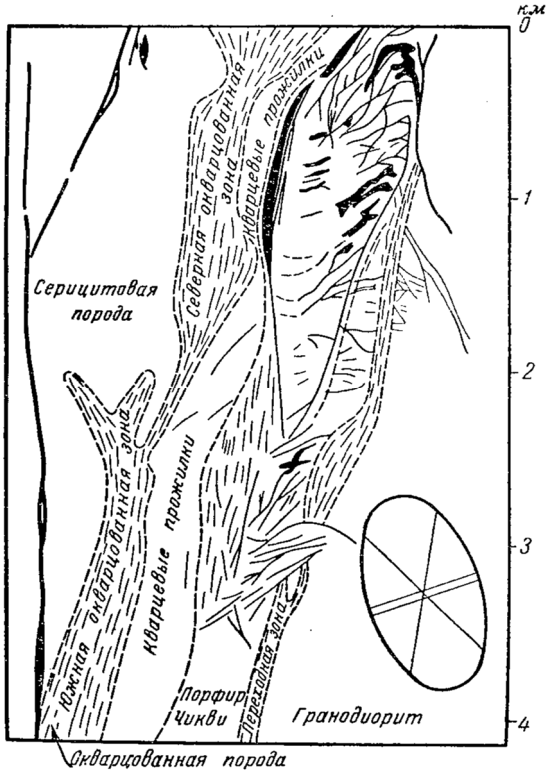


Рис. 43. Строение сложного разлома Чукикамата (по А. М. Бэтману): рудные тела показаны черным цветом

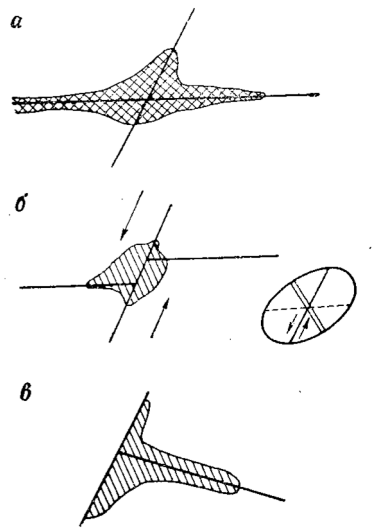


Рис. 44. Пересечения трещин:
полное без смещения (*а*), полное со смещением (*б*), ограниченное (*в*): штриховкой показаны возможные формы рудных столбов в поперечном сечении

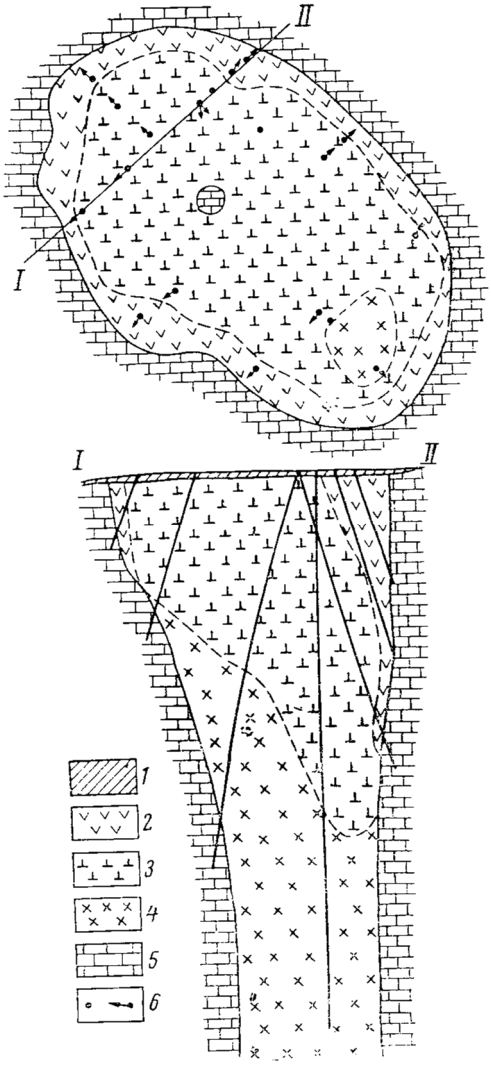


Рис. 45. Геологический план и разрез кимберлитовой трубки «Мир» (по А. Бобриевичу и др.):
1 – наносы; 2 – измененный куимберлит (желтый); 3 – измененный кимберлит (зеленый); 4 – малоизмененный кимберлит; 5 – карбонатные породы нижнего ордовика; 6 – скважины

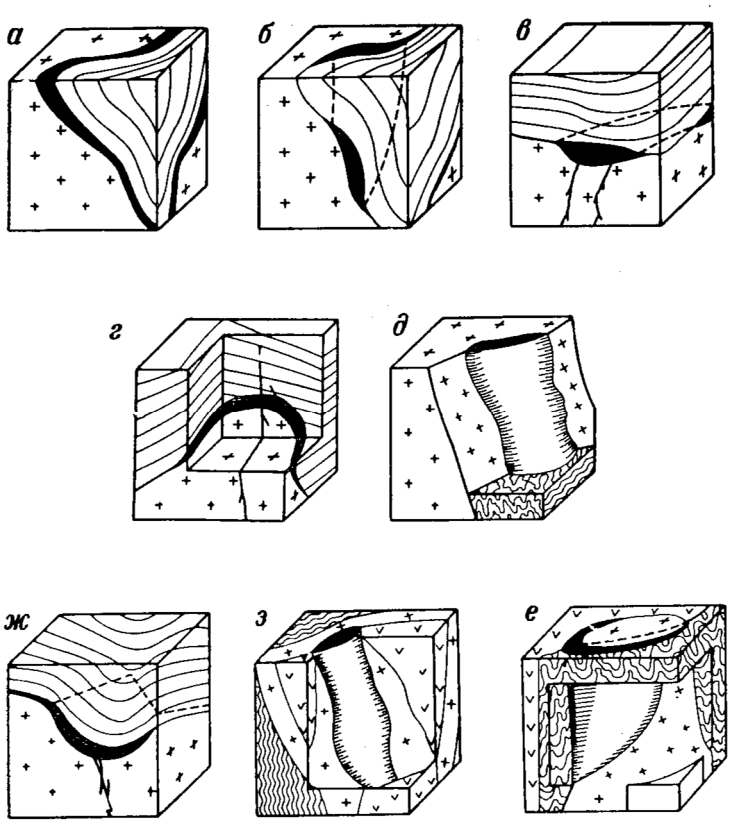


Рис. 46. Контактовые рудные тела:
а – контактовая пластообразная рудная залежь; *б* – контактовая рудная залежь; *в* – контактовая рудная лента; *г* – контактовая куполовидная залежь; д – контактовый рудный столб; *е* – обертывающая контактовая жила; *ж* – контактовая корытовидная залежь; *з* – дайковый рудный столб

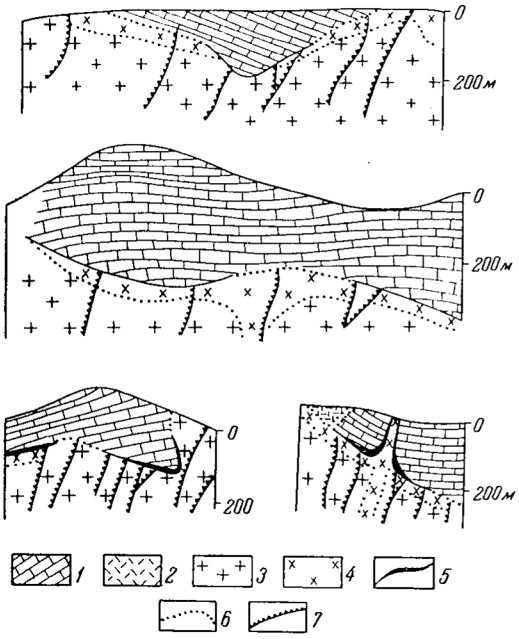


Рис. 47. Размещение скарновых тел месторождения Ингички (по Н. Д. Ушакову). Разрезы:
1 – мрамор; 2 – доломит; 3 – гранит биотитовый; 4 – гранит аляскитовый; 5 – скарновые тела; 6 – непродуктивные контакты; 7 – подводящие каналы

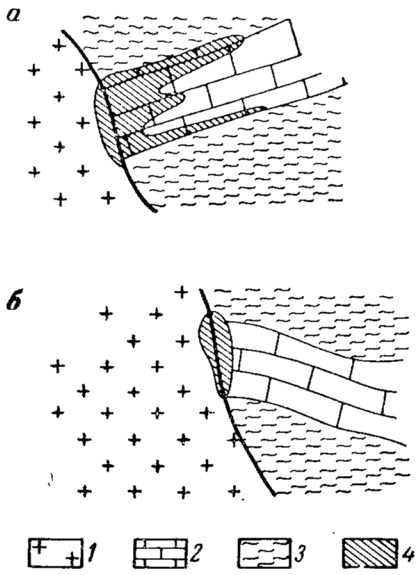


Рис. 48. Формы скарновых тел в секущих контактах гранодиоритов с известняками и сланцами в зависимости от условий залегания известняков. Разрезы:
1 – гранодиориты; 2 – известняки; 3 – скарны

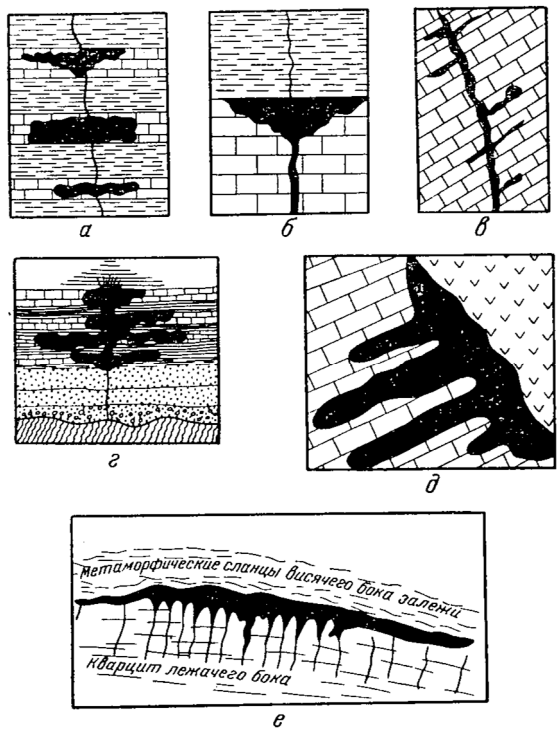


Рис. 49. Размещение оруденения в пересечениях трещин с благоприятными пластами (по А. М. Бэтману):
а – образование руды только в пластах известняков; *б* – тавровое рудное тело; *в* – Г-образные и крестообразные рудные тела; *г* – многоэтажная рудная залежь; *д* и *е* – гребневидные залежи

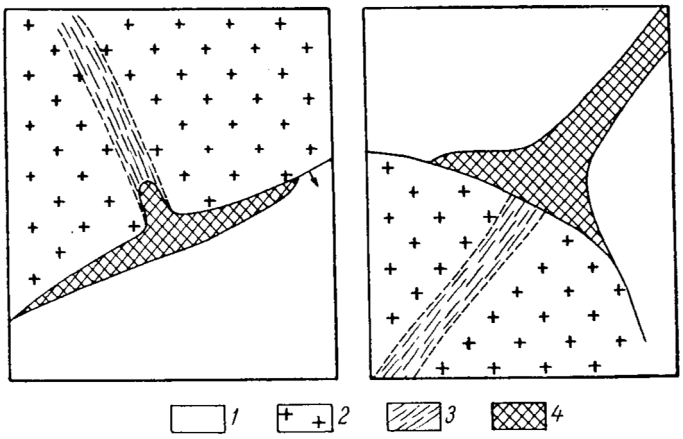


Рис. 50. Шеелитовое оруденение в пересечениях контакта гранитоидных массивов рудоносными разломами. Участок Угат (слева) и месторождение Кумбель (справа):
1 – песчаники и сланцы с прослоями известняков; 2 – граниты; 3 – рудоносные разломы; 4 – шеелитоносные скарны

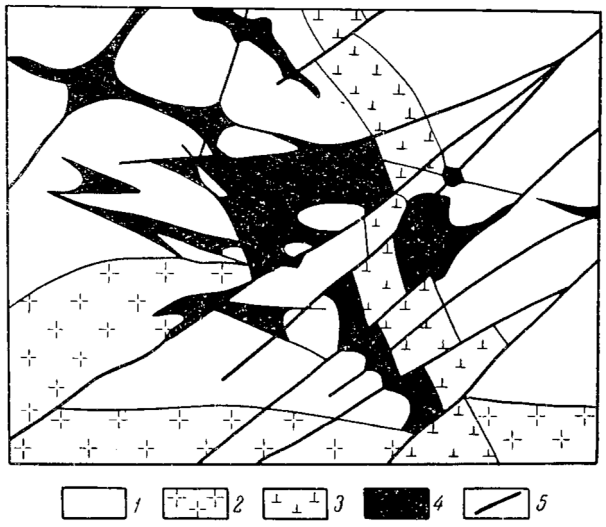


Рис. 51. Столбы полиметаллических руд (черное). Шевчуковское месторождение, Окуртау:
1 – известняки; 2 – гранодиорит-порфиры; 3 – кварцевые порфиры; 4 – руда; 5 – трещины

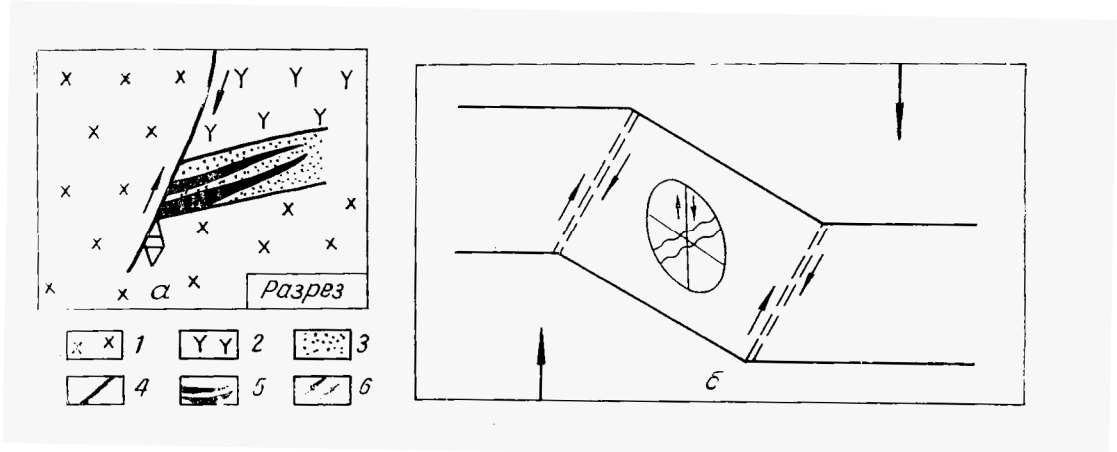


Рис. 52. Схема формирования рудных полей в моноклинальных структурах, в относительно хрупких (*а*) и относительно пластичных (*б*) толщах:
1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезиты; 3 – туфоконгломераты; 4 – разломы; 5 – рудные тела; 6 – направление относительных перемещений

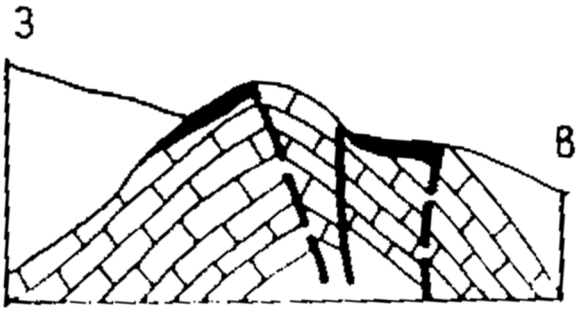


Рис. 53. Схематический геологический разрез сурьмяного месторождения Терексай:
рудные тела (черное) в своде антиклинали в известняках

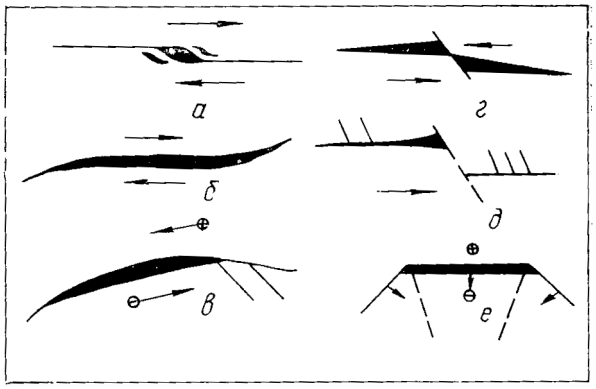


Рис. 54. Принципиальная схема приоткрывания искривленных участков разломов:

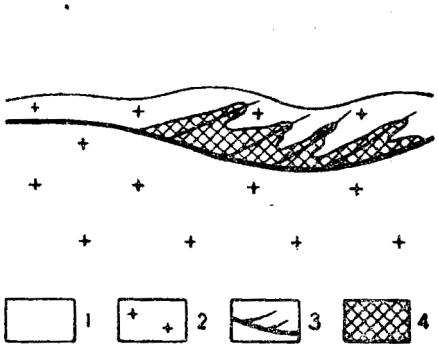


Рис. 55. Принципиальная схема геологического строения месторождения Сардоб (план):
1 – сланцы; 2 – гранитоиды; 3 – рудоконтролирующий разлом с трещинами оперения; 4 – оруденение

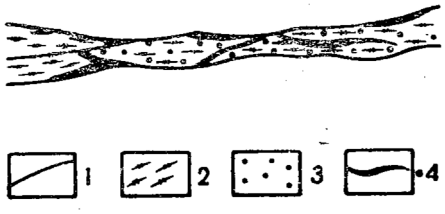


Рис. 56. Схема размещения оруденения в сложном разломе (план):
1 – линии разрывных нарушений; 2 – зона дробления пород; 3 – вкрапленное оруденение; 4 – рудные тела

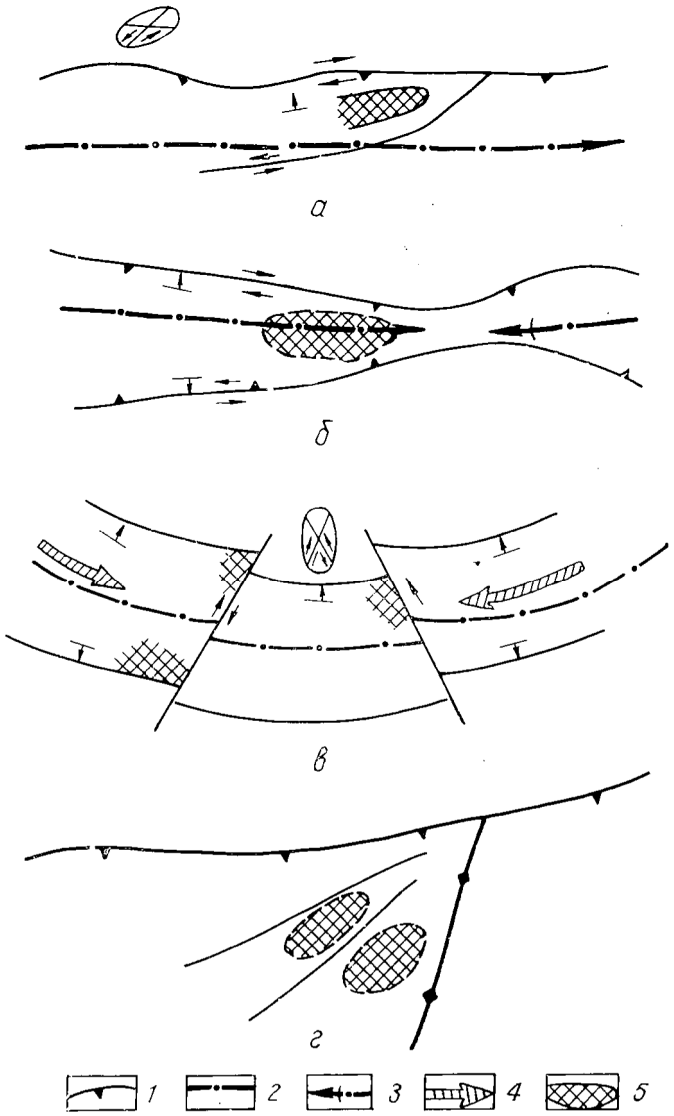


Рис. 57. Формирование рудных полей в клиновидных структурах:
1 – ограничивающие разломы; 2 – осевая линия структуры, испытывающей поперечный изгиб; 3 – оси антиклиналей; 4 – направление осевого сжатия; 5 – площади развития минерализации

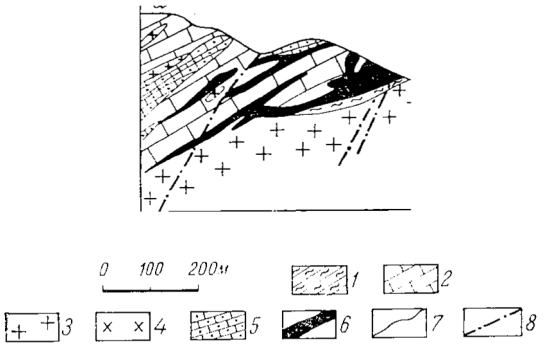


Рис. 58. Форма скарновых залежей Лянгарского месторождения:
1 – сланцы; 2 – мраморизованные известняки; 3 – адамеллиты; 4 – тоналиты; 5 – известково-силикатные роговики; 6 – скарны; 7 – кварцевые жилы; 8 – разрывные нарушения

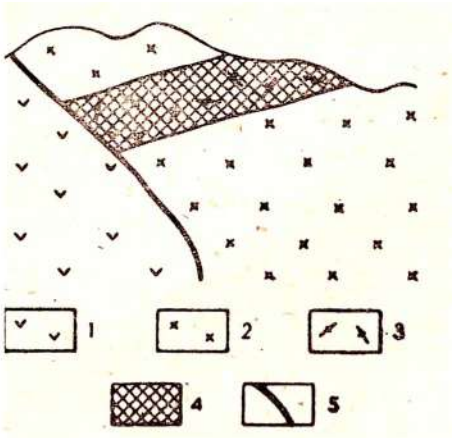


Рис. 59. Схематический разрез меднопорфирового месторождения в эффузивах покровного залегания: 1 – порфировые дациты; 2 – порфировые андезидациты; 3 – рудовмещающие порфировые кварцевые риолиты; 4 – рудные тела; 5 – разрывные нарушения

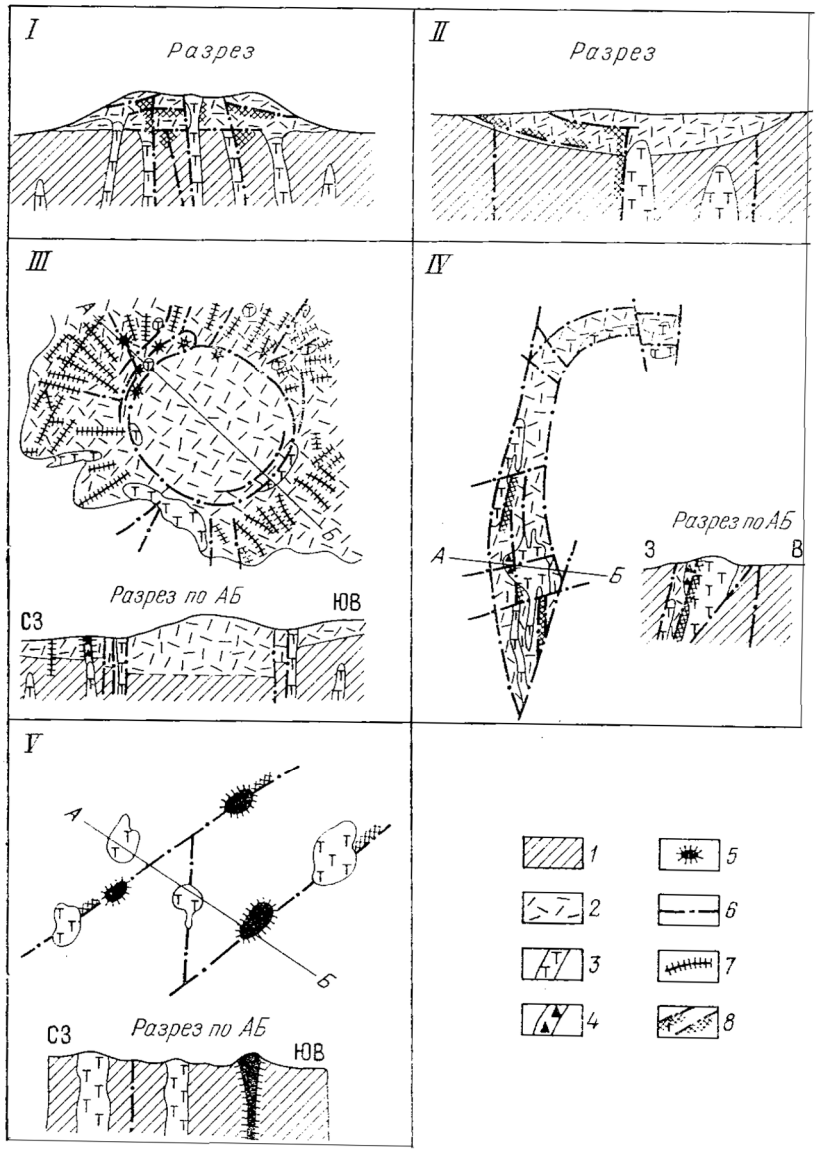


Рис. 60. Принципиальные геологические схемы (I-V) рудоносных палеовулканических сооружений (по П. Д. Яковлеву):
1 – складчатые основания нижних структурных ярусов или этажа (на планах не заштрихованы); 2 - покровы эффузивов с подчиненными горизонтами осадочных пород; 3 – экструзивные и субвулканические 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

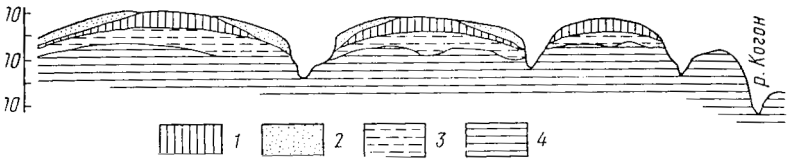


Рис. 61. Денудационная структура – поверхность выравнивания; схематический геологический разрез месторождения Боке в Гвинее (по М. В. Дубовской и Б. М. Одокия): 1-3 – образования коры выветривания: 1 – преимущественно структурные бокситы; 2 – обломочные бокситы; 3 – аллиты, каолиновые глины; 4 – сланцы ордовика

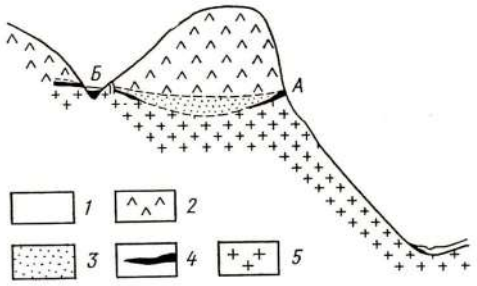


Рис. 62. Эрозионные структуры – долины; геологический разрез через погребенные неогеновые и современные золотые россыпи на Дальнем Востоке (по Н. С. Ильиной): 1 – современные аллювиальные отложения; 2 – неогеновые базальты; 3 – неогеновые осадочные отложения; 4 – россыпи; А – неогеновые, Б – современные; 5 – граниты и гранитогнейсы

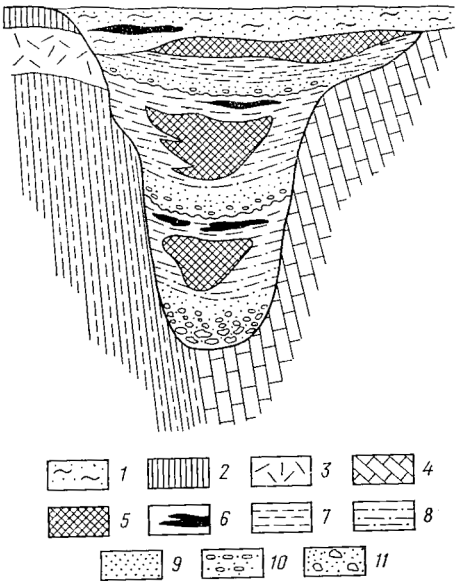


Рис. 63. Схема полициклического карстового бокситового месторождения (по Д. Г. Сапожникову): 1 – четвертичные и неогеновые песчано-глинистые отложения; 2 – каолинитовая зона коры выветривания; 3 – зона дезинтеграции коры выветривания; и4 – известняки; 5 – бокситы; 6 – лигниты; 7 - глина; 8 – алевриты; 9 – пески; 10 – гравийный материал; 11 – грубообломочный материал

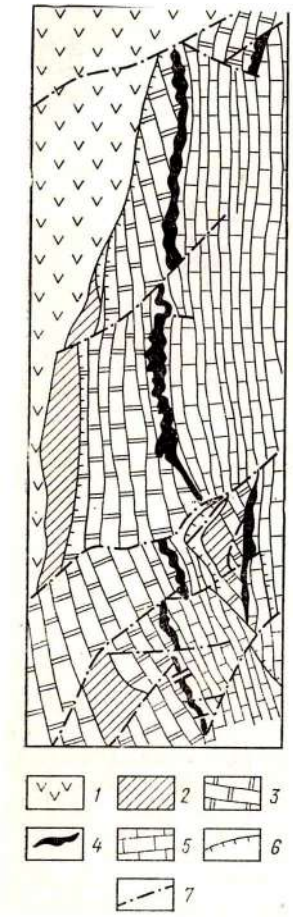


Рис. 64. Поверхности несогласий. Геологическая схема месторождения Красная Шапочка на Северном Урале (по А. В. Пейве):
1 – вулканические породы сосьвинской свиты; 2 – слоистые известняки сарайной свиты; 3 – массивные известняки петропавловской свиты; 4 - бокситы; 5 – известняки варганской свиты; 6 – надвиги; 7 - сбросы

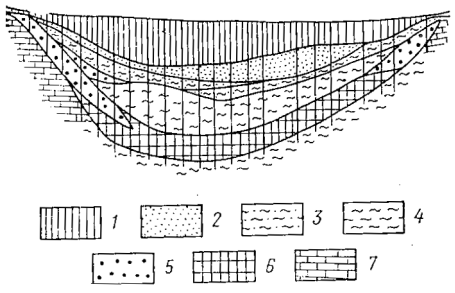


Рис. 65. Конседиментационная депрессия (мульда) на Керченском месторождении, геологический разрез (по Ю. Ю. Юрку и др.):
1 – лессовидные суглинки; 2 – пески и алевриты; 3 – глины песчаные; 4 – глины; 5 – икряные, обломочные и обломочно-оолитовые руды; 6 – табачные оолитовые руды; 7 – известняки

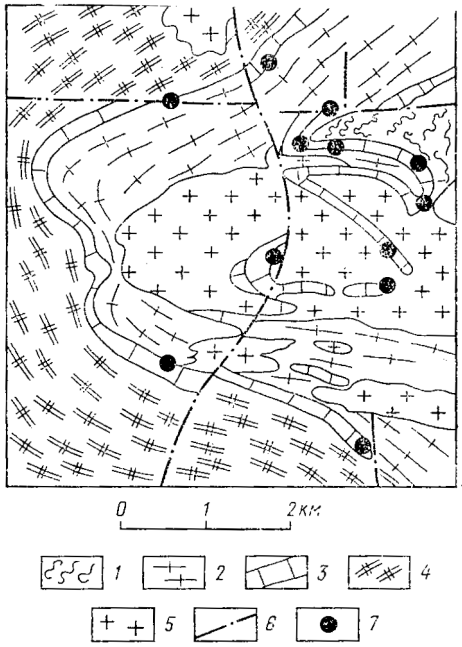


Рис. 66. Куранахское флогопитовое поле в Южной Якутии, приуроченное к гранитогнейсовому куполу (по Б. П. Фоменкову):
1 – верхний гнейсовый горизонт; 2 - продуктивные горизонты (мраморы, ткальцитифиры); 3 – средний гнейсовый горизонт; 4 – нижний гнейсовый горизонт; 5 - граниты; 6 – разрывные нарушения; 7 - флогопитовые месторождения

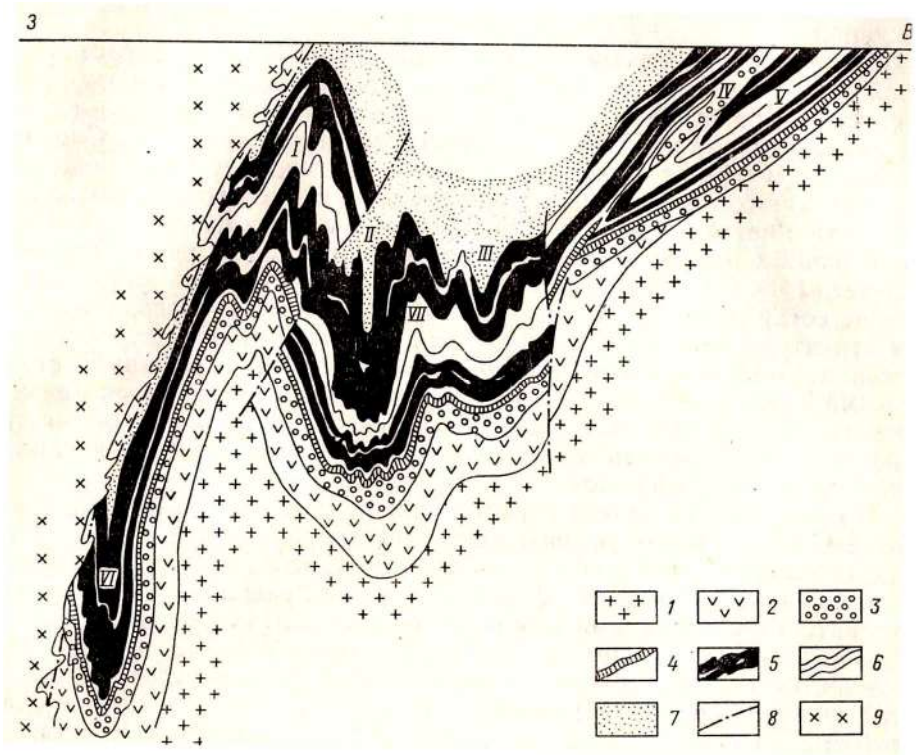


Рис. 67. Геологический разрез зеленосланцевой синклинальной зоны Криворожского железорудного бассейна (по Я. Н. Белевцеву):
1 – саксаганские плагиограниты; 2 – амфиболиты; 3 – нижняя свита криворожской серии; 4 – тальк-карбонатный горизонт; 5 – железорудные горизонты средней свиты; 6 – сланцевые горизонты 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

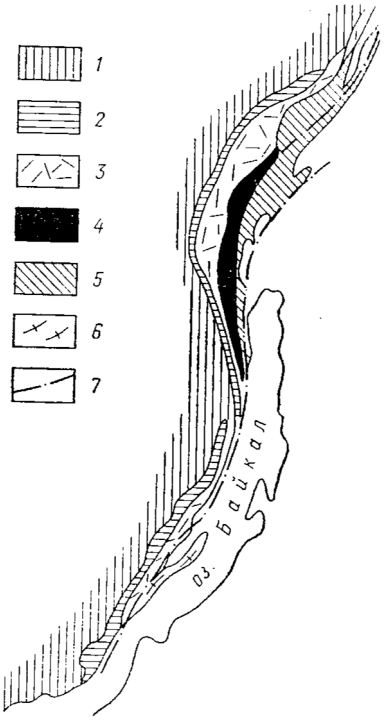


Рис. 68. Схема Даванской зоны смятия в Прибайкалье (по М. П. Лобанову):
1 – терригенные отложения нижнего палеозоя; 2 – терригенно-карбонатные отложения верхнего протерозоя; 3 – Прибайкальский вулкано-плутонический пояс среднего протерозоя; 4 – метаморфические (вплоть до палингенных гранитов) и метасоматические образования (в том числе редкометальные метасоматиты) Даванской зоны смятия; 5 – осадочно-метаморфические образования архея Байкальской глыбы; 7 – главнейшие разломы

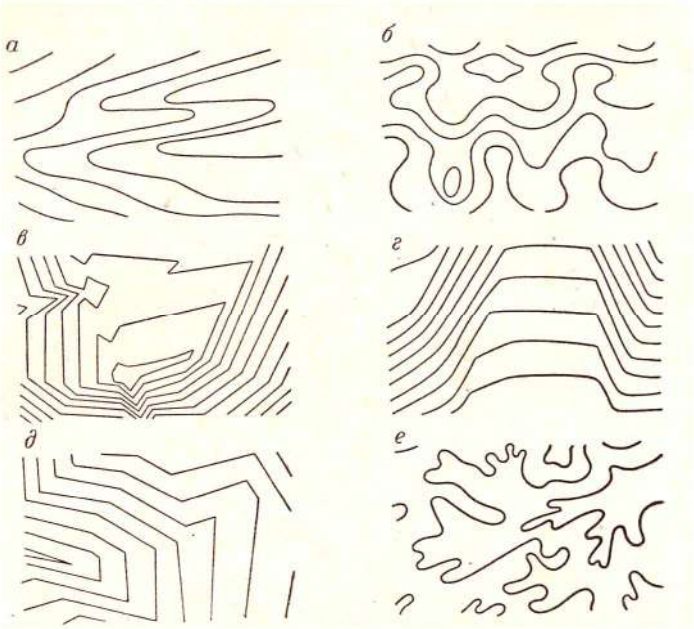


Рис. 69. Некоторые виды геологических поверхностей (по А. В. Королеву и П. А. Шехтману):
а – сложно гофрированная (изогипсы); *б* – куполообразно-волнистая (изогипсы); *в* – зазубренно-волнистая (изолонги); *г* – сундучо-волнистая (изогипсы); *д* – коробленая (изолонги); *е* – топографическая (горизонтали)

МИНОБРНАУКИ РФ
ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИКЕ ПРОВЕДЕНИЯ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ Б2.Б.01(У) ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ Ч. 1. 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 № 8 от 17.03.2020
(Дата)

Рассмотрен методической комиссией Факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

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.

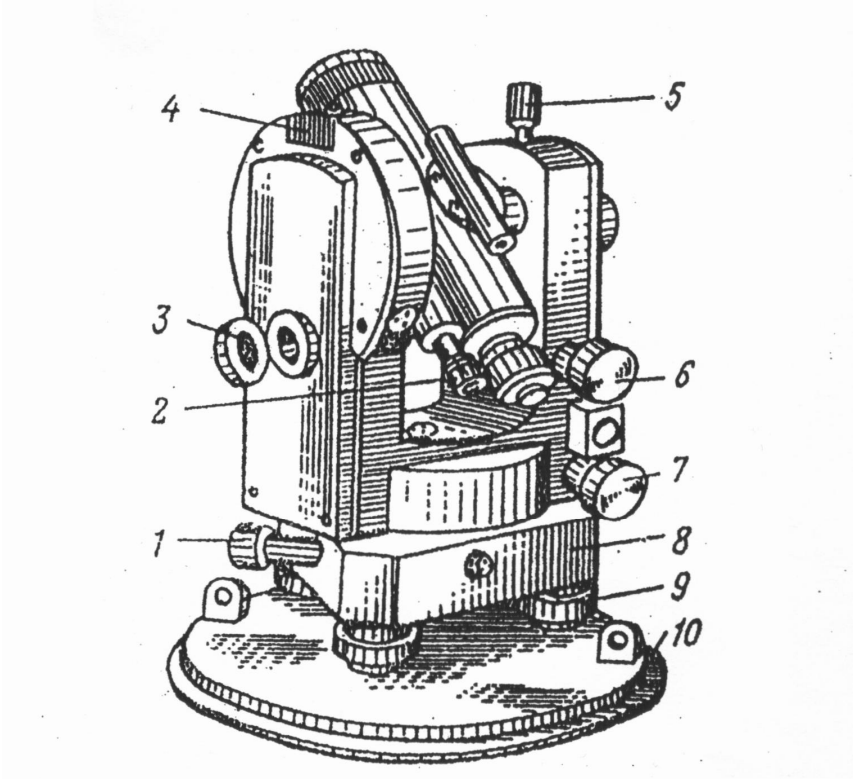


Рис. 1.1. Устройство теодолита 2Т30:
1 – наводящий винт лимба; 2 – микроскоп; 3 – зеркало для освещения шкал микроскопа; 4 – гнездо для крепления буссоли; 5 – закрепительный винт трубы; 6 – наводящий винт трубы; 7 – наводящий винт алидады; 8 – подставка; 9 – подъемные винты; 10 – основание.

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′.

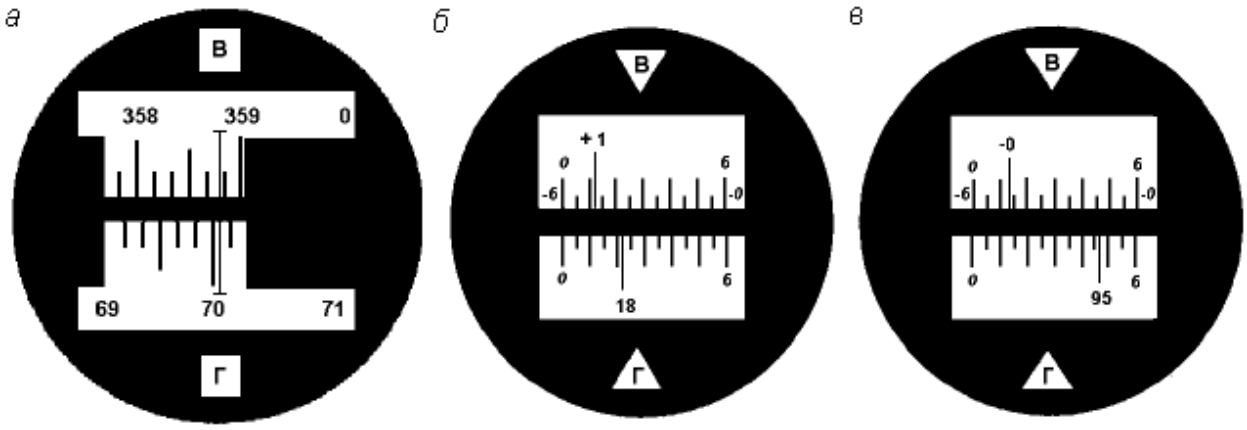


Рис. 1.2. Поле зрения отсчетных устройств: штрихового микроскопа с отсчетами по вертикальному кругу – 358° 48′ , по горизонтальному – 70° 03′ (*а*); шкалового микроскопа с отсчетами: по вертикальному кругу – 1° 11′, по горизонтальному – 18°22′ (*б*); по вертикальному кругу – -0°47′ по горизонтальному – 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)

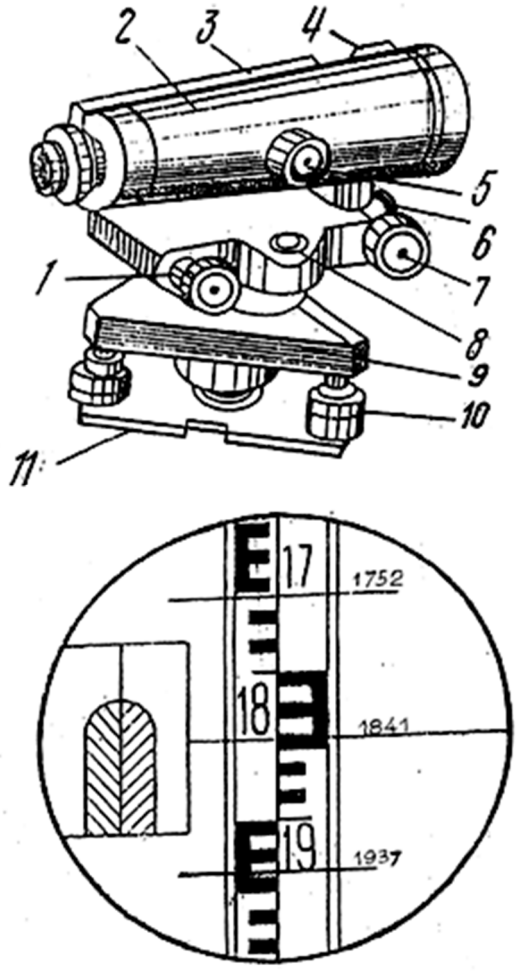


Рис. 1.4. Устройство нивелира:

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

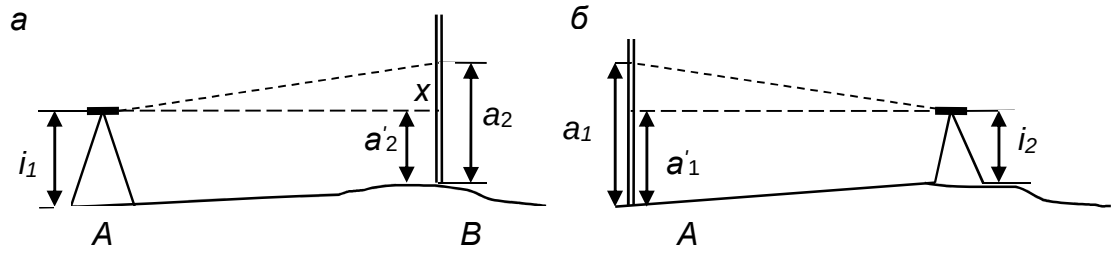


Рис. 1.5. Схема поверки главного геометрического условия

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.

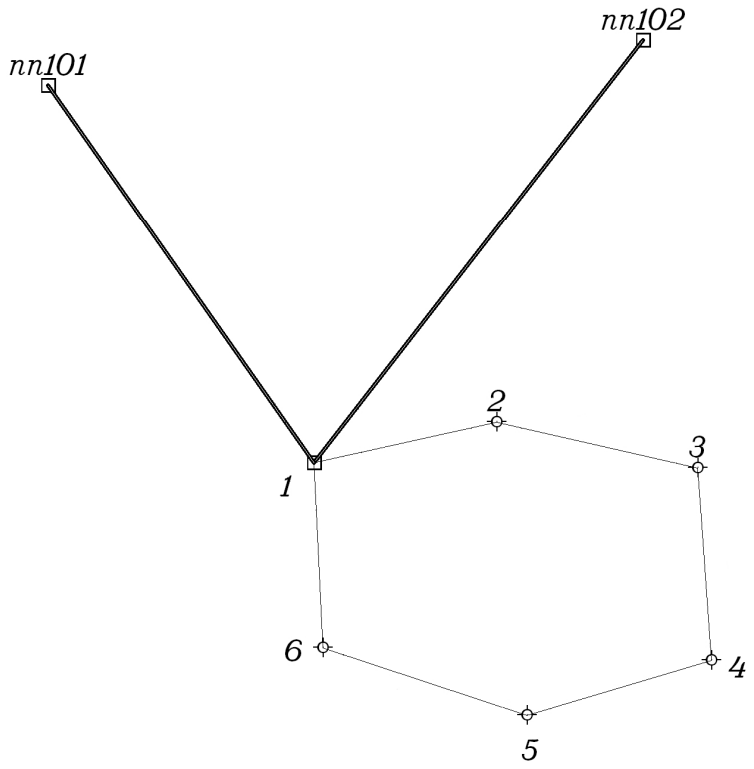


Рис 2.1 Схема расположения пунктов съемочного обоснования.

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.

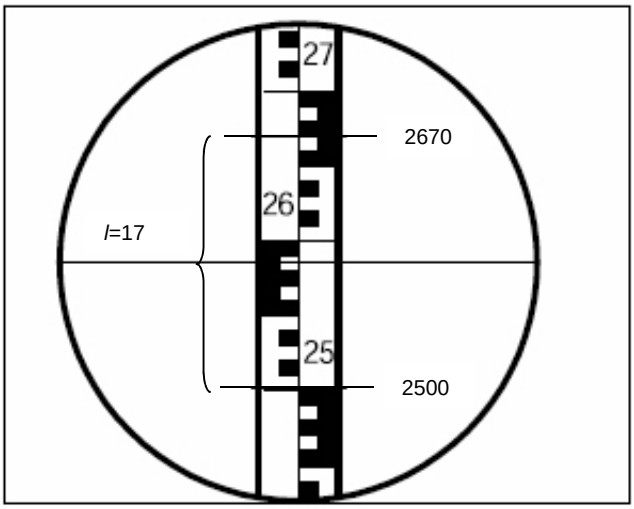


Рис. 2.2 Определение расстояний нитяным дальномером

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).

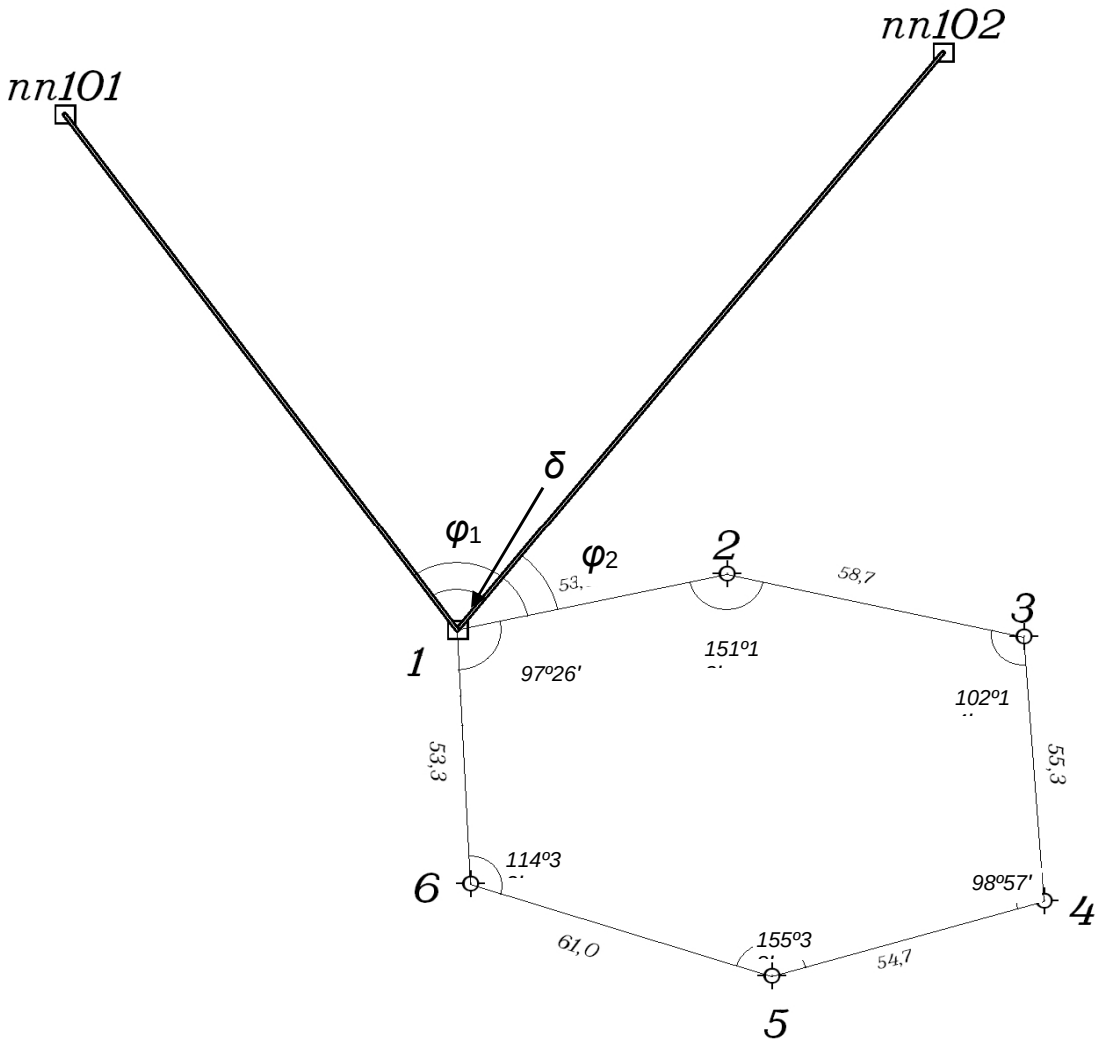


Рис. 3.1. Схема тахеометрического хода и геодезической привязки

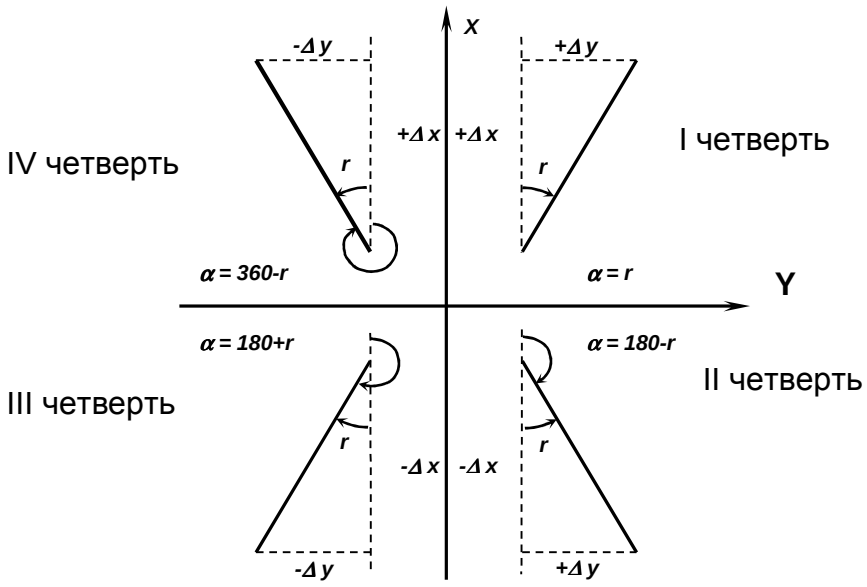


Рис 3.2 Зависимости между дирекционными углами и румбами

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:

$$f_h = \Sigma h_{ср}$$

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 ° '			**Δ**X	**Δ**Y	**Δ**X	**Δ**Y	X	Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1						+0.05	+0,08			**3348.05**	**2238.25**
	3			**294°46'**	82.90	+34.73	-75.27	+34.78	-75.19		
2	1	110°59'00"	110°59'			+0.07	+0.12			3382.83	2162.06
	4			3°47'	120.92	+120.64	+7.98	+120.71	+8.10		
3	2	123°09'00"	123°09'			+0.06	+0.10			3503.54	2171.16
	5			60°38'	97.85	+48.01	+85.32	+48.07	+85.42		
4	3	105°15'00"	105°15'			+0.07	+0.12			3551.61	2256.58
	6			135°23'	119.86	-85.35	+84.21	-85.28	+84.33		
5	4	117°58'00"	117°58'			+0.06	+0.10			3466.33	2340.91
	1	-0°0'30"		197°25'	99.88	-95.32	-29.90	-95.26	-29.8		
6	5	124°58'30"	124°58'			+0.05	+0.08			3371.07	2311.11
	2	-0°0'30"		252°27'	76.48	-23.07	-72.94	-23.02	-72.86		
1	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 α_{1-2} =294°46'. Его записывают в графу 5 между точками 1 и 2. Дирекционные углы остальных сторон хода вычисляют по формулам:

$$\alpha_{n+1} = \alpha_n + \beta_{лев} - 180° \text{ - для левых углов,}$$

$$\alpha_{n-1} = \alpha_n - \beta_{прав} + 180° \text{ - для правых углов,}$$

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 (α_{1-2} = 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:

$$\frac{1}{\sum D \div f_s} \leq \frac{1}{500},$$

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:

$$\Delta X_{ИСПР} = \Delta X_i + \delta X_i,\ \Delta Y_{ИСПР} = \Delta Y_i + \delta Y_i.$$

Контроль: $\sum \Delta X_{ИСПР} = 0, \sum \Delta Y_{ИСПР} = 0.$

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

Начальное направление *2*

Дата 13.07.17.

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.

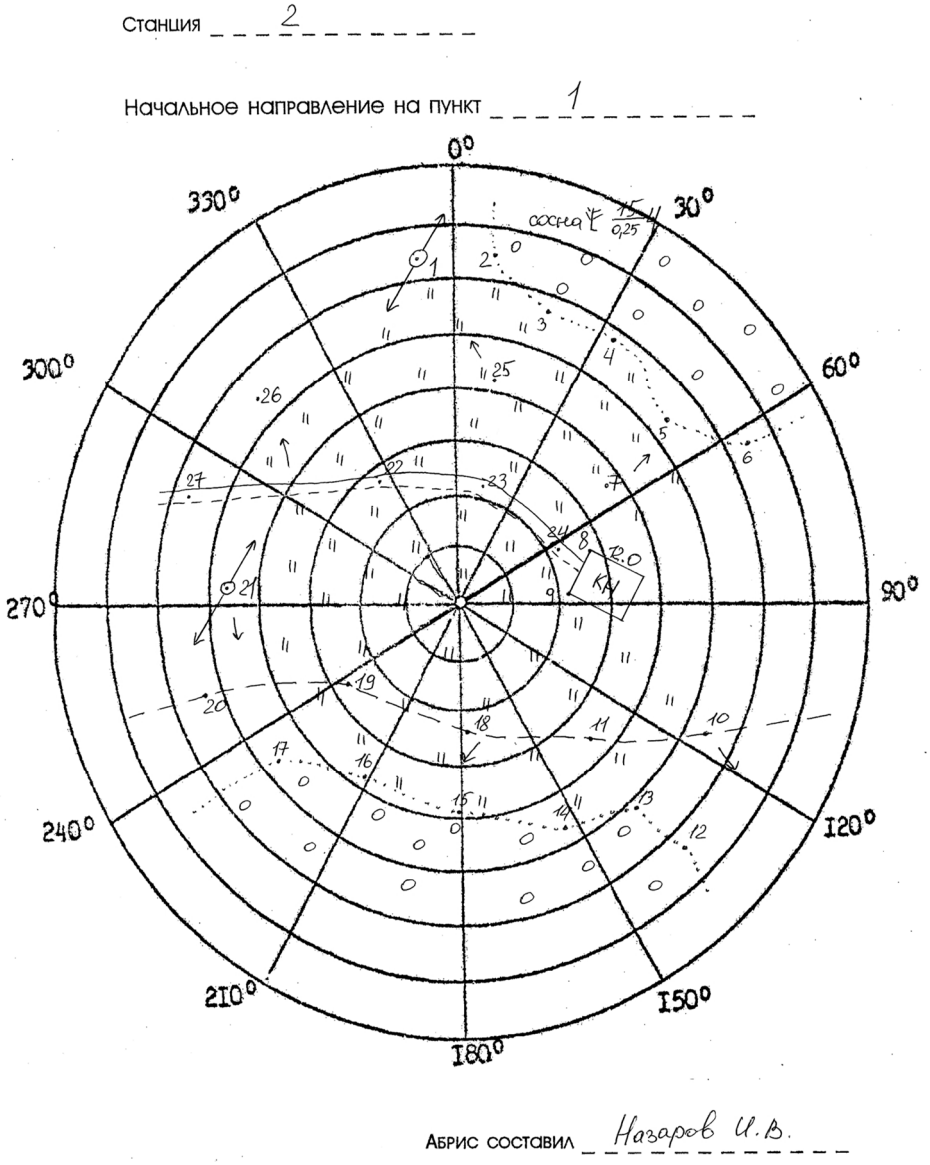


Рис. 4.1 Абрис тахеометрической съемки на п.1

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).

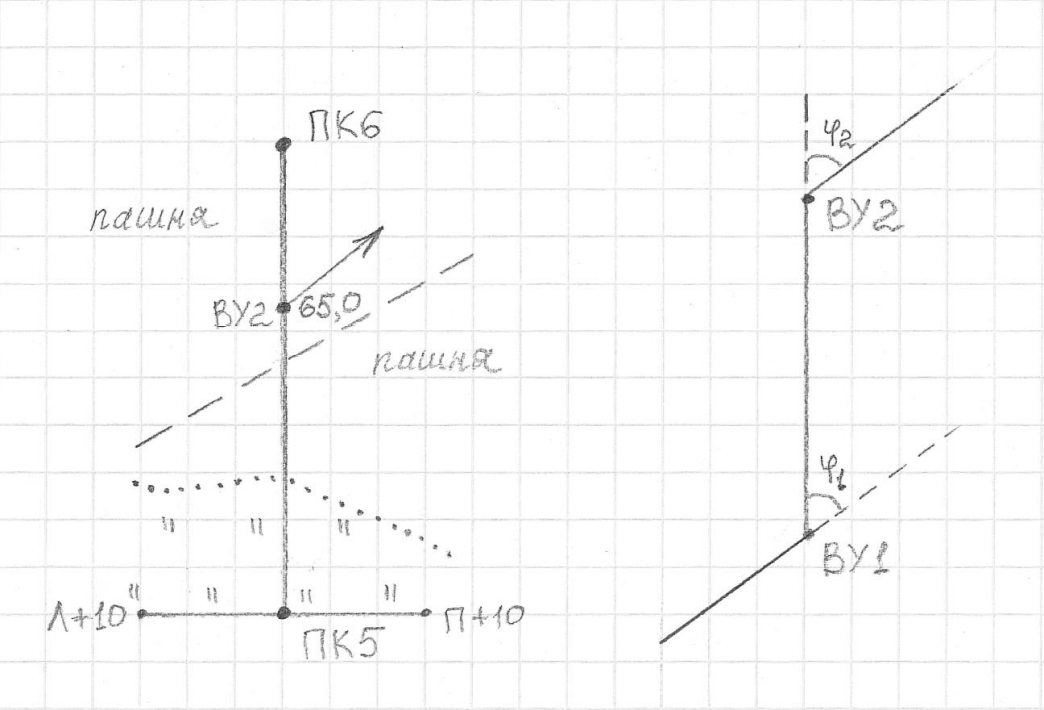


Рис. 6.1 Пикетажный журнал

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.

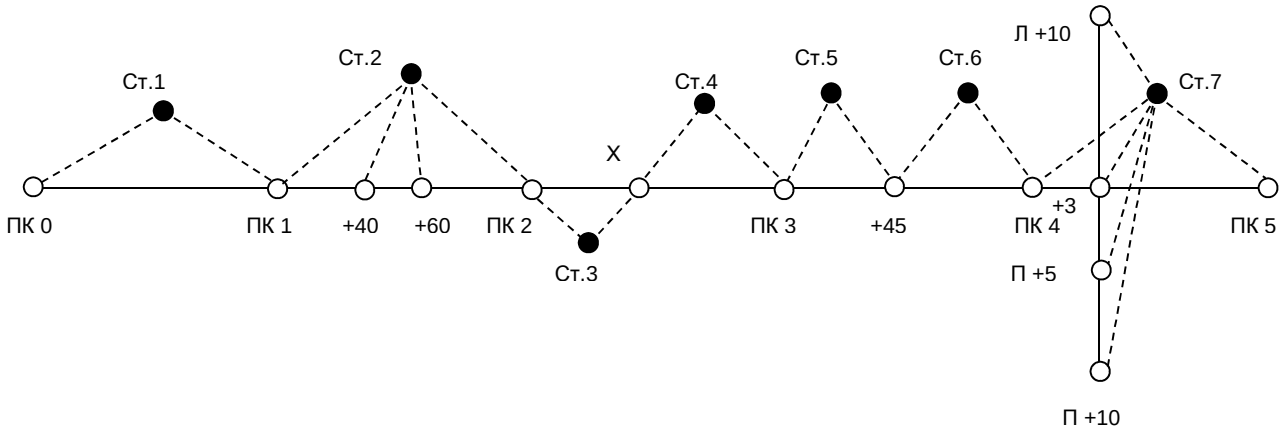


Рис. 1.12 Выбор станций при нивелировании трассы

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:

$$H_{ПКО} = H_{Rp} + h_{ср}$$

$$h_{ср} = \frac{h_{пр} + h_{обр}}{2}$$

если привязка сделана по схеме (а).

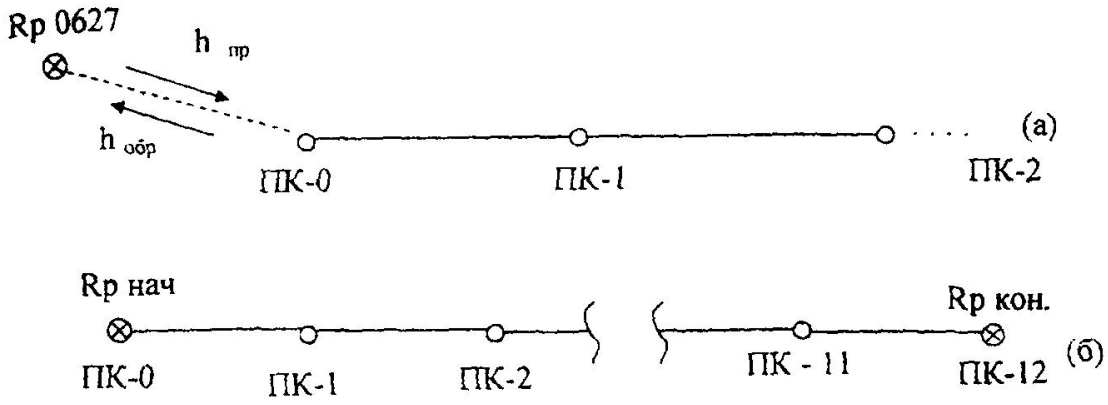


Рис. 6.3 Схемы привязки нивелирного хода: (*а*) – висячий ход, (*б*) – разомкнутый ход

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.

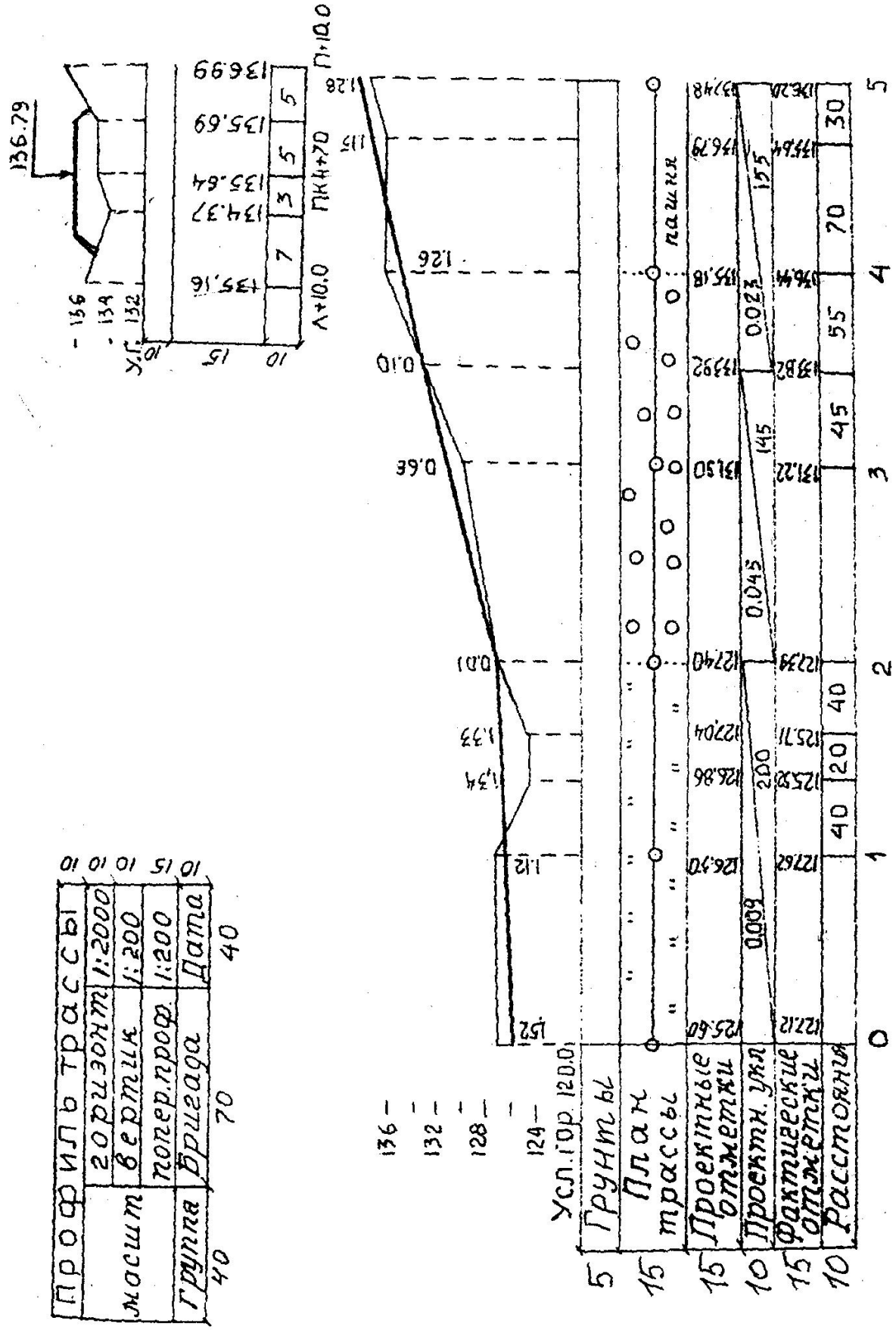


Рис. 6.4 Профиль трассы

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:

$$i = \frac{h}{d}.$$

$$i_1 = \frac{1{,}8}{200} = +0.009;$$

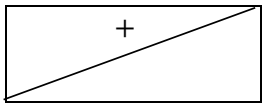
$$i_2 = \frac{6{,}4}{145} = +0.045;$$

$$i_3 = \frac{3{,}6}{155} = +0.023.$$

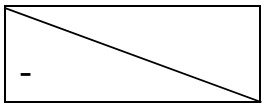
Полученные уклоны округляют до 0.001 и выписывают в графу «Проектные уклоны» продольного профиля.

Все данные проектирования наносят на профиль красным цветом.

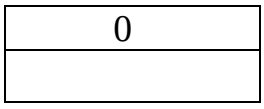
Под выписанными уклонами проводят линии (с подъемом (а), спуском (б) или горизонтальные (с) – в зависимости от знака уклона). Под линиями выписывают длины участков проектной линии.



(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.

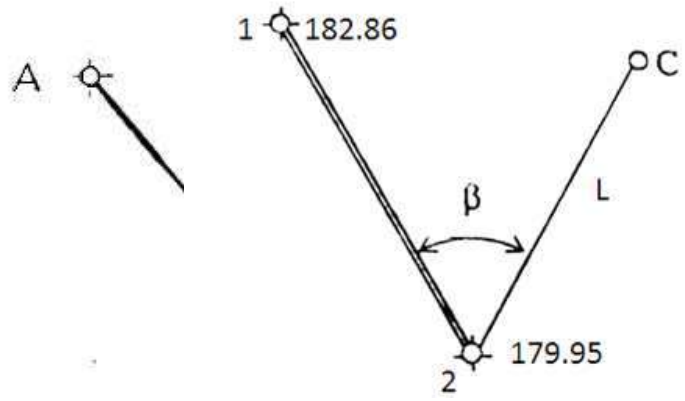


Рис 7.1 Построение на местности проектного горизонтального угла

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.

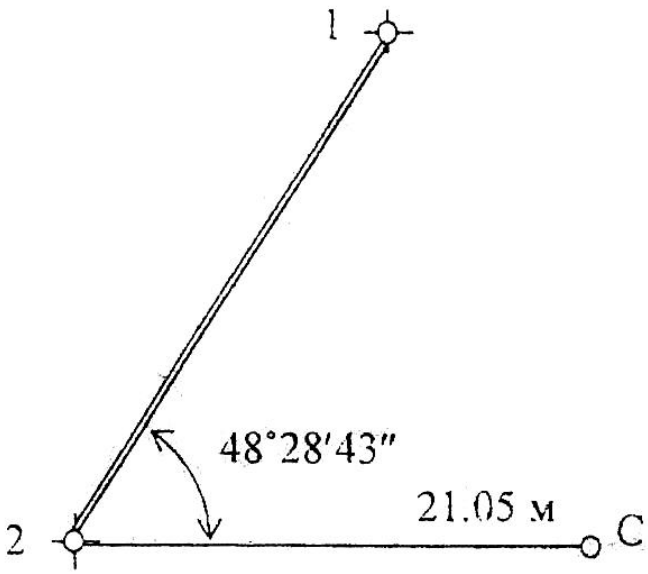


Рис. 7.3 Разбивочный чертеж

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).

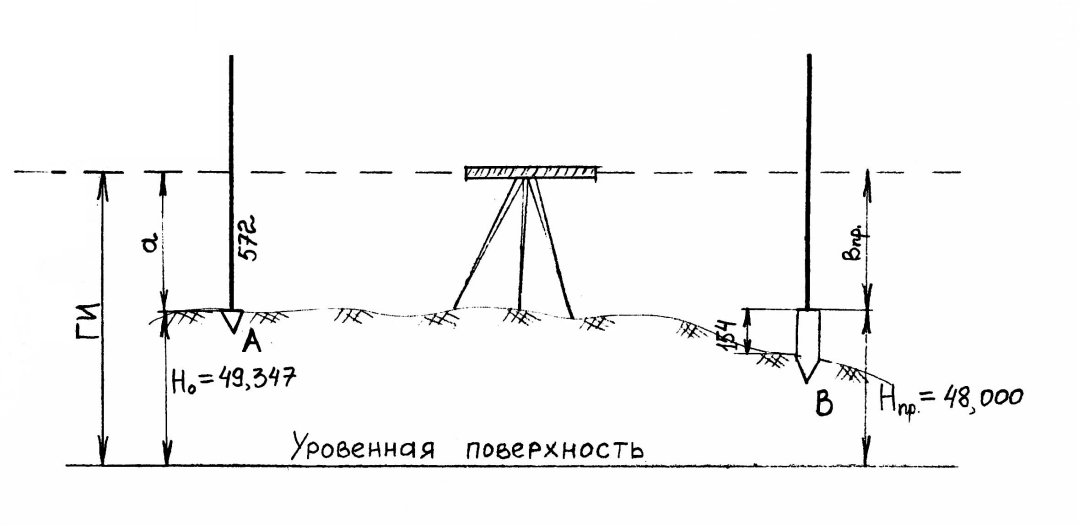


Рис. 7.4 Вынос в натуру точки с проектной отметкой

Определяют горизонт инструмента (ГИ) по формуле:

$$ГИ = H_0 + а = 49.347 + 0.572 = 49.946м.$$

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 длинной D= 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.

$$H_{пр1} = 50.20+0.040*10= 50.20 + 0.04= 50.24м.$$

$$H_{пр2} = 50.20 + 0.040*20 = 50.20+0.08= 50.28м.$$

$$H_{прВ} = 50.20 + 0.040*30= 50.20+0.12= 50.32м.$$

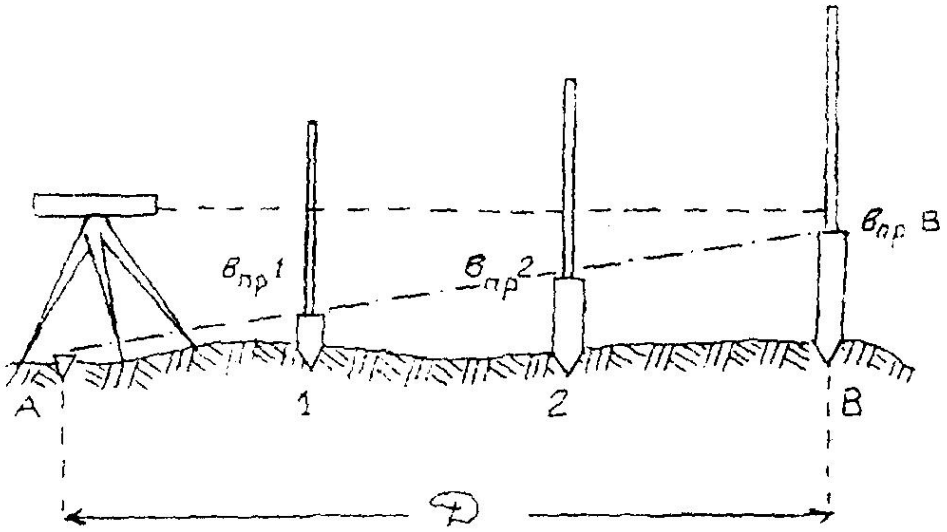


Рис. 7.5 *(а)*. Построение заданного уклона

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.

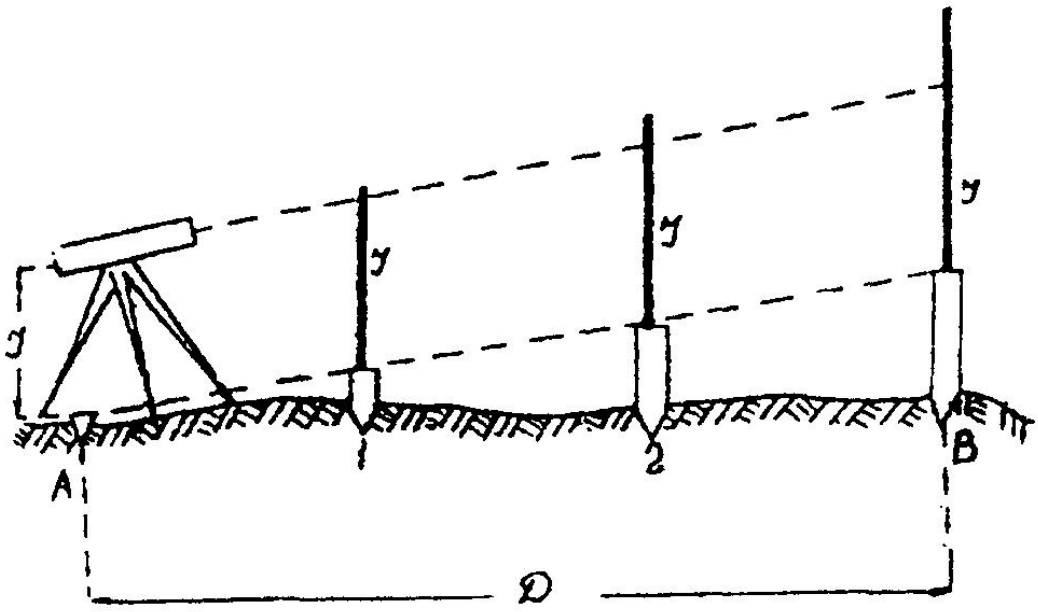


Рис. 7.5(*б*) Построение заданного уклона

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.



СХЕМА Профиль 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 ПРАКТИКЕ ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ, ч. 3

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация
Геологическая съемка, поиски и разведка 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 № 190 от 17.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

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

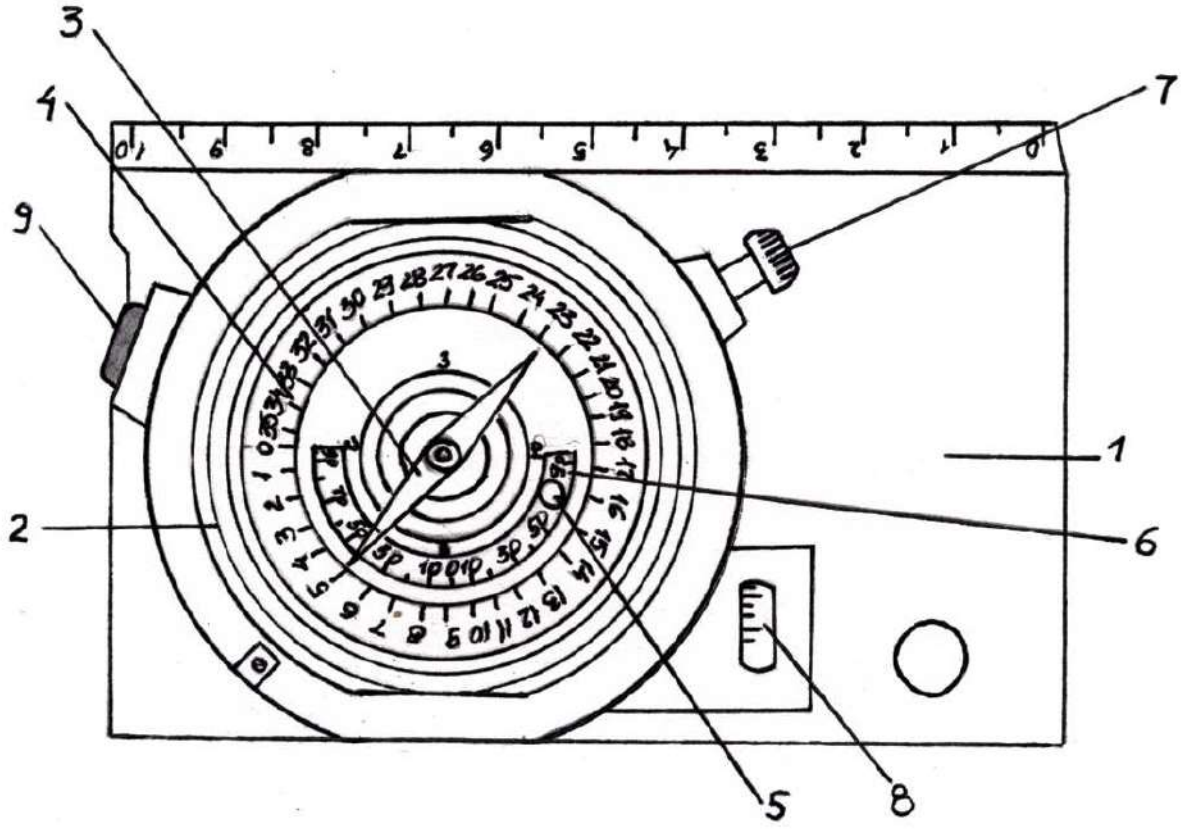


Рис. I. Устройство горного компаса.
1 - основание компаса; 2 - коробка компаса; 3 - магнитная стрелка; 4 - лимб, с помощью которого измеряются горизонтальные углы; 5 - клинометр (отвес); 6 - шкала клинометра; 7 - винт; 8 - уровень; 9 - кнопка

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).

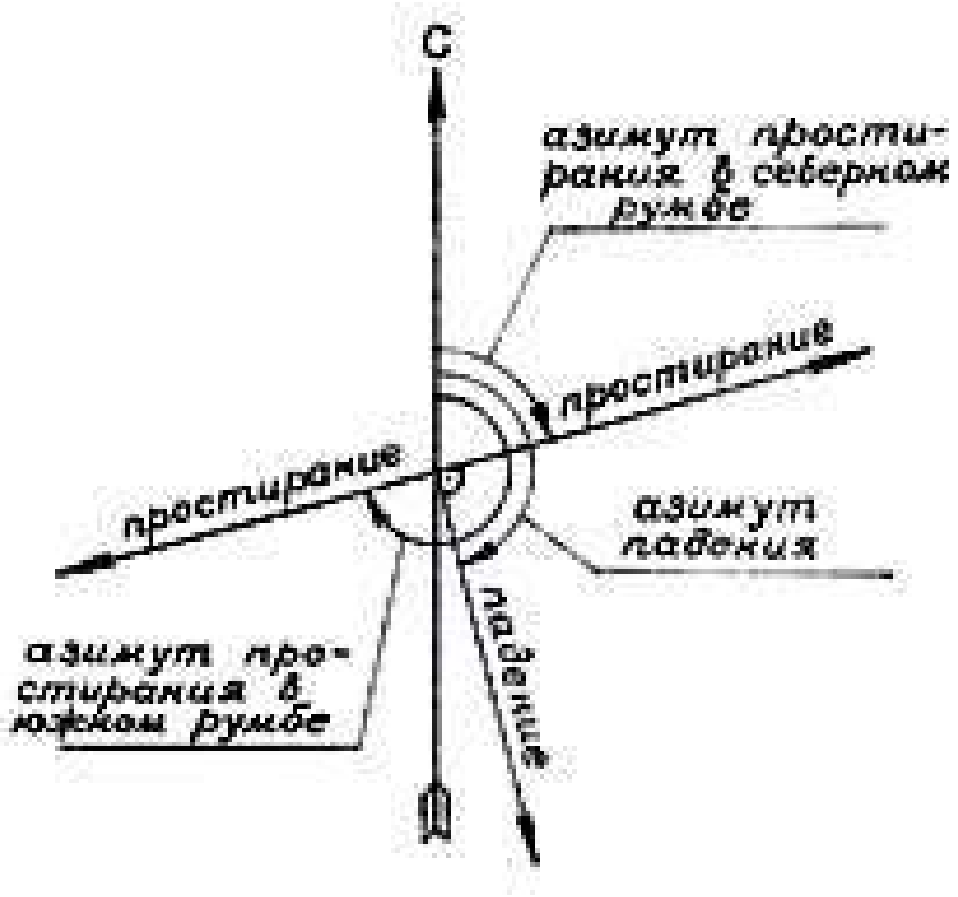


Рис. 2. Схема, поясняющая понятия азимута простирания, азимута падения и соотношения между ними.

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.

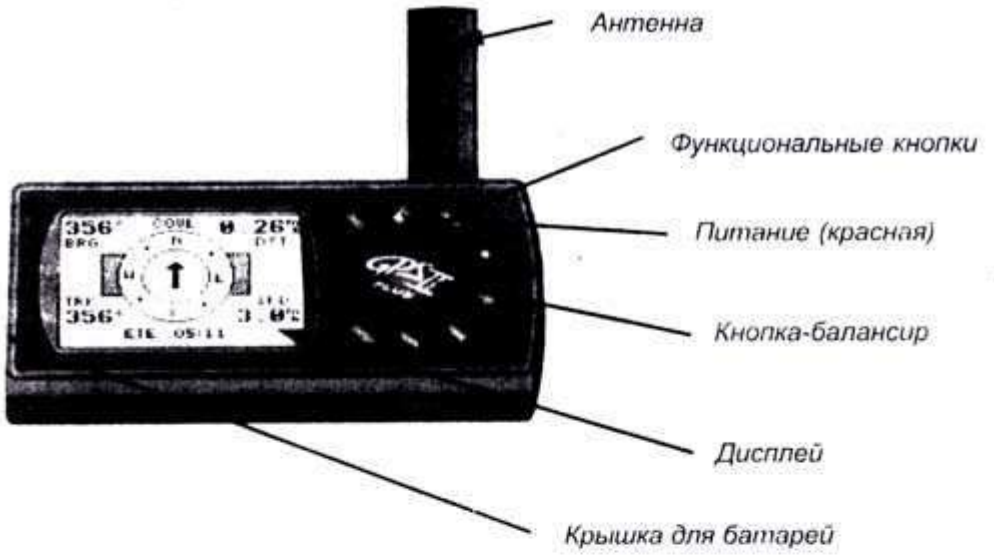
Как было сказано выше, при глазомерной привязке, расстояния между пикетами (или точкой наблюдений и репером) измеряются шагами. С этой целью определяется масштаб шагов, для чего на местности рулеткой или мерной лентой измеряется расстояние, равное 100 м., а затем определяется количество пар шагов, уложившихся 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
Дисплой
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.

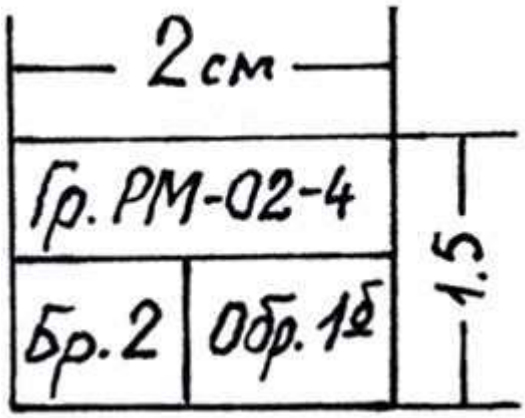


Рис. 4. Форма и содержание этикетки, наклеиваемой на образец.

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).

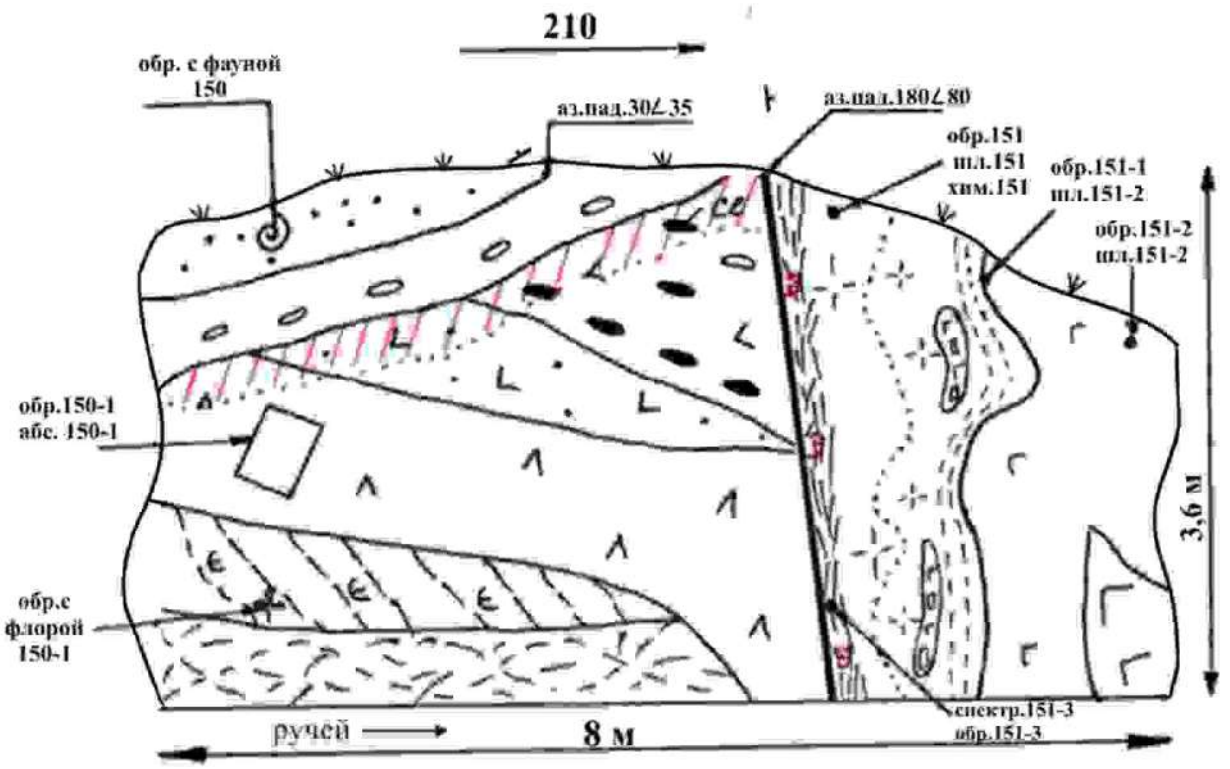


Рис. 5. Пример зарисовки обнажения

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.Дианової, 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 K_1

Нижний отдел меловой системы представлен **аптским и альбским ярусами K_1 а**, 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 K_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 P

Палеогеновая система в Сухоложском районе представлена верхним палеоценом-нижним эоценом. На восточном склоне Урала эти отложения известны под названием **серовской свиты**.

Серовская свита P_{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^{k}III) 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

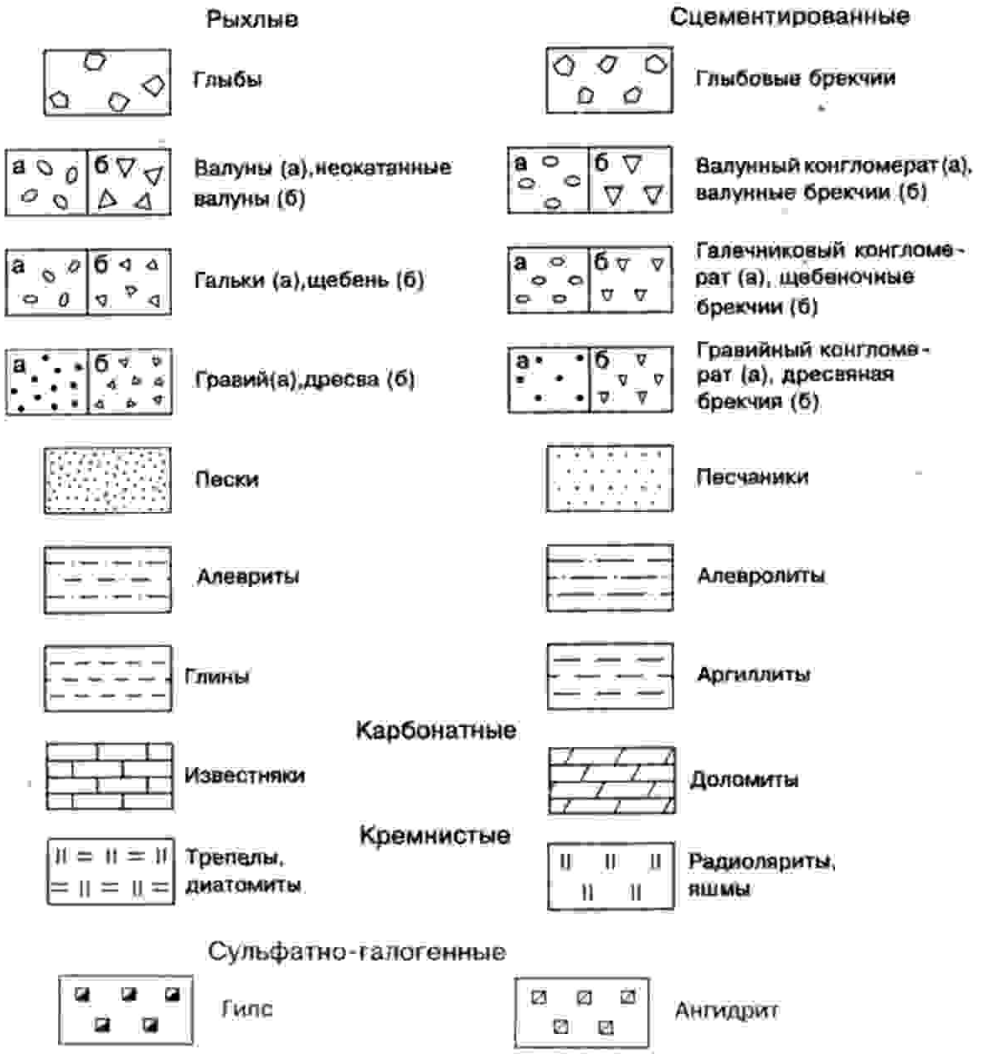
План описания пород различных типов

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	

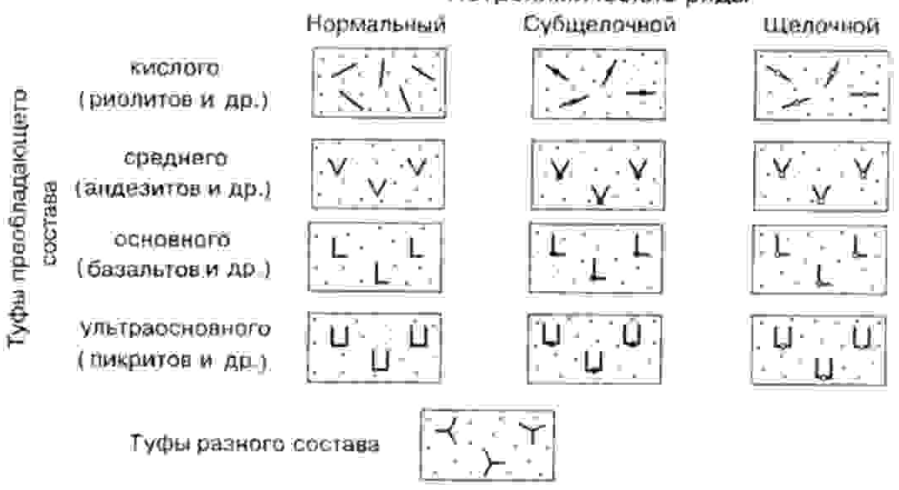
Условные обозначения:

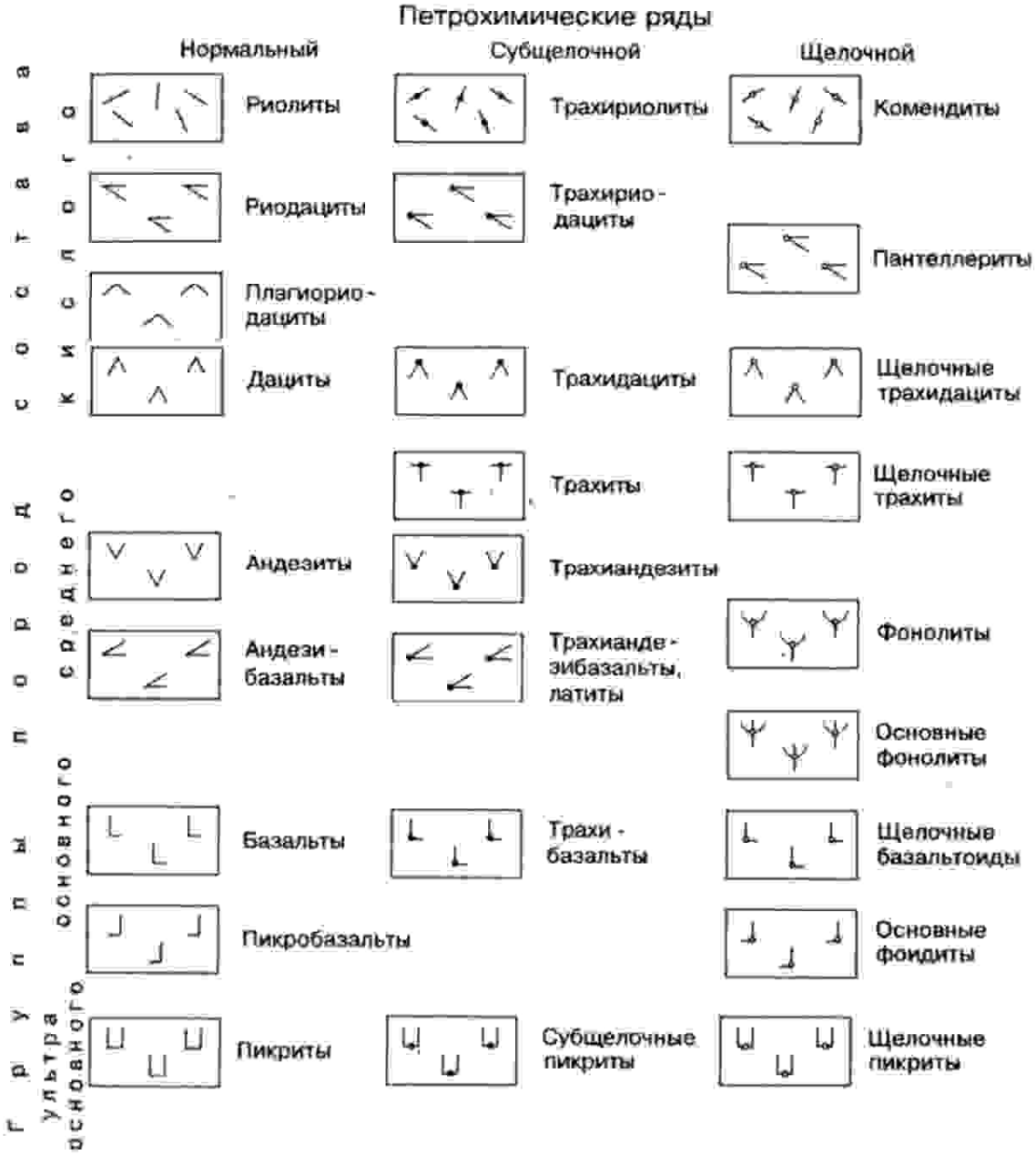
Обломочные и глинистые породы разного состава



ВУЛКАНОКЛАСТИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

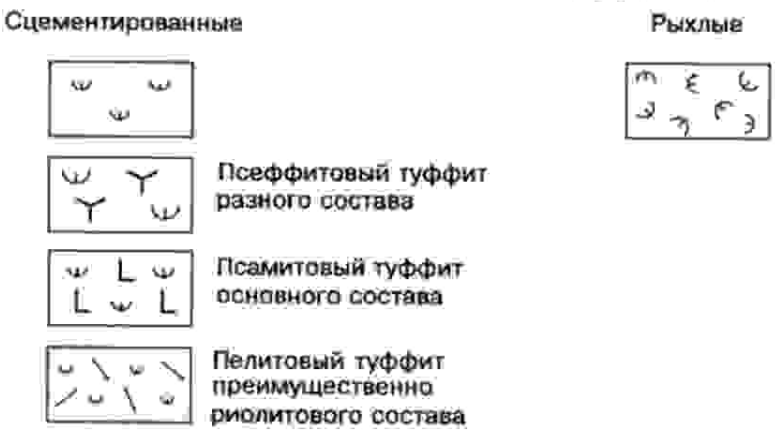
Эксплозивно-обломочные породы сцементированные (туфы)





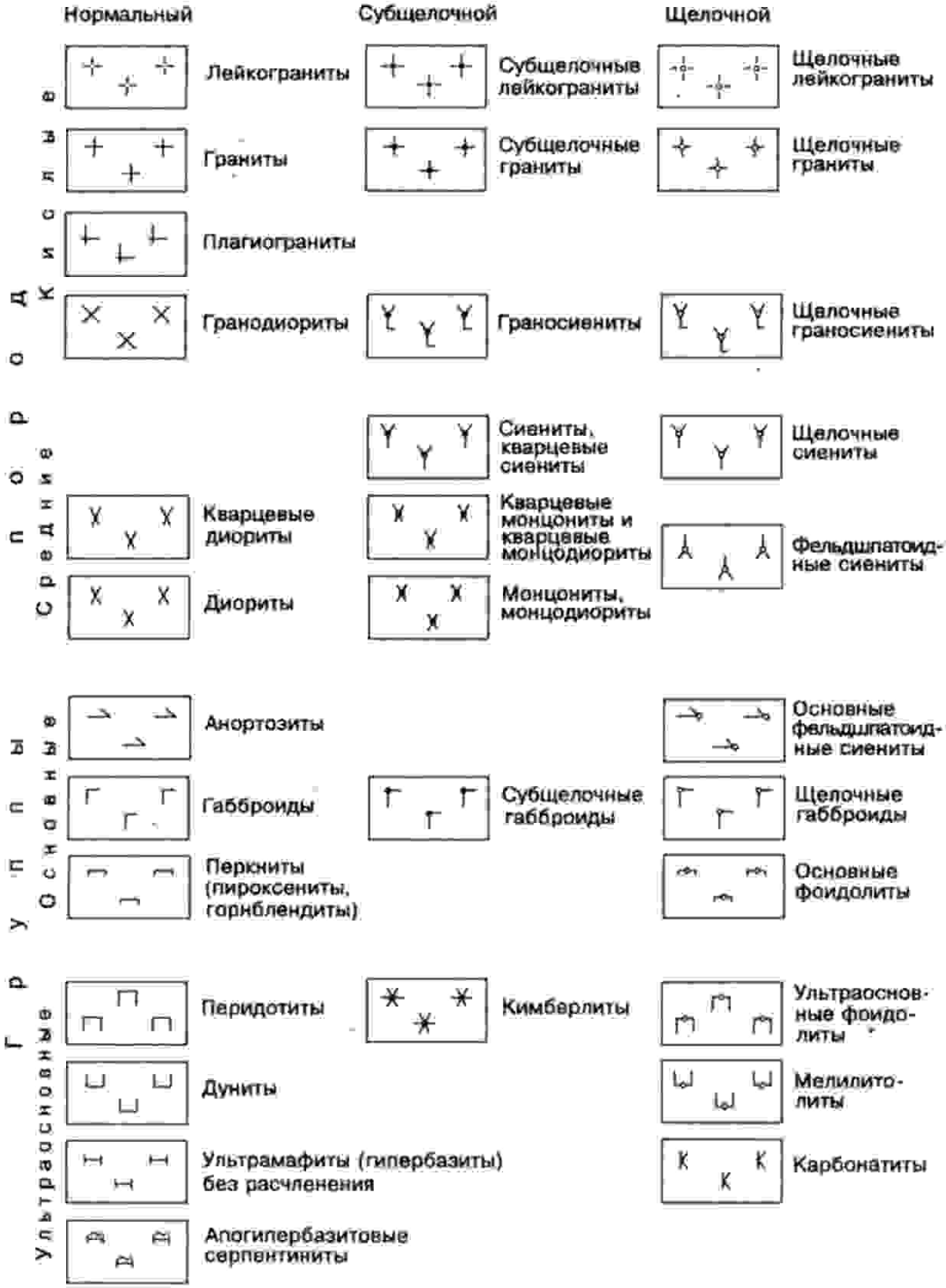
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Осадочно-пирокластические породы (туффиты)



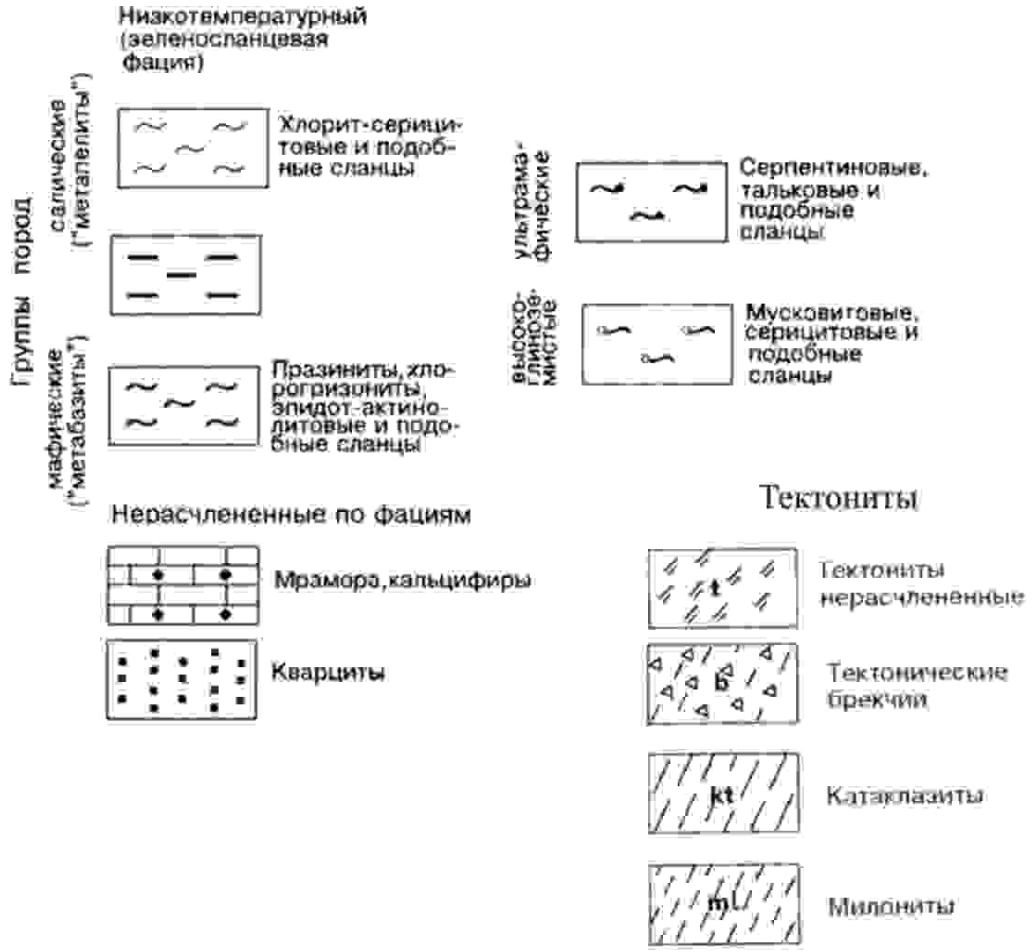
СЕМЕЙСТВА ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОДГ

Петрохимические ряды



Порфировые породы обозначаются комбинацией знаков видов или разновидностей пород с точками

Метаморфические породы



СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ



Министерство образования и науки 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 твердых полезных ископаемых»

Автор: Баранников А.Г., профессор, д.г.-м.н

Екатеринбург
2018

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.

МИНОБРНАУКИ РФ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.В.01ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация № 3:
Геология нефти и газа

форма обучения: очная

Автор: Полянок О.В., к.психол.н.

Одобрены на заседании кафедры
Управления персоналом
(название кафедры)

Зав. кафедрой _____
(подпись)

к.ф.н., доц. Ветошкина Т.А.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 06.03.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)

Председатель _____
(подпись)

д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)

Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Методические указания по дисциплине «ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТРУДА» согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Заведующий кафедрой ___  ____ Душин В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	10
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	11
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	12
	Заключение	15
	Список использованных источников	16

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;
- развитияисследовательскихумений;
- 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]. Формальноможновыделитьследующиеэтапы:

- ознакомлениестудентовстекстом;
- анализпрактико-ориентированного задания;
- организация обсуждения практико-ориентированного задания, дискуссии, презентации;
- оцениваниеучастниковдискуссии;
- подведениеитоговдискуссии.

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 кпрактико-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. «Мозговаяатака» в этойфазеосуществляетсяпоследующимпринципам:

- 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;
- обоснованностьоценок - ихаргументация;
- 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;
- подведениеитоговобсуждения.

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. Методическиеуказанияпо 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. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).

7. Использованиедополнительного 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. Правильнаяорганизация 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 указанияможет в достаточном объеме усвоить и успешно реализовать конкретные знания, умения, навыки и получить опыт при выполнении следующих условий:

1) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи 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 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

ФТД.В.03 ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ

Специальность:
21.05.02 Прикладная геология

Специализация №1

Геологическая съемка, поиски и разведка твердых полезных ископаемых

форма обучения: очная, заочная

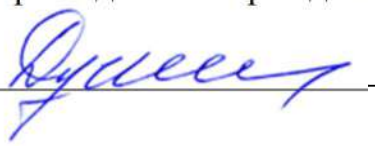
Автор: Полянок О.В., к.психол.н.

Одобрены на заседании кафедры
Управления персоналом
(название кафедры)
Зав. кафедрой _____
(подпись)
к.ф.н., доц. Ветошкина Т.А.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 06.03.2020
(Дата)

Рассмотрены методической комиссией
факультета геологии и геофизики
(название факультета)
Председатель _____
(подпись)
д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И.
(Фамилия И.О.)
Протокол № 7 от 20.03.2020
(Дата)

Екатеринбург
2020

Методические указания по дисциплине «ОСНОВЫ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ И ПРАВОВЫХ ЗНАНИЙ» согласованы с выпускающей кафедрой геологии, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Заведующий кафедрой _____  Душин В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	3
1	Методические рекомендации по решению практико-ориентированных заданий	5
2	Методические указания по подготовке к опросу	9
3	Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям	11
4	Методические рекомендации по подготовке семинарским занятиям	13
5	Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзаменов и зачетов	14
	Заключение	17
	Список использованных источников	18

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;
- развитияисследовательских 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 можновыделить следующиеэтапы:

- 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 методам

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).
5. Рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели).
6. Своевременностьи эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе).
7. Использованиедополнительного материала (приветствуется, но не обязательно для всех студентов).

[2]Методические рекомендации для студентов [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://lesgaft.spb.ru/sites/default/files/u57/metod.rekomendacii_dlya_studentov_21.pdf

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 для студентов [Электронный ресурс]: http://priab.ru/images/metod_agro/Metod_Inostran_yazyk_35.03.04_Agro_15.01.2016.pdf

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 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. Правильнаяорганизация 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) систематическаясамостоятельная работа по закреплению полученных знаний и навыков;

2) добросовестноевыполнение заданий;

3) выяснениеи 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