

ТОВАРНАЯ СТОИМОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В НЕДРАХ – ПОКАЗАТЕЛЬ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

БИРЮЧЕВ П. С.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Стоимостная оценка запасов и прогнозных ресурсов месторождений полезных ископаемых и участков недр является одним из важных критериев экономического обоснования, необходимого при решении широкого круга вопросов в сфере недропользования для всех участников этого процесса (государства, инвесторов, кредиторов).

Основной целью стоимостной оценки МПИ и участков недр признается определение коммерческой выгоды от их промышленного освоения. Показателем такой стоимостной оценки считается чистый дисконтированный доход, учитываемый для определения эффективности и целесообразности реализации разработанных инвестиционных проектов, связанных с освоением полезных ископаемых. Разработка инвестиционных проектов по действующим нормативам и методикам является весьма трудоемким и дорогостоящим процессом, требующим учета множества входных показателей и факторов расчета и применения специальных компьютерных программ.

Согласно действующим нормативным документам, проведение геолого-экономических и стоимостных оценок может выполняться на различных стадиях и этапах инвестиционного процесса.

Однако при этом, согласно Методическим рекомендациям по оценке эффективности инвестиционных проектов и Порядку разработки, согласования, утверждения и состава обоснования инвестиций в строительство – СП 11-101-95, оценка эффективности инвестиций реально может быть выполнена с необходимой полнотой в стадиях разработки обоснований инвестиций и ТЭО проекта на этапе проектной подготовки освоения объекта. В стадии формирования инвестиционного замысла и принятия решения о разработке обоснования инвестор, как правило, не располагает расчетными данными о потенциальной стоимости объекта недропользования. В связи с этим возникает необходимость выполнения предварительной оценки стоимости объекта недропользования, которая может производиться с использованием упрощенных расчетов.

В качестве основного показателя таких расчетов для объектов предварительной оценки предлагается определять товарную стоимость минерального сырья в недрах, эквивалентную выручке (валовому доходу) от реализации товарной продукции, которая потенциально может быть получена в процессе полного освоения оцениваемого месторождения полезного ископаемого (участка недр).

Показатель, определяющий товарную стоимость минерального сырья в недрах, может быть использован для рейтинговой оценки объектов недропользования (в том числе для территорий – рудных районов, металлогенических зон, административных образований и т. д.), а также в тех случаях, когда необходимы анализ, сопоставление и выбор объектов недропользования, в частности, при формировании программ лицензирования недропользования, при подготовке условий конкурсов и аукционов, а также непосредственно в процессе отбора конкурсных предложений претендентов.

В течение 2002-2003 гг. МПР России предприняло попытку применить геолого-экономическую и стоимостную оценки участков недр при формировании программ лицензирования пользования недрами. Были последовательно разработаны и утверждены три варианта Методических рекомендаций о порядке формирования перечня объектов, предлагаемых для представления в пользование (программы лицензирования пользования недрами). В первых двух вариантах (приказ МПР России от 24.03.03 г. № 238) было предусмотрено три этапа разработки программ лицензирования недропользования. На втором этапе на основании утвержденных перечней предложений (первый этап) требовалось проведение геолого-экономической и стоимостной оценок участков недр, вошедших в перечни. Оценка должна была выполняться в соответствии с установленным порядком, т. е. на основе утвержденных МПР России методик оценки. В связи с отсутствием таких утвержденных методик и, главным образом, из-за сложности и затратности выполнения геолого-экономической оценки объектов недропользования этот второй этап был исключен из порядка формирования программ лицензирования пользования недрами (приказ МПР России от 17.12.2003 г. № 1116). Между тем использование показателей предварительной оценки стоимости объектов недропользования, включаемых в программу лицензирования, позволило бы определить их рейтинг и дать основные представления об их экономическом потенциале, в частности о их бюджетной эффективности.

Проект Основных принципов геолого-экономической оценки участков недр при подготовке условий конкурсов и аукционов, разработанный в 2001 году Центром «СРП-Недра», определяет основные цели и задачи проведения геолого-экономической и стоимостной оценок МПИ на этом этапе, которые должны производиться по методикам, утвержденным МПР России. Расчет основных показателей экономической эффективности разработки МПИ (чистый дисконтированный доход) рекомендуется выполнять исходя из сложившихся рыночных цен на основе общеприменимых ставок дисконта. В целом такая оценка выполняется

в объеме ТЭО, требует значительных денежных затрат, а по крупным и сложным объектам – привлечение специализированных организаций. Очевидно, что на этапе подготовки условий конкурсов и аукционов современная оценка товарной стоимости минерального сырья в недрах, определяемая для каждого объекта конкурса (аукциона), позволила бы сформировать предварительное актуализированное представление о значении этих объектов, определить их бюджетную эффективность, что способствовало бы обоснованию количественных показателей, включаемых в условия конкурсов (аукционов), в частности стартового размера разовых платежей за пользование недрами.

Согласно действующим нормативным документам (ст. 13-1 Закона РФ «О недрах»), основным критерием для выявления победителя конкурса на пользование участком недр является уровень представленных на конкурс программ геологического изучения и использования участков недр. Претенденты должны в установленный срок разработать и представить в конкурсную комиссию основные технико-экономические показатели, связанные с намечаемым использованием недр (подпункт 11.8 Положения о порядке лицензирования пользования недрами). Из опыта проведения подобных конкурсов на право пользования недрами в условиях конкурсов сроки разработки технико-экономических показателей (ТЭП) устанавливаются в 1-1,5 месяца, а общая продолжительность проведения конкурсов определена законом в 3-6 месяцев. Согласно Методическим рекомендациям по подготовке условий и порядку проведения конкурсов и аукционов на право пользования недрами (распоряжение МПР России от 14.11.2002 г. № 457-р), представленные на конкурс ТЭПы должны в числе других показателей содержать экономические показатели инвестиционного проекта освоения участка недр.

Учитывая ограниченные сроки подготовки ТЭП, технико-экономические показатели выполняются, как правило, участниками конкурса по укрупненным предварительным расчетам, методические рекомендации для выполнения которых не разработаны. По своей сути подготовка условий конкурсов и аукционов на право пользования недрами и составление основных технико-экономических показателей участниками конкурса при его проведении соответствуют предварительной стадии разработки инвестиционного проекта освоения участка недр. После получения лицензии на право пользования участком недр недропользователь должен в установленные сроки обосновать и составить проект (проекты) его освоения, включая детальную проработку экономических и стоимостных показателей.

Определение товарной стоимости минерального сырья в недрах как показателя его предварительной оценки предлагается осуществлять в следующем порядке.

Товарная стоимость минерального сырья в недрах конкретного объекта недропользования определяется по формуле

$$C_{\text{вал.}} = M_{\text{прив.}} \cdot C_{\text{мир.}} \cdot I_{\text{скв.}}$$

где $C_{\text{вал.}}$ – валовая товарная стоимость минерального сырья в недрах; $M_{\text{прив.}}$ – количество запасов и (или) прогнозных ресурсов полезного ископаемого объекта оценки в недрах, приведенное по их достоверности к количеству запасов категорий А+В+С₁; $C_{\text{мир.}}$ – (мировая) рыночная (биржевая) цена единицы конечного продукта на момент оценки; $I_{\text{скв.}}$ – сквозное извлечение конечного продукта из минерального сырья в долях единицы.

$M_{\text{прив.}}$ рассчитывается с применением понижающих коэффициентов достоверности к количеству запасов низкой степени разведанности и к количеству прогнозных ресурсов в зависимости от степени их обоснованности. Для конкретных геометризованных объектов с высокой разведанностью прогнозные ресурсы низких степеней обоснованности (P_2 и P_3) в расчет не включаются. Забалансовые запасы, использование которых на момент оценки невозможно по горно-техническим, экологическим и технологическим причинам, включать в расчеты нецелесообразно. Включаются в расчет только те забалансовые запасы, использование которых может стать экономически целесообразным в результате повышения цены на данный вид минерального сырья. Величины коэффициентов достоверности устанавливаются для групп месторождений по сложности их геологического строения. И. А. Нежинский предложил различать три такие группы: жильный, пластовый и промежуточный между ними типы – и на основе обобщения большого опубликованного статистического материала для каждого типа определил коэффициенты перевода ресурсов и запасов из низших категорий в высшие. Такой подход и те же значения переводных коэффициентов были использованы сотрудниками института КНИИГ и МС при оценке недр Красноярского края. Представляется более обоснованным использовать группировку месторождений по сложности геологического строения в соответствии с Классификацией запасов и прогнозных ресурсов ГКЗ, сохранив величины переводных коэффициентов по И. А. Нежинскому.

Значения коэффициентов достоверности по группам месторождений твердых полезных ископаемых приведены в табл. 1.

Значения коэффициентов IV группы сложности определены путем экстраполяции, при этом следует отметить, что месторождения этого типа имеют весьма ограниченное распространение и представлены небольшими специфическими объектами, поиски, разведка и обработка которых зачастую выполняются практически в одну стадию работ.

Коэффициенты достоверности запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых

Категории запасов и прогнозных ресурсов	I группа (простое строение)	II группа (сложное строение)	III группа (очень сложное строение)	IV группа (чрезвычайно сложное строение)
P_3	0,20	0,10	0,07	0,3
P_2	0,50	0,42	0,35	0,28
P_1	0,80	0,75	0,70	0,65
C_2	0,95	0,92	0,90	0,85
$A+B+C_1$	1,00	1,00	1,00	1,00

При определении количества запасов и прогнозных ресурсов объекта оценки ($M_{\text{прив}}$) необходимо учитывать способ отражения этого количества в официальной учетной документации, в частности в балансах запасов полезных ископаемых. Значительная часть полезных ископаемых определяется при подсчете их запасов и отражается в балансах двумя показателями: количеством руды (горной массы) и количеством собственно полезного компонента (главным образом металлов). При расчете товарной стоимости минерального сырья в недрах в этом случае используется количество полезного компонента. Некоторые полезные компоненты, например, руды черных металлов (железные, марганцевые, хромиты), большинство нерудных полезных ископаемых, уголь, торф, углеводородное сырье учитываются одним показателем, который и необходимо использовать при определении $M_{\text{прив}}$.

При расчете товарной стоимости минерального сырья в недрах необходимо использовать цены, сложившиеся на мировых рынках сырья, в частности на Лондонской бирже металлов. Такой подход позволяет избежать применения внутрикорпоративных трансфертных цен, существенно занижающих стоимость продукции, получаемой из минерального сырья. Нежинский И. А. при расчетах использовал среднемировые цены конечного продукта, определенные по их показателям за последние несколько лет. Например, для стоимости золота и платины были использованы их средние мировые цены, вычисленные за период 1981-1994 гг. Следует иметь в виду, что мировые цены на продукцию горнодобывающего промышленного комплекса характеризуются высокой изменчивостью, но, как правило, имеют периодическую устойчивую тенденцию к повышению или снижению. Например, анализ рынка меди позволяет выделить периоды: 1950-1970 гг. – период рыночного роста, 1970-1990 гг. – нестабильный спрос и снижение цен, 1990-2000 гг. – умеренный рост спроса и стабильные цены. На 35-40 % выросли мировые биржевые цены за последние 4-5 лет на золото и особенно на платину.

Рыночные цены изменяются во времени под влиянием многочисленных факторов, поэтому для целей стоимостной оценки целесообразно использовать цены, сложившиеся на момент оценки. Предлагается определять среднюю рыночную цену за последний месяц, предшествующий оценке, за исключением из расчета отдельных пиковых отклонений (более 10 % абсолютной величины цены). Применение цен, сложившихся на свободном конкурентном рынке на момент оценки, – одно из главных условий обеспечения объективности стоимостной оценки объекта.

Сквозное извлечение ($I_{\text{скв.}}$) целесообразно учитывать в долях единицы, последовательно определяя извлечение из недр, извлечение при обогащении, извлечение при металлургическом переделе и т. д. до получения товарного конечного продукта, имеющего рыночную цену. Для действующих предприятий применяются проектные и фактические данные по извлечению, для объектов, не вовлеченных в освоение, может быть использована аналогия или экспертная оценка извлечения полезных компонентов.

Для сложных комплексных объектов расчет товарной стоимости минерального сырья в недрах ($C_{\text{вал.}}$) производится по каждому компоненту отдельно, а затем определяется суммарная стоимость по объекту оценки в целом.

Использование показателя «валовая товарная стоимость минерального сырья в недрах» рассмотрим на некоторых примерах из практики лицензирования недропользования в Свердловской области.

За период действия закона РФ «О недрах» (1992-2003 гг.) по Свердловской области было выдано 1612 лицензий, из которых на 01.01.2004 г. 878 являются действующими. Массив действующих лицензий распределяется по основным группам полезных ископаемых следующим образом:

- углеводородное сырье – 3 лицензии;
- твердые полезные ископаемые (без общераспространенных полезных ископаемых) – 183;
- подземные воды (включая минеральные воды и одиночные скважины) – 468;
- общераспространенные полезные ископаемые – 184;
- объекты недропользования, не связанные с изучением и добычей полезных ископаемых – 34.

Массив действующих лицензий по твердым полезным ископаемым (без ОПИ) состоит из 35 объектов геологического изучения (без права добычи) и 148 объектов на право добычи или на право геологического изучения и добычи.

Значительная часть этих лицензий (60 или 40 %) была выдана по результатам проведенных конкурсов или аукционов, остальные – в порядке подтверждения права пользования недрами. В период 1993-2003 гг. в Свердловской области было проведено на твердые полезные ископаемые (без ОПИ) 52 конкурса и 9 аукционов.

Исходя из специфики современной сырьевой базы Свердловской области и конъюнктуры, значительное число действующих лицензий на твердые полезные ископаемые (87 или около 50 %) приходится на объекты драгоценных металлов, преимущественно на россыпные месторождения. При этом наблюдается весьма широкий спектр масштабов добычных предприятий и соответственно лицензионных участков недр, предоставляемых в пользование, – от участков техногенных образований, имеющих запасы в несколько десятков килограммов металла, до крупных рудных месторождений, содержащих десятки тонн.

В связи с существенным ростом мировых цен на золото и платину, возникновением благоприятных экономических возможностей (после августа 1998 года), совершенствованием правового регулирования в вопросах собственности на добытые драгоценные металлы спрос на объекты добычи драгоценных металлов продолжает оставаться весьма высоким, несмотря на существенное истощение сырьевой базы прежде всего россыпных месторождений. Так, утвержденный Программный перечень участков недр, предлагаемых для осуществления инвестиционных проектов недропользования на 2004 год по Свердловской области, содержит 20 объектов драгоценных металлов (70 % от общего количества объектов), включенных в программу по заявкам конкретных юридических лиц – недропользователей, в число которых входят как действующие предприятия, так и претендующие на право недропользования впервые.

В мае 2003 года Главным управлением природных ресурсов и охраны окружающей среды МПР России по Свердловской области и Правительством Свердловской области был проведен аукцион на право пользования участками недр с целью разведки и добычи драгоценных металлов из россыпных месторождений. На аукцион было выставлено 9 объектов (лотов аукциона), включающих месторождения россыпного золота и россыпной платины, различных по своим масштабам (от 13 кг до 998 кг), степени разведанности (разведанных до балансовых запасов промышленных категорий и содержащих лишь прогнозные авторские ресурсы), а также в различной степени пораженные отработкой в прошлые периоды, в т. ч. представленные полностью техногенными объектами, ранее отработанными с остаточным металлом.

В табл. 2 приведена характеристика основных параметров указанных объектов, в том числе установленные в условиях аукциона минимальные годовые объемы добычи драгметаллов и стартовые размеры разовых платежей за пользование недрами. Победителями аукциона признавались его участники, предложившие в ходе торгов наибольшую величину разового платежа по каждому объекту аукциона.

Важным моментом подготовки условий аукциона является расчет стартового размера разового платежа за пользование недрами.

Согласно статье 40 Закона РФ «О недрах», минимальные (стартовые) размеры разовых платежей за пользование недрами устанавливаются в размере не менее 10 процентов от величины суммы налога на добычу полезных ископаемых в расчете на среднегодовую проектную мощность добывающей организации.

С 01.01.2002 года введена в действие глава 26 части II Налогового кодекса РФ «Налог на добычу полезных ископаемых», согласно которой налог на добычу полезных ископаемых определяется в процентах от стоимости добытых полезных ископаемых в зависимости от их видов. Для золота налоговая ставка установлена в размере 6 %, для платины – 6,5 %. В соответствии с указанными размерами налоговой ставки и годовыми объемами добычи были определены исходя из официально установленных цен на золото и платину стартовые размеры разовых платежей за пользование недрами по формуле

$$П_{\text{стар.}} = \frac{Q \cdot Ц_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}} \cdot 10}{100 \cdot 100},$$

где $П_{\text{стар.}}$ – стартовый размер разового платежа за пользование недрами; Q – установленный годовой объем добычи металла; $Ц_{\text{м}}$ – установленная цена весовой единицы металла; $C_{\text{м}}$ – установленная налоговая ставка в %.

Результаты расчетов стартовых размеров разовых платежей по объектам аукциона приведены в табл. 2.

В табл. 3 приводятся показатели валовой стоимости минерального сырья в недрах, определенные в соответствии с предложенным выше порядком расчета. Как видно из граф 7 и 8 табл. 3, разовый платеж за пользование недрами, определенный по каждому объекту по итогам аукциона, составляет лишь 0,02-0,07 % от его валовой товарной стоимости, за исключением техногенной россыпи р. Виллой (0,46 %), которая из-за ее небольших размеров является неrepresentative.

Можно сделать вывод, что установленный порядок расчета стартовых величин разового платежа, основанный на годовой производительности предприятия, является недостаточно эффективным и существенно занижает стартовые размеры разовых платежей. При этом годовой уровень добычи на этапе подготовки ус-

Таблица 1

**Основные данные по объектам аукциона на право пользования недрами
для разведки и добычи драгоценных металлов из россыпных месторождений
Свердловской области**

№ п/п	Наименование объекта аукциона (лота)	Полезное ископаемое	Запасы и прогнозные ресурсы металла в кг						Минимальный годовой объем добычи, установленный в условиях аукциона, кг	Стартовый размер разового платежа за пользование недрами, установленный в условиях аукциона, руб.
			балансовые		забалансовые		прогнозные ресурсы			
			A+B+C ₁	C ₂	A+B+C ₁	C ₂	P ₁	P ₂		
1.	Россыпь р. Талицы	Золото	451	–	–	–	–	–	45	90 000
2.	Лобвинская группа россыпей (южная часть)	Золото	983	15	–	–	–	–	60	120 000
3.	Россыпь р. Большая Каменушка	Платина	241	–	57	–	–	–	40	120 000
4.	Техногенная россыпь р. Ис	Платина	–	–	–	–	530	–	50	150 000
5.	Техногенная россыпь р. Виллой	Золото	–	–	–	–	13	–	10	20 000
6.	Россыпь р. Сербишной	Золото	548	104	47	–	–	–	30	60 000
7.	Россыпь р. Малая Быньга	Золото	–	406	–	–	–	–	40	70 000
8.	Тамакульская россыпь	Золото	518	–	89	–	–	–	40	80 000
9.	Россыпь р. Пышмы	Золото	153	–	57	–	240	–	30	60 000

Таблица 2

Валовая товарная стоимость минерального сырья в недрах и размеры разовых платежей за пользование недрами

№ п/п	Наименование объекта аукциона	Запасы и прогнозные ресурсы, приведенные к категориям А+В+С ₁ (кг)	Биржевая цена 1 г в рублях (по данным ЦБ РФ на 01.02.2003 г.)	Сквозное извлечение из недр в долях единицы	Валовая товарная стоимость участка недр в тыс.руб.	Разовый платеж за пользование недрами			
						установленный по итогам аукциона		рекомендуемый по результатам стоимостной оценки	
						тыс. руб.	% от товарной стоимости	тыс. руб.	% от товарной стоимости
1.	Россыпь золота р. Талицы	451	368	0,82	136 094	95	0,070	1361	1,0
2.	Лобвинская группа россыпей золота	997	368	0,85	311 862	132	0,042	3119	1,0
3.	Россыпь платины р. Бол. Каменушка	298	701	0,78	162 940	48	0,029	1629	1,0
4.	Техногенная россыпь платины р. Ис	371	701	0,72	187 251	60	0,032	1872	1,0
5.	Техногенная россыпь золота р. Виллой	9	368	0,80	2606	12	0,460	26	1,0
6.	Россыпь золота р. Сербишной	683	368	0,83	208 616	36	0,017	2086	1,0
7.	Россыпь золота Малая Бьньга	365	368	0,84	112 829	48	0,042	1128	1,0
8.	Тамакульская россыпь золота	607	368	0,80	178 701	48	0,027	1787	1,0
9.	Россыпь золота р. Пышмы	376	368	0,75	103 776	36	0,035	1038	1,0
Всего:						515		14046	

ловий аукциона можно определить лишь предварительно, так как отсутствуют проекты разработки месторождений, а на некоторых объектах необходимо еще выполнять разведочные работы.

Представляется, что на этом этапе целесообразно и значительно эффективнее использовать оценку валовой товарной стоимости минерального сырья, от величины которой устанавливать в % стартовый размер разового платежа за пользование недрами. Размер платежа рекомендуется устанавливать в пределах 0,5-1,0 % от валовой товарной стоимости минерального сырья в недрах. В графе 9 табл. 3 приведены разовые платежи по объектам рассматриваемого аукциона, определенные в размере 1,0 % от валовой товарной стоимости. Эти платежи в 20-30 и более раз превышают величины разовых платежей, определенных в соответствии с действующим в настоящее время порядком.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНОАКТИВАЦИИ ГЛИНИСТЫХ БУРОВЫХ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ ФОТОКОЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

КАЛАШНИКОВ В. Н., УСОВ Г. А., СЕРДЮКОВ Ф. П.,
Уральская государственная горно-геологическая академия

Эффективность механоактивации зависит от степени дисперсности, дисперсной фазы глинистых частиц в растворе. Одним из более перспективных является фотоколлометрический метод. Исследованиями установлено, что твердая фаза глинистых буровых промывочных жидкостей представлена следующими частицами:

- элементарными глинистыми пластинками, называемыми «большими молекулами»;
- первичными глинистыми частицами, представляющими собой пачки элементарных пластинок;
- агрегатами из первичных глинистых частиц;
- высокодисперсными частицами минералов, которые обычно присутствуют в глине в качестве механических примесей;
- песком и крупными ещё не диспергировавшимися комочками глины.

Таким образом, глинистые буровые промывочные жидкости представляют собой полидисперсную систему, относящуюся по размерам частиц глинистой фракции к водоглинистым суспензиям. Благодаря чешуйчатой вытянутой форме большинства глинистых частиц, у которых длина и ширина во много раз больше толщины, водоглинистая суспензия по своим свойствам может быть отнесена к коллоидальным растворам. И чем больше будет доля элементарных глинистых пластинок в твердой фазе водоглинистой суспензии, тем лучше будут её технологические свойства как буровой промывочной жидкости. Поэтому в процессе приготовления глинистых буровых промывочных жидкостей необходимо стремиться обеспечивать наиболее полное диспергирование глинистой фракции до состояния элементарных глинистых пластинок.

Из известных методов исследования дисперсных систем абсорбционный анализ дисперсии является наиболее точным и теоретически обоснованным. Удельная поверхность твердых частиц суспензии определяет её абсорбционную способность, поверхностную энергию, а также физико-механические и технологические свойства глинистых буровых промывочных жидкостей в целом. Абсорбционный метод особенно надежен и удобен при сравнительной оценке дисперсной системы в процессе её обработки, так как в этом случае состав исследуемой системы не изменяется.

Данный дисперсионный анализ может применяться в качестве основного метода исследований дисперсности глинистых буровых промывочных жидкостей. При этом основным критерием оценки степени дисперсности глинистого бурового раствора является объемная удельная поверхность дисперсной фазы.

Фотоколлометрический метод основан на сравнении качественного и количественного изменения световых потоков при их прохождении через исследуемый и стандартный раствор. Но более правильно называть его абсорбционным спектральным анализом, так как он основан на изменении ослабления светового потока, которое происходит вследствие избирательного поглощения света определенным веществом.

Существуют спектрофотометрический и фотометрический методы абсорбционного анализа. Первый основан на измерении в монохроматическом потоке света, а второй – на измерении в полихроматическом пучке света.

Сущность методов базируется на оптических свойствах окрашенных растворов и выполнении основного закона колориметрии – закона Бугера-Ламберта-Бера (БЛБ).

Основной закон колориметрии гласит: оптическая плотность раствора при прочих равных условиях прямо пропорциональна концентрации вещества и толщине поглощающего слоя.

Световой луч, как известно, представляет собой поток фотонов – отдельных порций (квантов) электромагнитной энергии. Каждому фотону соответствует определенная длина электромагнитной волны, связанная с частотой колебаний.

Из огромного диапазона электромагнитной энергии зрительный аппарат человека способен воспринимать воздействие фотонов в виде светового ощущения лишь в узком интервале энергий: приблизительно от $2,5 \cdot 10^{-12}$ до $5 \cdot 10^{-12}$ эрг. Этим фотонам соответствуют световые лучи со следующими параметрами: частота ν от $4 \cdot 10^{14}$ до $7,5 \cdot 10^{14}$ с⁻¹; волновые числа ν от $1,3 \cdot 10^4$ до $2,5 \cdot 10^4$ см⁻¹; длины волн λ от 760 до 400 нм.

Закон Бугера-Ламберга-Бера выполняется не всегда. Наблюдаемые от закона отклонения могут, с одной стороны, служить помехой при количественном анализе, с другой – давать дополнительную информацию о свойствах исследуемых объектов. Перечислим возможные причины появления таких отклонений:

1. Закон выводится в приложении, что молекулы хромофоров распределены в растворе равномерно. Если хромофор распределен в растворе неравномерно, то это будет приводить к занижению оптической плотности раствора. Занижение тем выше, чем выше оптическая плотность частиц.

2. В формулировке закона оптической плотности подразумевается, что является константой, зависящей от концентрации. Если при повышении концентрации характер взаимодействия меняется, то фотофизические свойства молекул, в том числе и значение коэффициента, будут изменяться.

3. Зависимость оптической плотности от концентрации может отклоняться от линейной при использовании немонахроматического света.

4. В растворе под действием измеряющего света не должны сколько-нибудь заметно протекать фотохимические превращения хромофоров.

5. Если помимо поглощения образец рассеивает свет, то произойдет завышение оптической плотности.

6. Интенсивность измеряющего светового пучка должна быть достаточно низкой, чтобы в результате поглощения света концентрация невозбужденных молекул практически не уменьшалась в ходе измерений.

7. Точному измерению оптической плотности может мешать люминесценция образца. Если фотолюминесценции будут попадать на фотодетектор, то это приведет к занижению оптической плотности.

Процедура определения емкости катионного обмена на спектрофотометре СФ-46 отличается от фотоколометрического метода Кульчицкого, разработанного 40 лет назад, использованием в эксперименте не полихроматического, а монохроматического светового потока. Это отличие имеет принципиальный характер, поскольку: а) повышает чувствительность метода как минимум в 2-3 раза; б) увеличивает точность определения концентрации вещества за счет возможного выбора длины волны для аналитических измерений; в) делает возможным изучать спектры поглощения различных веществ и проводить спектрофотометрический анализ. К недостаткам следует отнести усложнение методики проведения анализа и более узкий диапазон измеряемых концентраций разбавленных растворов. Он колеблется от 2,0 до 16 мг моль/л, но за счет разбавления позволяет рассчитывать любые концентрации. Для экспериментальных исследований были взяты глины смешанного состава, наиболее распространенные в природе.

В процессе исследования глин спектрофотометрическим методом определяются различные относительные показатели. Они характеризуют как физические и геохимические свойства, так и дисперсное состояние природных полиминеральных глинистых систем. В основе расчета двух показателей – коэффициента водопрочности микроагрегатов и коллоидальности лежит определение емкости катионного обмена. Третий показатель – степень дисперсности S_d – рассчитывается исходя из измерений поглощения света коллоидной фракцией в двух областях спектра.

При использовании данных параметров на практике возможен такой вариант решения, когда вывод об изменении коллоидальности или степени дисперсности глин оказывается ошибочным. Поэтому, чтобы уменьшить риск принятия ошибочного решения, необходимо оценить качество метода.

При исследовании качества глинистых буровых промывочных жидкостей нами использовалась методика определения емкости катионного обмена глин и твердой фазы глинистых суспензий:

1. Рассчитывается концентрация красителя МГ в разбавленных пробах рабочего раствора и изучаемых суспензий по формуле зависимости концентрации от оптической плотности.

2. Умножая на разбавление R , получаем концентрации красителя в одном литре рабочего раствора C_o и раствора от суспензии C_ϕ . Следует обращать внимание, что рабочий раствор разбавлен в 1000 раз, а изучаемый – в 500 раз.

3. Разность концентраций рабочего раствора и раствора от суспензии, умноженная на объем изучаемого раствора V (50 мл или другое количество), будет характеризовать количество красителя МГ, адсорбированное 1 граммом твердой фазы суспензии или емкость катионного обмена одного грамма (мг моль/г);

$$E_k = (C_o - R \cdot C_\phi) \cdot V. \quad (1)$$

4. Для расчета емкости обмена всей породы микрополярные концентрации переводятся в миллимолярные и умножаются на 100.

В итоге получаем формулу (мг моль/г)

$$E_k = \frac{(C_o - R \cdot C_{\phi}) \cdot V}{10} \quad (2)$$

Все результаты измерений в процессе определения емкости катионного обмена заносят в таблицу. После определения емкости породы возникает необходимость оценить степень дисперсности породы по показателю относительной дисперсности. Необходимо взять объединенные оптические показатели изучаемой глинистой суспензии в длинноволновой и коротковолновой областях спектра.

Для более полного и достоверного представления о дисперсности глинистых буровых промывочных жидкостей на определяемых стадиях приготовления при обработке результатов дисперсионного анализа применялись методы математической статистики. При оценке эффективности диспергирования при приготовлении глинистых буровых промывочных жидкостей в производственных условиях авторами рекомендуется применять приближенный адсорбционный метод определения удельной поверхности глины в промывочной жидкости. Подготовка пробы к анализу и исследования по определению удельной поверхности глин производились согласно методике, разработанной во ВНИКнефть. Обработка результатов адсорбционного анализа заключалась в определении расчетным путем веса P_r и объема V_r глины в 50 мл исследованной пробы и веса $P_{мг}$ МГ в объеме раствора МГ, который обеспечил предел насыщения этой пробы.

Таким образом, суммарная поверхность глины в исследованной пробе определялась из условия

$$S_o = P_{мг} \cdot S_{мг} \quad (3)$$

где S_o – суммарная поверхность глины в пробе, m^2 ; $P_{мг}$ – вес МГ в объеме $V_{мг}$ раствора МГ, который обеспечил предел насыщения, мг; $S_{мг}$ – удельная адсорбционная поверхность МГ, $S_{мг} = 1 m^2 / мг$.

Тогда удельная объемная поверхность глины в исследуемой суспензии

$$S_{ov} = \frac{S_o}{V_r} \quad (4)$$

Полученная величина удельной объемной поверхности глины является показателем степени дисперсности глины в исследуемой глинистой буровой промывочной жидкости на определяемой стадии её приготовления.

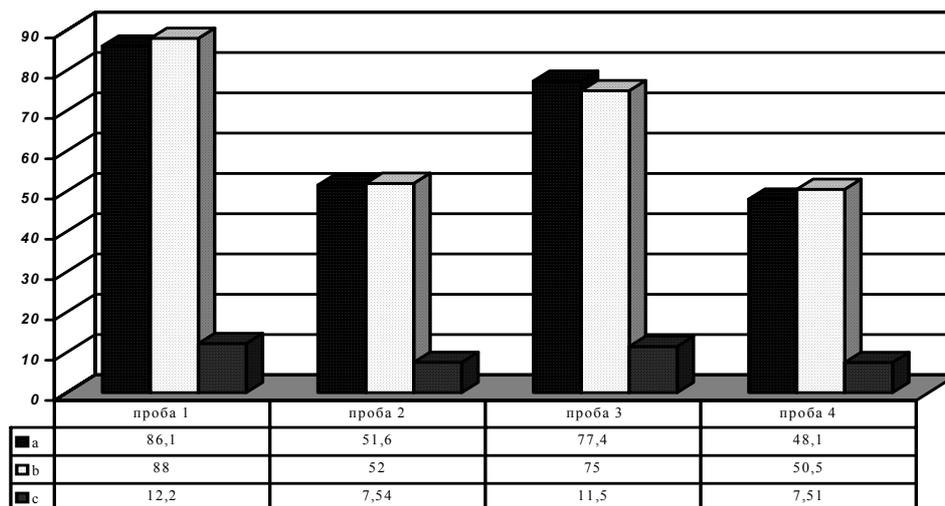
Ниже нами проведены и получены результаты лабораторных исследований глин Усть-Маньинского месторождения и Люльинского участка по определению обменной емкости и удельной поверхности. Полученные результаты были сопоставлены с результатами данных Института ЦНИИГеолнеруд (г. Казань) и приведены в таблице.

Результаты исследования глинистых проб

Номера проб	Обменная емкость E_k , мл-экв/ 100 г.		Удельная поверхность глин S_{ov} , m^2/m^3
	данные Института ЦНИИГеолнеруд	результаты лабораторных исследований	
Проба 1 (канавы 1, Медногорский участок)	86,1	88	12,2
Проба 2 (шурф 23А, Усть-Маньинский участок)	51,6	52	7,54
Проба 3 (шурф 22А, Усть-Маньинский участок)	77,4	75	11,5
Проба 4 (Люльинского участка)	48,1	50,5	7,51

Данные исследования проводились на спектрофотометре СФ-46 в лаборатории кафедры ТТР МПИ. По результатам лабораторных работ и данным отчета Института ЦНИИГеолнеруд можно судить о представительности монтмориллонитовых глинистых проб. Анализ проведенных лабораторных исследований показывает, что обменная емкость исследуемых глинистых проб достаточно высокая для данных типов глин (см. рисунок), что свидетельствует о возможности использования их в качестве структурообразователей при приготовлении буровых промывочных жидкостей, применяемых при бурении в нефтегазовых районах.

Таким образом, оценку качества механоактивации компонентов буровых растворов наиболее рационально и оперативно выполнять по относительному изменению величин параметров буровых растворов в связи со значениями прироста текущих значений дисперсности их твердой фазы. При этом особое внимание при исследованиях следует уделять правильному методу выборов дисперсионного анализа с учетом физико-химических характеристик буровых растворов и сооружения скважин в целом. Однако теоретические и экспериментальные разработки по установлению прямой взаимосвязи теоретических значений энергонасыщенности механоактивированных дисперсных систем компонентов буровых растворов с их технологическими параметрами в настоящее время решаются на эмпирическом уровне, поскольку такая эмпирическая



Обменная емкость исследуемых проб 1, 2, 3 и 4:

a – данные Института ЦНИИгеолнеруд г. Казань; b – данные лабораторных исследований кафедры ТТР МПИ;
c – удельная поверхность исследуемых проб

оценка эффективности механоактивации дисперсных систем при приготовлении буровых растворов в достаточной мере отвечает требованиям технологии производства буровых работ при проходке и сооружении скважин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахмадеев Р. Г., Данюшевский В. С. Химия промывочных жидкостей. М.: Недра, 1979.
2. Бирштейн Н. Е., Каменский Ю. Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. М.: Химия, 1975.
3. Калашиников В. Н. Механоактивация твердой фазы промывочных жидкостей и ее влияние на технико-экономические показатели бурения скважин // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые: Межвуз. науч. темат. сб. Екатеринбург: Изд-во УГГГА. 2000. Вып. 23.
4. Ребиндер П. А. Исследование процессов образования дисперсных структур. Минск: Наука и техника, 1971.

УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ДЖАСПЕРОИДНО-АРГИЛЛИЗИТОВОЙ ЗОЛОТОНОСНОЙ АССОЦИАЦИИ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГУМШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*ВЛАСОВ А. Н., науч. руководитель проф. УГРЮМОВ А. Н.,
Уральская государственная горно-геологическая академия*

Гумшевское медное месторождение, по-видимому, является одним из старейших объектов разработки полезных ископаемых на Урале. Отработка месторождения началась с 1719 г. В изучении месторождения принимали участие Л. Дюпарк, А. Н. Заварицкий, Р. Н. Кирьянов, Е. А. Кузнецов, П. Я. Ярош, И. И. Бугаев, С. И. Мошев, А. И. Грабежев и многие другие.

Месторождение приурочено к шовной зоне на границе Тагильской и Восточно-Уральской мегазон, проходящей по зоне Серовско-Маукского глубинного разлома. Основная часть рудных тел месторождения размещается в зоне контакта интрузии диоритового состава гумшевского комплекса с карбонатными породами полевокситовой свиты.

Несмотря на большой срок эксплуатации и изучения месторождения, многие его генетические вопросы остаются нерешенными. Большинство исследователей месторождения относят его к медно-магнетитско-скарновому типу и предполагают, что большая часть рудных тел месторождения и метасоматитов сформировались в результате гидротермальной проработки скарновых либо колчеданных образований. Некоторые авторы считают данный объект представителем скарново-медно-порфировой системы [2]. Такие исследователи отмечают, что на месторождении исключительно сильно проявлен низкотемпературный скарновый и постскарновый метасоматоз, с которым связана большая часть рудных компонентов. Очевидно, что фор-

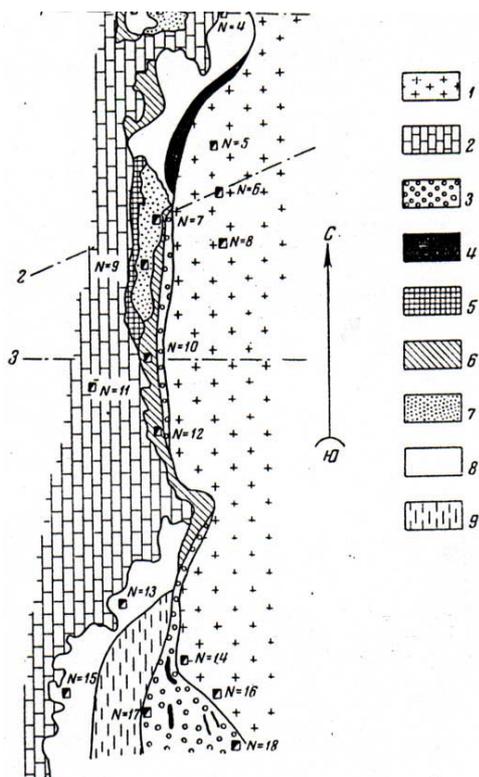


Рис. 1. Гумешевский рудник, по Дюпарку:
 1 – гранит; 2 – известняк; 3 – гранатовая порода; 4 – руда (серный и медный колчедан); 5 – лимонит; 6 – железистые глины; 7 – конкреции руды в глине; 8 – железистые глины; 9 – серицитовый сланец

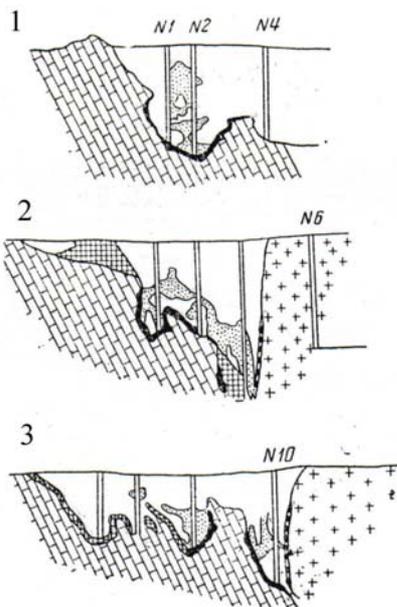


Рис. 2. Поперечные разрезы через Гумешевское месторождение

мирование оруденения месторождения происходило в течение длительного временного этапа и, возможно, под действием разнообразных эндогенных процессов, то есть является полигенным и полихронным.

На месторождении широко развиты элювиально-делювиальные (карстовые) мезозойские образования, заполняющие раннемезозойские карстовые формы, особенно широко проявленные среди карбонатных пород в зоне западного экзоконтакта гумешевского диоритового массива. Глубина развития карстовых форм в этой зоне колеблется от 30 до 200 м. Карстовые образования представлены линзами перемещенных химических кор выветривания, состоящих из различных горизонтов мезозойского элювия, от глинистых до глинисто-дресвяных, реже до дресвяно-щебенистых образований. В карстовых отложениях за счет первичных сульфидных руд происходило отложение и накопление окисленных рудных минералов меди, в результате чего сформировались залежи так называемых медистых глин. На сегодняшний день эти залежи являются объектом для подземного выщелачивания меди.

Присутствие в первичных сульфидных рудах золота в качестве элемента примеси отмечено еще в 1961 г. П. Я. Ярошем [7]. Золотоносность медистых глин была установлена в ходе оценочных работ Полевской партией ОАО «Цветметразведка», а затем подтверждена работами ОАО «УГЭСЭ» [4]. По предварительным данным некоторых авторов [4, 5], золотоносность месторождения связывается с метасоматическими образованиями серицит-кварцевой формации, березитизированными и лиственитизированными породами и породами низкотемпературных метасоматических формаций типа аргиллизитов и джаспероидов. Известные на сегодняшний день наиболее значительные концентрации золота приурочены к образованиям аргиллизитовой формации в карстовых мезозойских отложениях [4]. Проявленная на месторождении формация аргиллизитов подразделяется на две фации – собственно аргиллизитовую и джаспероидную, которые тесно связаны между собой.

Необходимо отметить, что в связи с сильной нарушенностью верхней, карстовой, части месторождения карьерами, отвалами и шахтами восстановить первоначальную картину строения объекта можно только пользуясь старыми архивными материалами.

Одним из первых крупных исследователей Гумешевского месторождения является академик Заварицкий. В его трудах мы находим описание и графическое изображение поверхности месторождения [3] (рис. 1, 2). Породы, описанные Заварицким, как конкреции руды в глине, состоящие из карбонатов и окислов, по нашим представлениям, и являются образованиями аргиллизитово-джаспероидной ассоциации.

Пользуясь приведенными графическими материалами, можно охарактеризовать пространственное положение и морфологию тел метасоматитов аргиллизитовой и джаспероидной фаций.

На разрезах видно, что эти образования располагаются в карстовых полостях известняков, заполненных рыхлыми мезозойскими породами. Иногда эти породы, совместно с вторичными медными рудами, выстилают поверхности углублений в известняках. Наряду с этим джаспероидные тела отрываются от поверхности известняков, образуя тела неправильной, причудливой формы в рыхлых карстовых породах. В плане эти тела вытянуты параллельно контакту известняков и диоритов и

зоны скарнов. Такое строение тел метасоматитов аналогично некоторым золоторудным джаспероидным залежам месторождений Алдана [6].

Исходя из вышеизложенного предварительно можно предположить, что аргиллизитово-джаспероидные метасоматические тела были сформированы гидротермальными растворами, которые поступали по контакту известняков и диоритов и проникали в рыхлые мезозойские осадки как в наиболее проницаемые породы. По всей вероятности этот процесс связан с позднемезозойской тектоно-магматической активизацией, проявившейся на Урале [1].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранников А. Г., Угрюмов А. Н. Проблемы эндогенного золотого рудогенеза мезозоя Урала // Литосфера. 2003. № 1. С. 13-26.
2. Грабежев А. И., Азовская О. Б. Гумешевское месторождение как представитель скарново-медно-порфировой системы // Рудообразование и металлогения: Ежегодник Института геологии и геохимии им. академика Заварицкого. Екатеринбург, 2000. С. 243-247.
3. Заварицкий А. Н. Геологический очерк месторождений медных руд на Урале // Избранные труды, т. IV. М.: Изд. АН СССР, 1963. С. 206-213.
4. Михайлов А. П. Отчет о результатах поисково-картировочных работ на россыпное золото и платину рек Чусовая, Западная и Полдневая, Чусовая, Омутная за 1993-2000 гг. Екатеринбург: ОАО «УГСЭ». 2000. Книга 2.
5. Савельева К. П., Костромин Д. А., Кокорин Н. П. и др. Проявление золоторудного полигенного метасоматоза в районе Гумешевского медноскарнового месторождения // Проблемы геологии и разведки месторождений золота, извлечения благородных металлов из руд и отходов производства: Мат. Междунар. науч.-техн. конф. Екатеринбург, 1999. С. 39-41.
6. Угрюмов А. Н. Джаспероидные месторождения золота: Дис. ... на соискание ученой степени д-ра геол.-минерал. наук. Екатеринбург, 1993. 620 с.
7. Ярош П. Я. Геолого-структурное изучение и оценка перспектив меденосности Полевского рудоносного района. СГИ им. В. В. Вахрушева: Отчет. Свердловск, 1961. Ч. 2. 190 с.

ЦИКЛИЧНОСТЬ В СТРОЕНИИ ТЮМЕНСКОЙ СВИТЫ НА СЕВЕРЕ ШАЙМСКОГО НЕФТЕГАЗОНОСНОГО РАЙОНА

ГАЗАЛЕЕВ С. С., науч. руководитель проф. АЛЕКСЕЕВ В. П.,
Уральская государственная горно-геологическая академия

Методика исследований

Существование *цикличности* в осадочных толщах как самостоятельного уровня организации вещества, находящегося между горно-породным и формационным, давно не вызывает сомнения, особенно у геологов-угольщикова школы Ю. А. Жемчужникова. Однако принципы выделения циклов (оценка чередования горных пород в разрезе осадочной толщи по комплексу признаков) у исследователей, занимающихся этой проблемой, различны. Так, например, в рамках системно-структурного метода Ю. Н. Карогодина, нашедшего широкое применение при изучении нефтегазоносных толщ, таковым является гранулометрический состав пород [7]. Хотя данная методика и привлекает своей простотой в использовании, но не учитывает *генетического* (фациально-циклического в нашем случае) подхода к выделению циклов, дающего, как многократно показано [2], более полное представление о закономерностях в строении осадочных толщ, в особенности терригенных. Предлагаемая методика исследования широко и доступно описана в работах [1, 3], поэтому подробно излагать ее нецелесообразно. Однако несколько основных положений следует привести.

- Под литоциклом понимается полифациальный комплекс отложений, генетически связанных направленностью изменения их признаков.
- Началом литоцикла целесообразно следует считать поворотный момент от трансгрессивного развития фаций к регрессивному, т. е. начало регрессии. Литоциклы достаточно просто выделять, используя фациальную кривую (ФК), которая, по сути, представляет собой смену палеоландшафта, сведенного в линию «область сноса – приемный водоем».
- Литоциклы со 2-го порядка и выше хорошо прослеживаются по площади на большие расстояния, в отличие от слагающих их слоев (пластов, пачек).
- Цикличность обладает свойством многопорядковости, т. е. несколько порядков литоциклов последовательно «вкладываются» друг в друга, группируясь по 2-5, чаще по 3 [3, 5].

Среднеюрские отложения

Объектом исследования являются среднеюрские континентальные отложения тюменской свиты Шаимского нефтегазоносного района (НГР). Данная терригенная толща имеет сложное строение, обусловленное частым переслаиванием различных литологических типов пород, с одновременно широким спектром обстановок осадконакопления. Наиболее полный разрез тюменской свиты наблюдается на севере (Западно-Тугровская площадь) и северо-востоке (Ловинская и Яхлинская площади) Шаимского НГР.

Изучением геологического строения среднеюрского продуктивного комплекса Шаимского НГР занимались сотрудники ИГНГ СО РАН [6]. Из этой работы следует, что отложения тюменской свиты представлены песчано-алевролитоглинистыми породами и по фациальной характеристике относятся к континентальным, озерным, болотным и озерно-аллювиальным осадкам. Проблемой в корреляции осадков является отсутствие «углистых» реперов, каковые широко распространены на территории Томской области, а также прерывистость и линзовидное строение песчаных пластов, поэтому за основной маркирующий горизонт были приняты глинистые пачки. Граница батского и байосского ярусов, по данным палинологических исследований, проходит «внутри» пласта Ю₄. Отложения изучаемой осадочной толщи имеют отчетливо циклическое строение и разделены на 11 зональных циклитов (ЗЦ), которые представлены, как правило, в основании пластом песчаников, постепенно переходящим в алеврито-глинистые породы. Мощности ЗЦ меняются от 30 до 150 м, а границы между ними литологически резкие, отчетливо выделяющиеся по комплексу каротажных диаграмм. Разрез тюменской свиты разделяется на нижне-, средне- и верхнетюменскую подсвиты соответственно выделяемым ЗЦ: tm-1 – tm-6 (группа пластов Ю₇₋₈), tm-7 – tm-8 (Ю₅₋₆), tm-9 – tm-11 (Ю₂₋₄) [6].

Нами ранее установлена цикличность низкого порядка в отложениях тюменской свиты по 5 скважинам Западно-Тугровского месторождения (16, 18, 19, 20, 27), но поскольку исходные данные были фрагментарными (керновый материал поднят только из верхней части изучаемой толщи – интервал пластов-коллекторов Ю₂ – Ю₄), то выводы о строении толщи и корреляции отложений имели предварительный характер и сводились к следующему [2].

- По фациальному составу данный интервал толщи представлен в основном прибрежно-бассейновыми осадками (БПП, БПК, БПА, БММ, БМБ*, здесь и далее расшифровку фациального состава смотри в примечании), но в некоторых скважинах (19, 20) нижняя часть разреза «заливит» – БЗП, БЗА [1].
- В изученном интервале выделено 5 литоциклов 1-го порядка (ЛЦ-I) в среднем мощностью 8-10 м, имеющих в основном трансгрессивный или нейтральный характер. Но пятый ЛЦ-I (считая сверху вниз по разрезу), наблюдаемый только в скважине 27, имеет регрессивную природу. Намечены приблизительные границы литоциклов 2-го порядка (ЛЦ-II).
- Цикличность 1-го порядка может быть установлена только в пределах очень небольших участков, в силу невыдержанности изучаемых отложений; значительно достовернее выделяются и прослеживаются по площади ЛЦ-II, что практически невозможно было выполнить из-за ограниченности исходных данных.
- Корреляция отложений в указанном выше интервале проводилась по выделенным ЛЦ-I в комплексе с данными геофизических исследований скважин (ГИС). Пласты-коллекторы, «отбиваемые» по каротажу, в разрезе находятся «внутри» ЛЦ-I и приурочены к верхней или средней его части.

Характеристика полного разреза тюменской свиты с позиций цикличности

Изучение среднеюрских терригенно-осадочных отложений на территории Шаимского НГР проведено в русле классической методики *литолого-фациального анализа*, предусматривающего выделение и прослеживание цикличности и базирующегося, прежде всего, на изучении кернового материала [1]. Укажем, что ранее исходного кернового материала, охватывающего в полном объеме отложения среднеюрского возраста, просто не было в наличии [2].

В результате исследования керна скважин 10650 и 10628 Ловинского месторождения, вскрывших полный разрез терригенных осадков тюменской свиты, установлена цикличность. В изученных скважинах весьма уверенно выделено *четыре* ЛЦ-II с мощностями 25-40 м, что практически соответствует мощностям ана-

* БМ – отложения открытого подвижного бассейнового мелководья; БМБ – аккумулятивных форм, БММ – прибрегово-мелководья; БП – отложения полуизолированного малоподвижного бассейнового мелководья; БПА – активных частей, БПП – прибрежных частей, БПК – кос и пересыпей; БЗ – отложения заливно-лагунного побережья; БЗА – прибрежных частей, БЗП – полуизолированных частей побережья; ОЗ – отложения застойных и заболачивающихся озер: ОЗЗ – застойных, ОЗУ – заболачивающихся; КС – отложения мелких прибрежных водотоков; АР – русловые отложения речных долин; ОВ – отложения открытых озерных водоемов; КП – пролювиальные отложения (две первые буквы аббревиатуры обозначают макрофазию, третья – фазию) [1].

логичных литоциклов в угленосных толщах [3]. Значительно увереннее ЛЦ-II выделяются на детальном ФК, где достаточно надежно выделяются и ЛЦ-I, или элементарные литоциклы (ЭЛЦ). В порядке выделения ЛЦ-II сверху вниз по разрезу тюменской свиты приведем их краткое описание с расположением внутри них коллекторов, прогнозируемых в основном по данным каротажа.

ЛЦ-II-1 имеет мощность по изученным скважинам от 18 до 33 м, сложен преимущественно мелководно-бассейновыми отложениями (БМ, БП). В основном имеет отчетливо-трансгрессивную природу. В верхней своей части включает коллектор Ю₂, в нижней – Ю₃.

ЛЦ-II-2 при значительно меняющейся мощности, от 18-22 до 35 м, существенно различен и по фациальному составу (БМ, БП, БЗ, АР, КС, ОЗ, ОВ), т. е. имеет специфический переходный облик. Регрессивный или нейтральный, включает очень «растянутый» по разрезу коллектор Ю₄.

ЛЦ-II-3 варьирует по мощности от 25 до 45 м, представлен преимущественно озерно-аллювиальными отложениями (ОЗ, КС, АР), замещающимися заливыми (БЗ) и отчасти – мелководно-бассейновыми (БМ, БП). Нейтральный или трансгрессивный. Включает коллекторы Ю₅ (верхняя или средняя часть литоцикла) и Ю₆.

ЛЦ-II-4 имеет мощность 35-38 м. Верхние его 5 – 8 м представлены угленосными отложениями (реже угольными пластами мощностью 0,1 – 0,5 м), накапливавшимися в условиях застойных и заболачивающихся озер (ОЗЗ, ОЗУ), которые явились основным маркирующим горизонтом. Литоцикл сложен озерно-болотными, аллювиальными и заливыми отложениями (ОЗ, АР, БЗ), иногда представлен пролювиально-озерными осадками (ОЗ, ОВ, КП), слагающими последние 5 – 15 м. Характер – отчетливо трансгрессивный, включает коллекторы Ю₇, Ю₈ и Ю₉.

Каждый из ЛЦ-II состоит из трех (редко двух или четырех) ЛЦ-I, что характерно для подавляющего большинства терригенных угленосных толщ [1, 3]. Как указано выше, ЭЛЦ, особенно в нижней части разреза тюменской свиты, уверенно могут коррелироваться только в пределах отдельных месторождений. Необходимо отметить, что смена природы ЛЦ-I как раз подтверждает правильность выделения ЛЦ-II.

Модель строения тюменской свиты севера Шаимского НГР

В последние годы обострились разногласия в подходах к стратиграфическому расчленению раннемезозойских отложений Западно-Сибирского мегабассейна в целом и Шаимского нефтегазосносного района – в частности в связи с большим количеством региональных стратиграфических схем и увеличением числа «местных» стратотипов [4]. Проблема усложняется еще и тем, что в построениях схем корреляции, геологических разрезов и т. п. не всегда учитывается закон Головкинского-Вальтера, из которого непреложно следует, что литологически выдержанные и хорошо коррелируемые горизонты (пласты, пачки, свиты) «скользят» по времени. К тому же при изучении отложений тюменской свиты, накапливавшихся во внутриконтинентальной обстановке (иначе, практически «немых»), палеонтологические исследования, используемые в классической стратиграфии, в основном не дают положительных результатов.

В связи с этим целесообразным будет выделение *тюменской формации*, так как отложения данной толщи по единству геотектонической и фациальной (палеогеографической) обстановок своего формирования полностью соответствуют этому определению. Это совпадает с мнением, высказанным в работе [7] о выделении заводоуковской (тюменской) формации для Среднего Приобья. С методической точки зрения предлагаемый подход к расчленению исследуемого объекта предусматривает в качестве обязательной процедуры установление и прослеживание закономерностей в чередовании пород, т. е. *цикличности* [5], что в практическом плане упрощает процедуру прослеживания на площади как формации (подформации) в целом, так и включаемых в нее пластов-коллекторов – в частности.

С учетом изложенного подхода модель расчленения тюменской формации для севера Шаимского нефтегазосносного района соответствует результатам, показанным в работе [6], и, существенно дополняя их, выглядит следующим образом:

– *Нижняя* аллювиально(пролювиально)–озерная подформация соответствует ЛЦ-II-4, описанному выше (tm-1 – tm-6).

– *Средняя* «переходная» озерно–аллювиально–заливовая подформация соответствует ЛЦ-II-3 (tm-7 – tm-8).

– *Верхняя* мелководно–бассейновая подформация, имеющая наиболее широкое развитие, – ЛЦ-II-1 и ЛЦ-II-2 (tm-9 – tm-11).

Заключение

Предлагаемый лито(цикло)стратиграфический подход к расчленению осадочных толщ, показанный на примере континентальных терригенных отложений тюменской формации (свиты) севера Шаимского нефтегазосносного района, имеет высокую разрешающую способность. Во-первых, выделяемые литоциклы хорошо прослеживаются на площади, чем повышают надежность стратиграфической корреляции. Во-вторых, дан-

ная методика, имеющая генетическую основу, позволяет с высокой степенью достоверности восстановить условия формирования исследуемых терригенно-осадочных отложений. Предполагается, что описанный подход применим и к другим осадочным толщам Западно-Сибирского мегабассейна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Алексеев В. П.* Литолого-фациальный анализ. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2002. 147 с.
2. *Алексеев В. П., Федоров Ю. Н., Газалеев С. С., Печеркин М. Ф., Русский В. И., Свечников Л. И.* Цикличность как рациональная основа стратификации терригенных толщ (применительно к отложениям тюменской свиты Западно-Сибирского мегабассейна) // Изв. УГГГА. Вып. 18. Сер: Геология и геофизика, 2003. С. 32-38.
3. *Ботвинкина Л. Н., Алексеев В. П.* Цикличность осадочных толщ и методика ее изучения. Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. 336 с.
4. *Западная Сибирь* // Геология и полезные ископаемые России. Т. 2. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 477 с.
5. *Маслов А. В., Алексеев В. П.* Осадочные формации и осадочные бассейны: Учеб. пос. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. 203 с.
6. *Миткарев В. А., Левчук М. А., Сазоненко Д. Ф., Топешко В. А.* Геологическое строение среднеюрского продуктивного комплекса Шаимского НГР // Особенности геологического строения и разработки месторождений Шаимского нефтегазоносного района. Урай-Тюмень, 2002. С. 75-83.
7. *Северное Приобье Западной Сибири.* Геология и нефтегазоносность неокома (системно-литологический подход) / Ю. Н. Карогодин, В. А. Казаненков, С. А. Рыльков, С. В. Ершов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. 200 с.

СТРОЕНИЕ СЛОЖНЫХ ПОЛИСТАДИЙНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ В ЭКЗОКОНТАКТЕ АДУЙСКОГО ГРАНИТНОГО МАССИВА

*СТАРИЦЫНА И. А., науч. руководитель проф. ЕМЛИН Э.Ф.,
Уральская государственная горно-геологическая академия*

Одной из очень распространённых форм нахождения минералов в земной коре являются жилы. Образование жилы начинается с возникновения трещины в горной породе. Когда стенки трещины приоткрываются, в образовавшемся пространстве начинается кристаллизация жильных минералов. При растяжении горных пород происходит сброс давления, в трещине давление меньше, чем в окружающих породах. Это благоприятное условие для кристаллизации. Тектонические трещины, прежде всего, заполняются минералами кремнезёма и карбонатами. При понижении давления растворимость SiO_2 резко падает, гидротермальный раствор становится пересыщенным, и кремнезём выпадает в осадок. То же самое происходит, если в растворе присутствует карбонат, с этим процессом связано карбонатное равновесие в морских бассейнах. Далее мы приведём примеры как раз кварцевых и кварц-карбонатных жил.

Жилообразование – чаще всего процесс гидротермальный или гидротермально-метасоматический, то есть в нём участвуют растворы. Зарождение минералов в жиле из раствора может происходить двумя способами (Григорьев, 1961). Во-первых, зародыши минералов могут самопроизвольно возникать в пересыщенном гидротермальном растворе. Во-вторых, осаждение минерального вещества может происходить на уже готовых затравках. Нередко на стенках открывшейся трещины встречаются зёрна породообразующих минералов того же минерального вида, что и минералы будущей жилы. Например, зёрна породообразующего кварца часто являются затравкой для зёрен жильного кварца. Кристаллизация на готовых затравках является более энергетически выгодной, чем образование затравок в растворе. Минералы заполняют трещину полностью, образуя гидротермально-жильный агрегат. Плоскости, которые отделяют жилу от вмещающей её породы, называются зальбандами. Жила имеет два зальбанда. Чаще всего жилообразование связано с гидротермальными процессами. Эти процессы влияют не только на жилу, но и на вмещающую породу, с этим связано околорудное метасоматическое изменение пород. Пример такого метасоматического изменения хорошо известен в жилах Берёзовского месторождения. На контактах кварцевых жил часто прослеживаются процессы березитизации или лиственитизации.

Минералы, слагающие жилу, срстаются, образуя агрегат. Агрегаты могут быть различными: По степени зернистости: мелко-, средне- и крупнозернистые. Д. П. Григорьев (1961) выделял агрегаты, признаком отличия которых является геометрический отбор. Это параллельно-шестоватые агрегаты I и II типов. Общее в этих агрегатах то, что все индивиды в них имеют столбчатый облик и расположены параллельно друг другу.

Параллельно-шестоватый агрегат I типа растёт в условиях геометрического отбора. Сначала на стенках трещины появляются центры кристаллизации. Они возникают именно на границе раздела породы и гидротермального раствора, то есть на зальбанде. Энергетически это более выгодно, чем самопроизвольное зарождение центров кристаллизации в растворе. Зародыши очень мелкие, поэтому свободно растут, не соприкасаясь друг с другом. Увеличиваясь в размерах, зародыши начинают соприкасаться с соседними индивидами – образуется друза, агрегат сросшихся незакономерно ориентированных кристаллов. Между индивидами происходит геометрический отбор, «выживают» только индивиды, ориентированные направлением максимальной скорости роста перпендикулярно зальбанду. Все индивиды выглядят одинаково и имеют одинаковую ориентировку в результате геометрического отбора. Зона геометрического отбора обязательно присутствует в основании агрегата I типа. Параллельно-шестоватый агрегат I типа образуется при условии, что скорость роста индивидов намного меньше, чем скорость раскрытия стенок трещины.

Параллельно-шестоватый агрегат II типа растёт в стеснённых условиях узкой трещины. Скорость роста по любому кристаллографическому направлению превышает скорость раскрытия стенок трещины. Трещина приоткрывается очень медленно, микропульсационно. Жильные индивиды успевают заполнять приоткрывшуюся трещину полностью, от стенки до стенки, геометрического отбора между ними не происходит, индивиды могут расти любым своим кристаллографическим направлением. Растущий жильный агрегат заполняет всё пространство жилы, нет свободного пространства для образования граней свободного роста кристаллов или хрусталеносных полостей.

Жилы, сложенные различными типами агрегатов, часто образуют системы сложных составных жил. Это могут быть пересекающиеся или составные системы жил.

Первый пример. На рис. 1 представлена система пересекающихся кварцевых жил в березите с Берёзовского месторождения. Жилы сложены параллельно-шестоватыми агрегатами I типа. Мощность самой крупной жилы 3 см, остальные три жилы имеют мощность по 1 см. По пересечению жил можно определить их возрастное взаимоотношение. Крупная жила образовалась раньше остальных. Она заполнена массивным молочно-белым кварцем без друзовых пустот. В жиле присутствуют кубики пирита, замещённого гётитом. Взаиморасположение жил интересное. Две кварцевые жилы параллельны друг другу. Одна из жил пересекает их под углом, близким к прямому, другая – по диагонали. На рис. 1 хорошо видно, что одна из жил смещена. Таким образом, в этом образце представлена система тектонических трещин в трёх чётко выраженных направлениях. Два направления перпендикулярны друг другу, третье идёт по диагонали.

Второй пример. Образец с жилы Придорожной отличается от сложных полистадийных жил Берёзовского месторождения, описанных выше, тем, что сопряжённые жилы, представленные в данном образце, образуют параллельную систему жил, хотя и сложены также параллельно-шестоватым агрегатом I типа. Наблюдается сопряжение нескольких кварцевых жил, образующих составную жилу. Жильный кварц непрозрачен, имеет молочно-белый цвет. В полостях видны кристаллы кварца призматического габитуса, развиты грани призмы и ромбодекаэдров. Сопряжённые кварцевые жилы различаются по мощности и по размеру индивидов, не во всех жилах присутствуют друзовые полости. Жилы разделены между собой тонкой полоской вмещающей породы серо-зеленоватого цвета, которая соответствует положе-

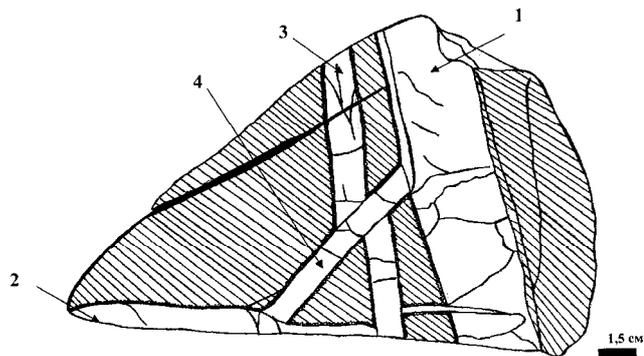


Рис. 1. Система пересекающихся кварцевых жил, сложенных параллельно-шестоватым агрегатом I типа, в березите. Берёзовское золоторудное месторождение, Ушаковский карьер. Цифрами обозначена последовательность образования жил, начиная от самой ранней к самой поздней

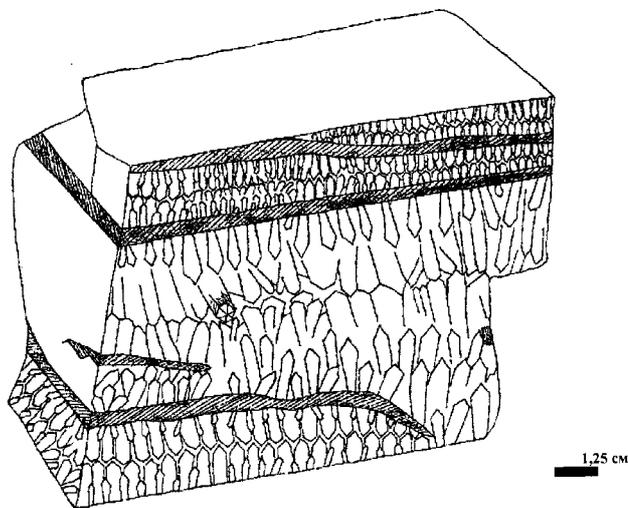


Рис. 2. Система сопряжённых жил I типа. Жила Придорожная. Штриховкой показаны прослойки вмещающей породы между жилами, маркирующие положение зальбанды

нию зальбанда. Всего выявлено пять жил. Наибольшая жила расположена в центральной части образца, имеет мощность 5 см. Эта жила осложнена хрусталеносной полостью, а также ложным зальбандом (в левом нижнем углу рис. 2). Хорошо известны случаи, когда вдоль зальбанда крупной жилы образуется наложенное хрусталеносное гнездо. Но данный образец уникален тем, что в нём сопряжены сразу пять жил. Причём каждое новое раскрытие трещины происходило строго вдоль зальбанда предыдущей жилы, не нарушая её. Отметим, что направление растяжения при тектонических подвижках во время образования полистадийной жилы,

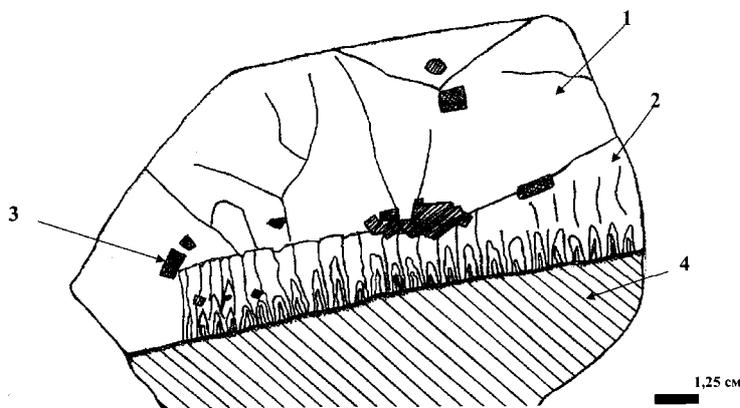


Рис. 3. Система сопряжённых жил I и II типов. Берёзовское золоторудное месторождение, Ушаковский карьер. Условные обозначения: 1 – агрегат I типа; 2 – агрегат II типа; 3 – пирит; 4 – вмещающая порода

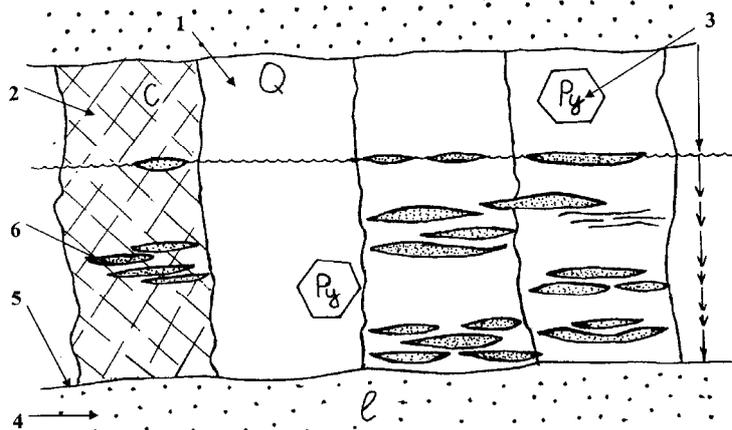


Рис. 4. Система сопряжённых параллельных микрожил II типа с книжной текстурой (схема). Берёзовское золоторудное месторождение, Ушаковский карьер. Условные обозначения: 1 – кварц, 2 – карбонат, 3 – пирит, 4 – лимонит, 5 – зальбанд, 6 – линзы книжной текстуры. Стрелками слева на рисунке изображены микроимпульсы раскрытия трещины

Четвёртый пример. Интерес представляет сложное сопряжение структур – это кварц-карбонатная жила с Берёзовского месторождения. Эта жила состоит из двух частей (рис. 4): одна часть представлена гётит-кварц-карбонатным параллельно-шестоватым агрегатом II типа (мощность жилы 1 см), другая – кварц-карбонатным агрегатом I типа (мощность жилы 5 см). Примечательно, что гётит участвует только в строении агрегата II типа, и его практически нет, только в виде единичных псевдоморфоз гётита по кристаллам пирита в агрегате I типа. Кварцевая жила расположена в выветрелом лимоните, общая мощность жилы 6 см. Кварц в жиле молочно-белый, непрозрачный, в некоторых местах покрыт оранжевой окисной плёнкой. Жила параллельно-шестоватого агрегата II типа сложена мелкими зёрнами, а агрегат I типа – по размеру индивидов – крупнозернистый. Агрегат II типа выглядит серым, тёмным от включений сульфидов. Зерна имеют вытянутую, прямоугольную форму сечений, некоторые несколько расширяются по направлению от заль-

банд, сложенной параллельно-шестоватыми агрегатами I типа, не изменилось на протяжении всего процесса минералообразования жилы. Все жилы в данном образце субпараллельны друг другу, нет диагональных, пересекающихся жил, как в первом примере (см. рис. 1), с Берёзовского месторождения.

Третий пример. В другом образце с Берёзовского золоторудного месторождения обнаружено сопряжение множества микрожил, сложенных параллельно-шестоватым агрегатом II типа. Механизм образования единой сложной жилы следующий. Скорость роста индивидов в жиле по любому кристаллографическому направлению превышает скорость раскрытия трещины, поэтому трещина очень быстро заполняется жильным веществом от стенки до стенки. Это первая микрожила. Как уже было описано выше, это параллельно-шестоватый агрегат II типа, поэтому геометрического отбора нет. Далее образуется новая микротрещина, вдоль зальбанда предыдущей микрожилки, при этом на жильном агрегате могут оставаться фрагменты вмещающей породы, которые маркируют положение зальбанда. Эти фрагменты породы, заключённые внутри жильного агрегата и образующие параллельную систему включений, называются книжной текстурой (рис. 3). Трещина может открываться многократно, количество открытий микротрещин можно посчитать по количеству включений книжной текстуры. В жиле мощностью 1,5 см в одном из кварцевых зёрен, которое протягивается от одного зальбанда до другого и полностью заполнено включениями книжной текстуры, находится 83 линзочки книжной текстуры. То есть единая сложная жила мощностью 1,5 см состоит из 83 тонких микрожил.

банда к центру жилы. При гипергенезе сульфиды заместились лимонитом и гётитом, и поэтому границы кварцевых зёрен высвечены оранжевым цветом. Порода, вмещающая жилу, выветрелая, но не рыхлая, имеет тёмно-оранжевый цвет. Зальбанда жилы чёткий, резкий. В агрегате II типа есть некоторая асимметричность. Это выражается в том, что больше всего сульфидов расположено у зальбанда, то есть в нижней части агрегат наиболее тёмный.

Таким образом, нами рассмотрены следующие разновидности сопряжённых полистадийных жил:

A. Система *пересекающихся* жил, сложенных параллельно-шестоватыми агрегатами I типа.

B. Система *составных* жил:

- Система жил, сложенная параллельно-шестоватыми агрегатами Iо типа.
- Система жил, сложенная параллельно-шестоватым агрегатом II типа, проявлена на микроуровне.
- Составная система сопряжённых жил I и II типов.

Практическое значение исследования сложных составных жильных агрегатов следующее:

1. Изучение сложных составных жил позволяет произвести типизацию жил, выявить связь между минералогией жильных агрегатов и тектоникой жильных полей.

2. Типизация жил, сложенных параллельно-шестоватыми агрегатами I типа, может помочь в проведении минералогического картирования с целью нахождения свидетельств наличия горного хрусталя.

3. Параллельно-шестоватые агрегаты II типа отмечают динамику тектонических процессов месторождения. В агрегатах II типа установлена связь между историей минерального агрегата и сложной тектонической историей месторождения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Григорьев Д. П. Онтогенез минералов. Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1961. 285 с.
2. Старицына И. А. Изучение параллельно-шестоватого агрегата II типа с полосами книжной текстуры (северная часть Березовского золоторудного месторождения, Средний Урал) // Уральская минералогическая школа. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. С. 125-127.
3. Старицына И. А. Онтогенез агрегатов жильного кварца (Березовское месторождение золота, Средний Урал): Магистерская диссертация. Екатеринбург, 2003. 90 с.

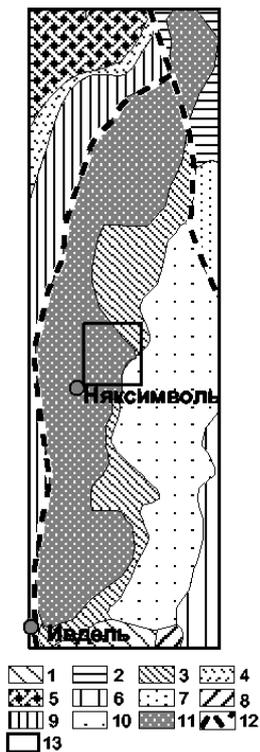
ОЦЕНКА МОЩНОСТИ ТРИАСОВЫХ БАЗАЛЬТОВ В СЕВЕРО-СОСЬВИНСКОМ ГРАБЕНЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

САЖНОВА Т. А., науч. руководитель проф. КОРМИЛЬЦЕВ В. В.,
Уральская государственная горно-геологическая академия

Получена оценка мощности триасовых базальтов методом магнитометрии с учетом данных гравиметрии и сейсморазведки. Оценка основана на особенностях магнитного поля трехмерной пластины ограниченной вертикальной мощности

В работах [1-3] на основе геолого-геофизического изучения области сочленения Приполярного Урала и Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна составлена геологическая карта доюрского фундамента Северо-Сосьвинского района масштаба 1:500000 на площади листов Р-41-I; II; VII; VIII; XIII; XIV; IXX; XX. Выделен, как региональная структура, сопоставимая по масштабам со структурно-формационными зонами второго порядка, субмеридиональный Северо-Сосьвинский грабен, размерами 350 на 25-70 км, сложенный вулканогенными и осадочными толщами триаса (рис. 1).

На территории выделяется три структурных этажа: нижний – это Уральский складчатый пояс, претерпевший коллизию в позднем палеозое; средний – собственно триасовый Северо-Сосьвинский грабен; верхний – юрские и более молодые осадки Западно-Сибирского мегабассейна. Выдержанность свойств последних создает возможность проводить глубинное картирование фундамента, базируясь на аномалиях гравитационного и магнитного полей. Сочетание плотностных и магнитных свойств, использование характерных морфологических признаков геологических объектов, аналогии физических полей над открытыми и погребенными структурами позволило составить кондиционную карту фундамента при недостаточном числе опорных скважин. Согласно этой карте, грабен практически полностью находится в зоне Тагильского мега-синклинория, палеозойские структурно-вещественные комплексы которого на западе и востоке участка выходят на поверхность эрозионного среза фундамента (см. рис. 1). Триасовый Северо-Сосьвинский грабен – это молодая триасовая структура растяжения, наложенная на уральские комплексы. Грабен отчетливо выражен в гравитационном поле, как область пониженных значений силы тяжести. Гравитационная ступень в его



западном борту свидетельствует о сбросе значительной амплитуды или резком флексуобразном погружении палеозоя. Установлено, что грабен имеет асимметричное строение. Из слагающих его формаций нижняя базальтовая выходит на предъюрскую поверхность на востоке, образуя полосу шириной около 10 км. Верхняя же базальт-терригенная формация выходит на предъюрскую поверхность западнее, а ее мульды, заполненные терригенными отложениями верхнего триаса, расположены в западной части верхней базальт-терригенной формации. Таким образом, чем дальше на восток, тем более нижние слои заполнения грабена выходят на предъюрскую поверхность. Подобный поворот крупных блоков земной коры характерен для областей растяжения и вызывается их смещением с вращением по листрическому разлому. В данном случае можно обоснованно предполагать листрический характер разлома вдоль западного борта грабена, сброс и вращение вдоль которого, по всей видимости, и создали наблюдаемую структуру.

Рис. 1. Структурно-формационные зоны и Северо-Сосьвинский грабен [5]:

1 – Верхотурско-Исетская; 2 – Войкарская; 3 – Восточно-Тагильская; 4 – Западно-Тагильская; 5 – Ляпинская; 6 – Пельмская; 7 – Сертыньинская; 8 – Сосьвинско-Адуйская; 9 – Центрально-Тагильская; 10 – Ялбыньинско-Пониловская; 11 – грабен; 12 – шовные зоны; 13 – границы интерпретационного участка

Предложена схема формирования Северо-Сосьвинского грабена, соответствующая геолого-геофизическим данным и состоящая из двух этапов (рис. 2):

– I этап (ранний-средний триас). Постколлизивное растяжение Урала, формирование грабена, ограниченное сбросами, образование базальтовой и базальт-терригенной формаций.

– II этап (поздний триас). Формирование листрического разлома в западном борту грабена. Поворот по этому разлому крупного блока земной коры, в результате чего нижние слои выполнения грабена вышли на уровень эрозионного среза. В западной части – формирование мульд, заполняемых терригенной толщей позднего триаса.

По данным К. С.Иванова и Ю. Н.Федорова, при угле наклона внутренних сейсмических границ 5° ориентировочная исчисленная мощность нижней базальтовой формации составит 2170 – 3050 м, а верхней базальт-терригенной 1300 – 2000 м (не считая дополнительной мощности триасовых осадочных отложений в мульдах). Ни одна из имеющихся здесь пяти глубоких скважин (до 4,4 км) не вышла из отложений триаса. Поэтому столь важны определения мощности триасовых базальтов по геофизическим данным. К сожалению, сейсмическая граница между базальтами нижнего триаса и их палеозойским основанием прослеживается неотчетливо. В данной работе мощность базальтов и долеритов оценена в местах развития их магнитных разностей, исходя из специфической структуры аномального магнитного поля над тонкими пластинами.

Вычисления 3D аномального поля с учетом размагничивания выполнены по программам А. Н. Ратушняка, основанным на интегральном уравнении для напряженности магнитного поля [4]

$$H = H_0 - \frac{1}{4\pi} \text{grad}_A \int_V \kappa H \frac{r}{r^3} dV,$$

где κ – магнитная восприимчивость (в ед. СИ); H_0 – напряженность земного магнитного поля. Для тонких сильно магнитных пластин, какими являются базальтовые тела, размеры покровов которых намного превышают их вертикальную мощность, учет размагничивания обязателен.

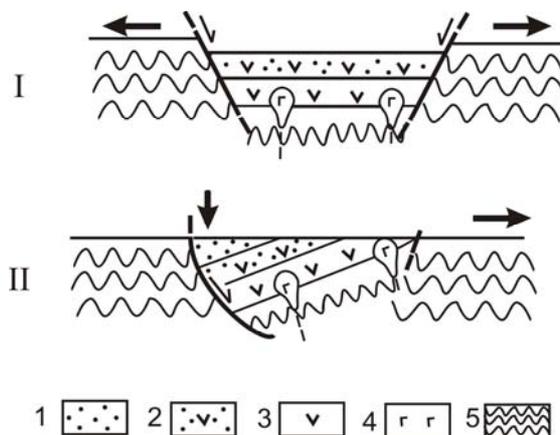


Рис. 2. Схема формирования Северо-Сосьвинского грабена:

1 – терригенная толща верхнего триаса; 2 – базальт-терригенная формация среднего триаса; 3 – базальтовая формация раннего-среднего триаса; 4 – габбро; 5 – палеозойские отложения [1]

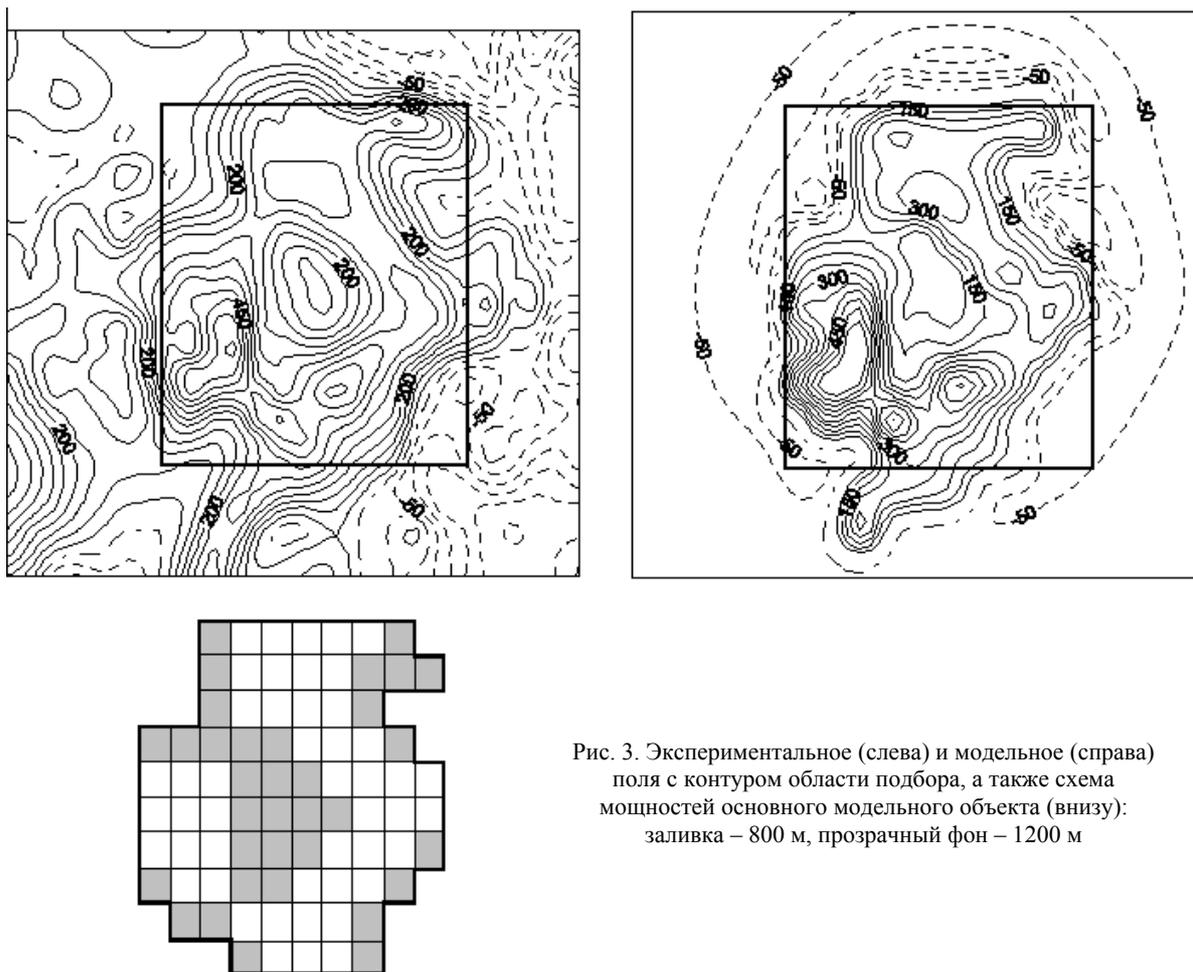


Рис. 3. Экспериментальное (слева) и модельное (справа) поля с контуром области подбора, а также схема мощностей основного модельного объекта (внизу): заливка – 800 м, прозрачный фон – 1200 м

При подборе использовали нормальное поле для эпохи, соответствующей времени аэромагнитной съемки, априорные сведения о мощности осадочного чехла (около 2 км), которая определяет положение верхней кромки магнитных масс. Ввиду определенного числа элементов модели (300) при подборе уделяется основное внимание совпадению экстремумов точек модельного и экспериментального полей и общих контуров аномалий. Учтены также сведения о гравитационном поле, указывающие на вероятный подъем более плотного и немагнитного палеозойского основания грабена в центре модели. Моделью является тонкая пластина базальтов $27 \times 32 \times 1,2$ км, по-видимому, обогащенных магнетитом. Относительная магнитная проницаемость базальтов составляет от 1,05 до 1,2. Мощность пластины к восточному краю и в центре, где имеется подъем палеозоя, уменьшается (рис. 3). Подбор осуществлялся таким образом, чтобы минимизировать вариации магнитной проницаемости, особенно в области центрального относительного минимума, который является диагностическим признаком маломощного субгоризонтального объекта. В результате интерпретации определены контуры основного объекта. Его мощность в центре и на восточном краю модели составляет 700-900 м. Наибольшая мощность не превышает 1100-1300 м. Используемые региональные алгоритмы и приемы подбора трехмерной модели могут быть применены для оценки мощности базальтовых покровов в других районах Западно-Сибирского мегабассейна.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Геологическое строение и стратиграфия триасовых отложений Северо-Сосьвинского грабена / Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Кормильцев В. В., Захаров С. Г. и др. // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Шестая научно-практическая конференция. Том 1. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2003. С. 114-123.
2. Геология зоны сочленения Урала и Западно-Сибирской платформы (Северо-Сосьвинский район) / Федоров Ю. Н., Иванов К. С. и др. // Изв. УГГА. Вып. 18. Серия: Геология и геофизика. Екатеринбург, 2003. С. 14-25.
3. Строение и природа области сочленения Урала и Западной Сибири / Иванов К. С., Федоров Ю. Н., Коротева В. А. и др. // ДАН. 2003, т. 393. № 5. С. 1-5.

4. Кормильцев В. В., Ратушняк А. Н. Моделирование геофизических полей при помощи объемных векторных интегральных уравнений. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 1999. 88 с.

5. Структурно-формационные зоны Приуральской части Западной Сибири / Иванов К. С., Кормильцев В. В., Федоров Ю. Н. и др. // Уральский геофизический вестник. № 6. Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004 (в печати).

САМОРОДНОЕ ЗОЛОТО ИЗ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ И РОССЫПЕЙ СЕРЕБРЯНСКОГО РУДНО-РОССЫПНОГО УЗЛА

ЛЕЖЕПЕКОВ М. А.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Среди многочисленных россыпей золота на западном склоне Среднего Урала месторождения долины р. Серебряной отличаются исключительно высокой продуктивностью. Объектами исследования являются: золотое оруденение в зоне выветривания Хионинско-Елизаветинского рудного поля и Серебрянское россыпное месторождение, а предметом рассмотрения в этой работе – самородное золото из кор выветривания и россыпных отложений долины р. Серебряной.

Серебрянская россыпь приурочена к Вишеро-Висимской эрозионно-структурной продольной депрессии мезозойского заложения. По данным поисковых и геологоразведочных работ (Семерун и др., 1965), месторождение имеет протяженность более 17 км при ширине промышленного контура от 70 до 900 м. В строении россыпи принимают участие мезозойские аллювиальные и карстовые ($J_{2,3}$ - K_2), раннемиоценовые (N_1^{1-2}) аллювиальные, позднемиоценовые аллювиально-делювиальные (N_1^{2-3}) и четвертичные аллювиальные (Q_{2-4}) отложения.

Плотик в западной и центральной частях россыпи представлен силурийскими и девонскими (S_1 - D_2) терригенно-карбонатными породами – закарстованными известняками и доломитами, глинистыми сланцами. Западный борт россыпи ограничивается дайковыми телами трахитов, трахибазальтов раннего-среднего девона [4] и кварцитопесчаниками среднего девона. Восточный борт россыпи сложен мощной мезозойской корой выветривания линейно-карстового типа, развитой по углеродсодержащим метатерригенным породам позднего рифея. Здесь размещается ряд субширотно ориентированных плиоцен-четвертичных россыпей. К югу от д. Кедровки золотоносные четвертичные отложения также прослежены на участке пересечения р. Серебряной эрозионно-структурной депрессии и слагают хвостовую часть месторождения.

До последнего времени вопрос о коренных источниках золота оставался открытым. Прогнозно-поисковые работы, проведенные Геолого-поисковой партией по благородным металлам Уральской геологосъемочной экспедицией (Савельева и др., 2003), позволили получить новый фактический материал, который дает возможность рассматривать россыпную и коренную золотоносность под углом зрения их пространственно-генетической взаимосвязи.

Известные золоторудные проявления и месторождения золото-малосульфидно-кварцевого типа локализованы в пределах узкой (1-2 км) пластины метатерригенных позднерифейских пород, обнажающихся на восточном склоне эрозионно-структурной депрессии. С запада рудовмещающая толща (колпаковская свита R_3kp) находится в тектоническом контакте (Тылайско-Промысловский разлом) с терригенно-карбонатными породами силура и нижнего-среднего девона, а с востока ограничена зоной Главного Уральского глубинного разлома (ГУГР). В этой зоне закартированы крупные тела габбро-долеритов и дайки плагиигранитов, сопоставляемые по возрасту с поздним ордовиком (Шилов и др., 1989).

Наиболее крупными объектами являются Хионинское и Елизаветинское месторождения. Они представлены сериями невыдержанных по простиранию и падению субширотно ориентированных (65 - 115°) карбонат-кварцевых и кварцевых жил и прожилков с крутым падением (70 - 88°) как на север, так и юг. Продуктивность жил невысокая.

Геологическое и минералого-геохимическое изучение углеродсодержащих пород колпаковской свиты (R_3kp) позволяет отметить, что рудоносный терригенный комплекс претерпел ряд стадийных изменений. Рудовмещающая пачка представлена тонкопереслаивающимися песчаниками, углеродсодержащими алевропесчаниками и глинистыми сланцами, сформированными в условиях мелководного шельфа континентального склона древних рифейд. Содержание органического углерода низкое – 0,1-0,2 % мас. Региональный фон для углеродсодержащих пород колпаковской свиты составляет по платине 13 мг/т, палладию 12 мг/т, золоту 20 мг/т и серебру около 100 мг/т (Золоев и др., 2003).

В зоне ГУГР отложения интенсивно дислоцированы и деформированы оперяющими надвиговыми и разрывными структурами, а породы превращены в плейчатые углеродисто-серицитовые и кварц-серицитовые сланцы с акцессорной вкрапленностью пирита кубической формы, доломита, рутила, хлорита и эпидо-

та. Сланцы характеризуются повышенным геохимическим фоном золота – в среднем 58 мг/т (Сухоруков, 1978).

Дайковый комплекс (νFeO_3 (?)) представлен протяженными (200-300 м) телами мощностью до 20-30 м и маломощными (1-2 м) дайками метадолеритов и андезитов (?), преобразованных при метаморфизме в рассланцованные актинолит-эпидот-хлоритовые и эпидот-кварц-хлоритовые породы. Контакты с вмещающими сланцами резкие, нередко тектонические.

Гидротермально-метасоматические образования листовит-березитовой формации включают в себя: зоны послонной вкрапленности сидерита, зоны прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации и секущие кварцевые и карбонат-кварцевые, полевошпат-карбонат-кварцевые жилы и прожилки.

Золотоносные секущие кварцевые и полевошпат-карбонат-кварцевые жилы и прожилки субширотной ориентировки локализованы во внутренних зонах рудно-метасоматических колонн и сопровождаются послонными и секущими зонами «осветления» темно-серых углеродистых сланцев, ореолами мелкозернистого пирита кубической и сложных комбинированных форм. Главными рудными минералами прожилков и жил являются: пирит, халькопирит и самородное золото. Как показали ранее проведенные поисковые работы (Мамылин и др., 1979), золотое оруденение с поверхности сопровождается ореолами золота, серебра, мышьяка, свинца, меди, никеля, кобальта и молибдена.

Верхняя часть изучаемого разреза представлена мощной (до 200 м) мезозойской корой выветривания линейного и линейно-карстового типов. В корах выветривания, развитых по сланцам колпаковской свиты (R_3kp), характерно отсутствие сколько-нибудь отчетливой зональности. В разрезе мезозойского элювия отмечается сложное и крайне изменчивое чередование охристо-глинистых, глинисто-щебнистых, лимонитизированных щебнистых образований и невыветрелых пород. По данным рентгеноструктурного анализа, новообразованные минералы представлены каолинитом, гетитом, гематитом, местами монтмориллонитом и вермикулитом.

Изучение под электронным микроскопом глинистой фракции дресвяно-глинистых охристых продуктов, залегающих в разрезе (скважина С-262) в виде маломощных тел в щебнистых продуктах элювия, показало увеличение с глубиной степени кристалличности каолинита до идиоморфных кристаллов и наличие на глубине более 25 м от поверхности ультрамикроскопических пластинок, предположительно монтмориллонита. В алевритовой фракции дресвяно-глинистых пород установлено тонкое (фракции $-0,1+0,05$ и $-0,05$ мм) микрочешуйчатое золото. Эти факты свидетельствуют в пользу того, что в зоне Тылайско-Промысловского разлома проявил себя низкотемпературный гидротермально-метасоматический процесс аргиллизации.

Изучение крупности, форм и состава самородного золота из кор выветривания Хионинского месторождения и аллювиальных отложений россыпи показало их значительное сходство.

По данным изучения шлихов, *золото в корах выветривания Хионинского месторождения* в основном мелкое. Характеристика гранулометрического состава приведена в таблице. Преобладающий класс крупности $-0,25+0,1$ и $-0,1$ мм. Золотины со средним размером более 1,0 мм очень редки. Формы выделений золота преимущественно изометричные (комковидно-гнездовые) и уплощенные. Отмечаются кристаллы октаэдрической формы, реже в комбинации с гранями куба или додекаэдров. Нередки знаки брусковидной, проволоковидной и сложных форм. Золотины гемиидиоморфной, каплевидно-округлой форм и дендритовидные сростки встречаются значительно реже. Большое разнообразие форм отмечается для мелкого золота (классы $-0,25$ и $-0,1$ мм), тогда как более крупные золотины характеризуются преобладанием более простых изометричных форм. Коэффициент уплощенности изменяется в широких пределах от 1,0 до 18, коэффициент удлиненности от 1,2 до 31. Гидравлическая крупность золота обычно 1-6 см/с, максимальные ее значения достигают 50-80 см/с для единичных золотин изометричной формы с крупностью +1,0 мм. Незначительная часть золотин крупностью +0,25-0,5 мм и более содержат включения кварца, и их экспериментально установленная гидравлическая крупность будет ниже расчетной.

Характер поверхности золотин неровный, как правило, раковистый, ребристый или ячеистый, реже занозистый, тонкоячеистый. Часто отмечаются отпечатки граней кварца, карбоната, слюдистых минералов. В целом золото рудного облика, хотя единичные знаки в верхней части коры выветривания характеризуются несколько сглаженной поверхностью и низкой степенью окатанности. Цвет золотин желтый до густо-желтого, часто с побежалостью гидроксидов железа, реже светло-желтый. Пробность металла высокая от 841 до 933 пробы, средняя – 889. Основным компонентом в золоте является серебро (до 12 %), в незначительном количестве присутствует медь (до 0,6 %). Палладий, платина и ртуть либо отсутствуют, либо содержатся в количествах менее 0,1 % (Pd до 0,03 %; Hg до 0,08 %).

По крупности *золото в россыпи* преимущественно среднее и мелкое. Преобладающие классы крупности: +1,0 (20 %), +0,5 (25 %) и +0,25 (30 % и более). Классы +3,0 -1,0 мм, как и классы +0,25-0,1 и $-0,1$ мм, имеют подчиненное значение, тем не менее крупные золотины и мелкие самородки (+3,0) встречаются на отдельных участках в разных по возрасту пластах и составляют на них более 30 % всего золота. Распределение золота по крупности в золотоносных отложениях на средней и южной части Серебрянского месторождения приведено в таблице. Как видно из таблицы, коры выветривания в плотике россыпи резко отличаются по

**Распределение самородного золота по классам крупности в корах выветривания
и мезо-кайнозойских золотоносных отложений**

№ п/п	Участок	Возраст отложений	Генетический тип	Классы крупности, мм						
				+3,0	+2,0	+1,0	+1,0 -0,5	-0,5 +0,25	-0,25 +0,5	-0,1
				Количество металла, %						
1	Хионинский	Юра – мел	Кора выветривания линейного типа	–	–	0,5	1,0	7,5	18,0	73,0
2	Кладовский, Ломовский, Кедровский	Юра – мел	Кора выветривания линейно-карстового типа	–	2,3	23,4	29,2	35,4	9,3	0,4
3	Кладовский, Ломовский, Кедровский	Поздний мезозой (К ₁₋₂ -?)	Аллювий, карстовые отложения	1,7	14,9	43,4	20,2	15,1	4,4	0,3
4	Кладовский, Ломовский, Кедровский	Ранний – средний миоцен (N ₁ ¹⁻²)	Аллювий	–	10,5	24,7	24,5	24,1	15,2	1,0
5	Кладовский, Ломовский	Поздний неоген (N ₂)	Аллювиально-делювиальные отложения	–	11,0	10,0	20,4	43,2	15,1	0,3
6	Кладовский, Ломовский	Средний плейстоцен (Q ₂)	Аллювий	–	–	19,3	32,0	34,5	13,7	0,5
7	Кладовский, Ломовский, Кедровский	Верхний плейстоцен (Q ₃)	Аллювий	1,8	8,6	19,6	23,3	31,4	14,7	0,6
8	Кладовский, Ломовский, Кедровский	Голоцен (Q ₄)	Аллювий	35,8	–	4,8	15,6	24,8	15,1	3,9

Примечание. Таблица составлена по материалам Геолого-поисковой партии УГСЭ (Савельева и др., 2003) и Гороблагодатской ГРП (Лисицына, 1964).

гранулометрическому составу золота с таковыми Хионинского месторождения, что объясняется просадкой крупного золота в глинистые породы плотика.

Морфологические разновидности россыпного золота характеризуются некоторым разнообразием. Преобладают золотины изометричной и уплощенной форм. Зерна изометричной формы представлены комковидно-угловатой и комковидно-гнездовой формами. Крупные золотины обычно содержат включения кварца. Уплощенно-комковидные и более сложные формы характерны для мелкого золота (классы – 0,25 и – 0,1 мм). Уплощенные зерна характеризуются преобладанием прожилково-пластинчатых форм. Часть золота также представлена брусковидными формами. Дендритовидные сростки и кристаллические формы золотин редки. Коэффициенты уплощенности и удлиненности золотин изменяются в широких пределах – от 1,1 до 15 и более. Средний коэффициент уплощенности 3,6 при удлиненности зерен от 1 до 4.

Гидравлическая крупность золота по номограмме Львовича М. И. (1938) изменяется в пределах от 5-6 до 35 см/с и более. Большинство знаков с гидравлической крупностью более 20 см/с обычно содержат включения кварца или образуют с ним сростки. Реальные значения этого параметра будут меньше в зависимости от содержания кварца в золотилах, или наоборот.

Окатанность металла от плохой до средней. Среднее и мелкое золото характеризуется более совершенной степенью окатанности, чем самородки, крупное и очень мелкое золото (класс – 0,1). В целом по месторождению наблюдается уменьшение содержаний и крупности золота и увеличение степени его окатан-

ности вниз по течению палеопотоков с севера на юг. Тенденция нарушается появлением крупного золота «рудного» облика с низкой степенью окатанности на отдельных участках.

Поверхность крупных золотинок шагреновая, от раковистой до грубоячеистой, нередко ребристая для зерен уплощенной и удлиненной форм. Раковины часто заполнены кварцем. Реже пустоты представлены отпечатками кварца, карбоната и слюды. Мелкое золото характеризуется тонкоячеистой шагреновой поверхностью. Цвет металла густо-желтый с пленками гидрооксидов железа, марганца. Пробность золота высокая от 856 до 995, средняя пробность 910. Основными примесями является серебро от 0,38 до 11,71 % и медь от 0,02 до 3,27 %. Второстепенные элементы представлены Pd (до 0,08 %) и Pt (до 0,02 %).

Исследование изменчивости параметров россыпной золотоносности в продольном профиле месторождения свидетельствует в пользу того, что россыпь имеет сложное строение и характеризуется множественностью участков поступления металла в палеодолину с восточного ее борта.

Таким образом, можно сделать вывод, что решающий вклад в формирование крупной Серебрянской россыпи внесло золотое оруденение, связанное с листовит-березитовой формацией. Наиболее богатая (апикальная) часть рудных колонн была эродирована и снесена в Прасеребрянскую долину в мезозое. Этому способствовало широкое развитие кор выветривания и глубокого карста в зоне Тылайско-Промыслового разлома. Можно полагать, что низкотемпературный процесс аргиллизации проявил себя синхронно с формированием кор выветривания и ранних этапов формирования россыпи, что привело к наращиванию мощности «глинизированных» пород до значительных глубин (более 200 м). Однако вклад процессов аргиллизации в формировании высокопродуктивных отложений россыпи незначителен. Перспективность на выявление промышленных месторождений субповерхностного типа мелкого масштаба в пределах Хионинско-Елизаветинского рудного поля высокая.

Образование более молодых комплексов (N_1^{1-2} , N_2 , Q) россыпей связано с перемывом мезозойского аллювия. Максимальная концентрация золота отмечается в аллювии раннего миоцена. Для отложений верхнего плейстоцена и голоцена характерно появление почти неокатанного крупного золота и самородков как в ее верхней, так и в хвостовой части россыпи. Этот факт свидетельствует о разрушении ряда коренных источников в восточном борту депрессии и неравномерном поступлении металла в россыпь в четвертичный период, что отражается в резкой изменчивости продуктивности отложений этого возраста по простиранию и в разрезе.

Приведенный фактический материал позволяет в целом оптимистически оценивать перспективы территории на золотое оруденение, связанное с терригенными углеродсодержащими толщами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранников А. Г. Прогнозирование россыпей золота и их коренных источников: Учеб. пос. Екатеринбург: Изд-во УГГА, 1994. 84 с.
2. Баранников А. Г., Угрюмов А. Н. Проблемы эндогенного золотого рудогенеза мезозоя Урала // Литосфера. 2003. № 1. С. 13-26.
3. Сигов А. П., Ромашова В. И. Геолого-геоморфологические критерии прогнозирования россыпных и рудных месторождений золота Урала: Методические рекомендации. Свердловск: ПГО «Уралгеология», 1987. 121 с.
4. Суслов С. Б. Щелочные вулканы долины р. Серебрянка. Проблемы геологии Пермского Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы региональной научной конференции / Пермский ун-т. Пермь, 1998. С. 19-21.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД РАЙОНА СПАССКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ВЛИЯНИЕ ГИПСОВ НА ИХ КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ

*МИШУРИН А. В., науч. руководитель д-р геол.-минерал. наук ПАНКРАТЬЕВ П. В.,
Оренбургский государственный университет*

Характеристика гидрогеологических условий района месторождения приведена по материалам отчета о государственной гидрогеологической съемке масштаба 1:200000 листа N-39-XXIV (Донецкова А. А., Донецков Н. А. Орлова Л. П.) и кадастра подземных вод Оренбургской области.

По схеме гидрогеологического районирования Оренбургской области описываемая территория расположена в пределах Бугульминского бассейна подземных вод третьего порядка.

В районе Спасского месторождения по вертикали гидрогеологического разреза сверху вниз выделяются три зоны, отражающие гидродинамическую и гидрохимическую зональность осадочной толщи. Первая из

них – зона активного водообмена, вторая – зона замедленного водообмена, третья – зона весьма замедленного водообмена.

В зоне активного водообмена аккумулируется большая часть ресурсов пресных подземных вод, используемых для питьевого водоснабжения. Формирование их происходит под преобладающим воздействием физико-географических факторов, ведущую роль среди которых играют рельеф, климат, литологический состав пород, их ионно-солевой комплекс.

В гидрогеологическом разрезе описываемого района по литолого-стратиграфическому принципу ВСЕГИНГЕО выделяются следующие водоносные подразделения, при характеристике которых название химического состава воды приводится от меньшего компонента к большему и определяется содержанием ионов в концентрациях 20 %-эквивалентов и более, при сумме молей анионов и катионов по 100 %.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт на исследуемой территории приурочен к долине р. Садак. Площадь его распространения ограничена размерами поймы и первой надпойменной террасы и составляет 0,1-1,3 км. В составе горизонта выделяются верхнечетвертичные и современные аллювиальные отложения. Верхнечетвертичные отложения слагают первую надпойменную террасу, современные – высокую и низкую поймы. Отложения представлены разнозернистыми песками, песчано-гравийно-галечными образованиями, суглинками.

Разновозрастные отложения террасы и пойм литологически однотипны и отличаются лишь зернистостью и различной степенью окатанности пород. Учитывая это обстоятельство и принимая во внимание отсутствие каких-либо водоупоров, считаем водоносный горизонт в верхнечетвертичных и современных отложениях единым.

Мощность водовмещающих отложений изменяется в широких пределах и колеблется от 7,0 до 16,0 м.

Водообильность аллювиальных отложений весьма различна по площади и зависит от мощности, литологического состава и взаимосвязи с нижележащими водоносными комплексами.

Водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений не имеет выдержанного водоупорного ложа и залегает на верхнеказанских глинисто-алевролитовых породах третьей пачки.

Подземные воды аллювиальных образований преимущественно безнапорные, статические уровни фиксируются на глубине 1,3-5,0 м, лишь на отдельных участках, где в кровле аллювия залегают прослои глинистых пород, отмечается местный напор, достигающий 5 м. Падение абсолютных отметок уровня подземных вод повторяет уклон поверхностных вод в р. Садак.

Фильтрационные свойства аллювиальных отложений весьма различны и зависят от их мощности и гранулометрического состава, при этом коэффициенты фильтрации колеблются в широких пределах и составляют 0,2-19,2 м/сут.

Дебиты скважин изменяются от 2,2 до 4,0 л/с при понижениях уровня соответственно на 7,2 и 7,8 м.

Химический состав и минерализация подземных вод довольно пестрые и зависят в основном от состава подстилающих пород и связи с нижележащими водоносными комплексами.

В верховье долины реки Садак, до притока Камыш-Садак, где коренным ложем являются породы третьей пачки верхнеказанского подъяруса, формируются воды гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного составов с минерализацией 0,5 г/дм³ и жесткостью 2,9-4,4 мг-экв/дм³. Ниже впадения реки Камыш-Садак подземные воды аллювия становятся гидрокарбонатно-сульфатными с минерализацией до 2,3 г/дм³.

Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и подтока из нижележащих водоносных комплексов. Разгрузка подземных вод происходит преимущественно в меженный период, когда река Садак и ее притоки питаются за счет подземных вод.

Как самостоятельный источник централизованного водоснабжения водоносный четвертичный аллювиальный горизонт ввиду незначительного распространения и пестрого химсостава использовать не рекомендуется.

Водоносный аманакский терригенный комплекс распространен только на западе рассматриваемой территории. Отложения аманакской свиты представлены часто переслаивающимися алевролитами и аргиллитоподобными глинами с подчиненными прослоями и линзами песчаников, реже карбонатных образований. Общая мощность свиты до 74 м.

Водовмещающими породами, расположенными в подошвенной части свиты, являются алевролиты, нередко трещиноватые, и песчаники. Подошва водовмещающих пород повсеместно располагается на алевролитово-глинистых отложениях большекинельской свиты. Суммарная мощность опробованных водоносных пород составляет 10-22 м.

Воды преимущественно безнапорные, иногда напор составляет 10-29 м.

Подземные воды вскрываются скважинами на глубинах 18,0-50,0 м, редко более. Статические уровни устанавливаются на глубинах 18,0-25,4 м. Максимальные уровни зафиксированы на водоразделах, минимальные – в глубоких эрозионных врезках.

Водообильность рассматриваемого комплекса слабая. Дебиты скважин колеблются от 0,4 до 2,82 л/с, при понижениях уровня воды на 2,9-35,0 м. Дебиты родников от сотых долей до 0,3 л/с. Преобладают родники нисходящего типа.

В верхней части рассматриваемого водоносного комплекса формируются пресные воды с минерализацией 0,3-0,5 г/дм³. Воды по анионам гидрокарбонатные, по катионам смешанные. Минерализация родников 0,2-0,4 г/дм³.

Ограниченное распространение аманакского водоносного комплекса, его высокое гипсометрическое положение и низкая водообильность не позволяют рекомендовать его для организации как хозяйственно-питьевого, так и технического водоснабжения в районе Спасского месторождения.

Водоносный большекинский карбонатно-терригенный комплекс широко распространен на рассматриваемой территории, выходит на дневную поверхность на водораздельных пространствах и склонах.

Водовмещающими породами являются алевролиты и песчаники с прослоями известняков, реже мергелей. Часто породы по всему обводненному интервалу интенсивно трещиноватые.

Мощность водоносного комплекса изменяется в диапазоне от 30 до 45 м. Характерной чертой большекинской водоносной толщи является высокое гипсометрическое положение его подошвы и почти повсеместное вскрытие последней эрозионной сетью.

Подземные воды комплекса слабонапорные, с величиной напора от 17,7 до 26,4 м. Родники преимущественно нисходящего типа.

Статический уровень устанавливается на глубине 20,0-48,6 м в зависимости от характера рельефа.

Водообильность большекинского комплекса в целом невысокая и сравнительно непостоянная. Дебиты скважин варьируют в пределах 0,2-2,7 л/с при понижениях уровня воды от 9,4 до 33,3 м. Дебиты родников изменяются от сотых долей литра в секунду до 3,3 л/с, чаще всего составляя 0,1-0,3 л/с.

Подземные воды, формирующиеся в большекинских отложениях, преимущественно пресные с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/дм³. По преобладающим анионам подземные воды являются гидрокарбонатными. В единичных случаях воды становятся слабосолоноватыми с минерализацией до 2,5 г/дм³, что приурочено к подошве водоносного комплекса, где отмечается загипсованность пород. В этом случае анионный состав вод становится сульфатным. Катионный состав повсеместно очень пестрый, однако в целом заметно некоторое преобладание кальциево-магниевых вод. Общая жесткость колеблется в пределах 0,4-1,5 мг-экв/дм³, редко достигая 22,9 мг-экв/дм³.

Активная реакция вод во всех случаях слабощелочная, водородный показатель находится в пределах 7,4-8,6.

Условия питания водоносного комплекса весьма благоприятные, однако высокое его гипсометрическое положение не способствует накоплению эксплуатационных запасов, из-за значительной дренированности последнего. Разгрузка подземных вод происходит по эрозионным врезам в виде многочисленных родников.

Современное водопотребление из большекинского комплекса ограничено ввиду его невысокой водообильности и высокого гипсометрического положения. Поэтому чаще всего он используется при совместной эксплуатации с водоносным комплексом третьей пачки верхнеказанского подъяруса.

Водоносный верхнеказанский (третьей пачки) карбонатно-терригенный комплекс на исследуемой территории пользуется повсеместным развитием. В долинах рек Садак, Камыш-Садак, Камышла водоносная толща картируется первой от дневной поверхности, на остальной территории перекрыта более молодыми образованиями большекинской свиты.

В литологическом отношении третья пачка верхнеказанского подъяруса представлена красноцветными терригенными и карбонатными породами.

Водовмещающими породами являются трещиноватые алевролиты, песчаники, мергели, известняки, суммарная мощность которых зависит от глубины вскрытия и гипсометрического положения кровли.

Мощность водоносного комплекса составляет 18,0-41,0 м. Величина напора меняется в пределах от 1,1 до 37,3 м. Статический уровень устанавливается на глубинах 3,9-44,0 м.

Фильтрационные свойства водоносного комплекса тесным образом связаны с литологическим составом пород и степенью трещиноватости, где последняя играет большую роль. Коэффициенты фильтрации составляют 0,4-3,9 м/сут. Дебиты скважин изменяются от 1,2 до 3,5 л/с, причем повышенными значениями дебитов характеризуются отложения по долинам рек. Понижения варьируют в диапазоне 2,8-20,0 м, иногда их значения повышаются до 38,9 м.

Естественные выходы подземных вод приурочены ко всем литологическим разностям пород. Расходы родников колеблются от 0,03 до 2,0 л/с.

Подземные воды комплекса имеют сложный химический состав. Наряду с пресными гидрокарбонатными, реже сульфатно-гидрокарбонатными водами с минерализацией 0,3-0,6 г/дм³, встречены и слабосолоноватые сульфатные воды с минерализацией до 2,1 г/дм³. По соотношению катионогенных компонентов возможны самые различные типы вод, но преимущественно все же используются магниевые-кальциевые и кальциево-магниевые воды.

Главным источником, снабжающим подземные воды сульфатами, следует, по всей вероятности, считать гипсы, содержание которых увеличивается в юго-западном направлении.

По степени общей жесткости, меняющейся в диапазоне 2,7-7,6 мг-экв/дм³, воды от мягких до жестких. Активная реакция вод слабощелочная (рН от 7,4 до 8,1).

С учетом высоких фильтрационных свойств и качественного состава подземных вод водоносный верхнеказанский (третьей пачки) комплекс является наиболее перспективным для организации хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Водоносный верхнеказанский (второй пачки) карбонатно-терригенный комплекс в пределах района исследования незначительно выходит на дневную поверхность лишь у восточной рамки рассматриваемой территории по долинам рек Садак, Камыш-Садак, Иселга. На остальной территории он перекрыт отложениями третьей пачки верхней казани.

Водоносными породами являются трещиноватые алевролиты, песчаники, известняки и доломиты. Мощность водоносного комплекса изменяется от 30 до 42,5 м.

Подземные воды второй пачки верхнеказанского подъяруса вскрываются на глубинах от 30 до 90 м. Статический уровень устанавливается на расстоянии 7,0-26,3 м ниже поверхности земли. Дебиты колеблются от 1,7 до 6,3 л/с при понижениях от 5,0 до 11,0 м.

В отложениях второй пачки формируются различные по составу и величине минерализации воды. Там, где водовмещающие породы выходят на дневную поверхность или залегают близко к ней, в верхней части разреза формируются пресные гидрокарбонатные воды с минерализацией 0,3-0,7 г/дм³. При погружении водоносного комплекса под отложения третьей пачки верхнеказанского подъяруса подземные воды горизонта имеют сульфатно-гидрокарбонатный, сульфатный состав, и минерализация увеличивается до 1,7 г/дм³.

Основным поставщиком сульфат-иона в подземные воды второй пачки являются гипсы, широко развитые во всех литологических разностях пород.

Общая жесткость подземных вод отличается повышенными значениями, составляющими 4,7-19,4 мг-экв/дм³. Водородный показатель колеблется от 7,5 до 7,6, т. е. водная среда слабощелочная.

Питание водоносного горизонта осуществляется как за счет инфильтрации атмосферных осадков в местах выхода водовмещающих пород на дневную поверхность, так и за счет перетока подземных вод из перекрывающих отложений третьей пачки верхнеказанского подъяруса. Не исключена возможность подпитывания из нижележащих комплексов.

В восточной и северо-восточной частях, где верхнеказанские отложения (второй пачки) выходят на дневную поверхность или залегают близко к ней, подземные воды, формирующиеся в верхней части, могут использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения. На остальной части рассматриваемого месторождения, где он погружается под верхнеказанские отложения (третьей пачки), ввиду повышенной минерализации подземных вод водоносный комплекс может быть рекомендован для решения вопросов технического водоснабжения.

Водоносный верхнеказанский (первой пачки) терригенно-карбонатный комплекс в районе исследования повсеместно перекрыт более молодыми образованиями.

Водоносными породами служат трещиноватые известняки и мергели, реже алевролиты и песчаники. Наличие сульфатных пород (гипсов и ангидритов) является причиной повышенной минерализации подземных вод в отложениях первой пачки. Главную роль в водообильности пород играет открытая трещиноватость. Мощность водовмещающей толщи изменяется от 8 до 55 м, чаще всего составляя 20-30 м.

Подземные воды имеют напорно-безнапорный характер. Величина напора достигает 28 м.

Дебиты скважин варьируют от 0,08 до 5,0 л/с, при понижениях уровня воды от 1,8 до 50,1 м. Причем водообильность сильно снижается в юго-западном направлении при погружении комплекса. В этом направлении происходит постепенное замещение известняков доломитами, трещиноватость пород затухает.

Химический состав подземных вод, в первую очередь, определяется наличием сульфатных пород (гипсов и ангидритов). Слабосоленоватые воды с минерализацией 1,2-2,3 г/дм³ преимущественно сульфатного состава, при увеличении минерализации до 3,5-4,8 г/дм³ состав подземных вод меняется на хлоридно-сульфатный. Из катионов преобладает кальций и магний.

Общая жесткость подземных вод меняется от 11,7 до 32,8 мг-экв/дм³. Среда слабощелочная – рН колеблется в пределах 7,7-8,2.

Основная область питания водоносного комплекса находится северо-восточнее исследуемого района, где отложения первой пачки выходят на поверхность. Здесь преобладает питание атмосферными осадками, на остальной территории за счет перетоков из вышележащих водоносных толщ.

Как источник водоснабжения верхнеказанский (первая пачка) комплекс может быть рекомендован для технических нужд.

Таким образом, приведенная гидрогеологическая характеристика показывает, что по мере появления в составе водовмещающих пород гипсов происходит ухудшение качества подземных вод, что выражается в увеличении их минерализации. Также признаком вымывания гипсов является смена химического состава подземных вод с гидрокарбонатного (в аманакских и большекинельских отложениях) через сульфатно-

гидрокарбонатный (в отложениях третьей пачки верхнеказанского подъяруса) до сульфатного (в породах второй и первой пачек верхнеказанского подъяруса).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН

ВАСИЛЕНКО В. Г.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

В соответствии с Законом Российской Федерации от 3 марта 1995 г. № 27 «О недрах», с целью установления единого порядка и требований, обязательных для всех нефтедобывающих предприятий, 1 января 2000 г. были введены Правила геофизических исследований и работ в нефтяных и газовых скважинах (далее – Правила ГИРС), согласованные с Федеральным горным и промышленным надзором России.

Правила ГИРС (п. п. 21.2, 21.3) гласят: «ГИРС выполняются с помощью геофизической аппаратуры, оборудования и материалов, допущенных к применению в установленном порядке. ... К проведению измерений в скважине допускается аппаратура, прошедшая метрологическую поверку и калибровку. Работы по поверке и калибровке должны выполняться в соответствии с требованиями эксплуатационной документации и технических инструкций по ГИС и ГТИ».

Актуальность надежного метрологического обеспечения геофизических исследований возрастает в связи с более глубоким изучением сложного геологического строения нефтяных и газовых залежей.

В сложных геологических условиях нефтяных и газовых залежей месторождений Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского округов, где породы неоднородны по литологическим, коллекторским свойствам и по насыщению, к точности измерений предъявляются повышенные требования, что, в свою очередь, вызывает необходимость их надежного метрологического обеспечения.

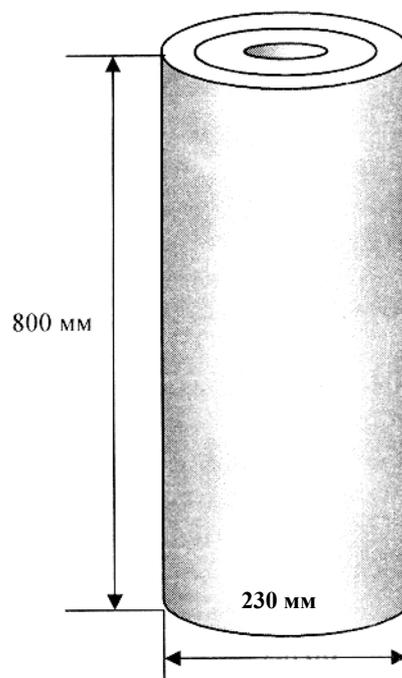
«... Производитель ГИРС должен обеспечивать качественное выполнение ГИРС и предоставление недропользователю геологической, геофизической и технической информации. Для этого он должен иметь:

- службу и систему контроля качества работ;
- систему метрологического обеспечения аппаратуры ГИС и ГТИ, отвечающую требованиям Технических инструкций;
- испытательные установки и стенды для входных и периодических испытаний аппаратуры и оборудования ГИРС, предусмотренных эксплуатационной документацией и техническими инструкциями.

В настоящее время для создания метрологических центров на уровне выполнения необходимых требований нефтедобывающих предприятий необходимо современное испытательное оборудование нового поколения. Уже сейчас в некоторых метрологических центрах и научно-исследовательских институтах техническое оснащение достигло высокого уровня для успешного решения задач геофизики.

Специалистами Института испытаний и сертификации минерального сырья были созданы насыпные модели с различными минеральным составом, пористостью и насыщением, для калибровки аппаратуры нейтронного каротажа. Модели выполнены с расширенным диапазоном значений аттестуемых характеристик.

С созданием насыпных градуировочных моделей появилась возможность контроля скважинных измерений в условиях конкретных месторождений, которая эффективно решает задачи метрологического обеспечения аппаратуры нейтронного каротажа. Однако появилась потребность в новой разработке специалистами Института испытаний. Это изготовление комплекта полевых модераторов водонасыщенной пористости (объемного водородосодержания), которые предназначены для проверки исправности аппаратуры нейтронного каротажа во время проведения геофизических работ на скважине (см. рисунок). Необходимость использования комплекта полевых модераторов появляется в случае получения сомнительных результатов измере-



Комплект полевых модераторов

ний в скважине либо после механических или температурных воздействий на прибор, для проверки работоспособности прибора.

Комплект модераторов изготовлен из капролона В.

Капролон В представляет собой продукт анионной полимеризации капролактама ГОСТ 7850-74Е, проводимой непосредственно в форме в присутствии щелочных катализаторов и активаторов. Капролон устойчив к воздействию углеводов, масел, спиртов, кетонов, эфиров, щелочей и слабых кислот; растворяется в фенолах, концентрированных минеральных кислотах, муравьиной и уксусной кислотах; нетоксичен и не оказывает вредного воздействия на организм человека. При механической обработке в изделия из капролона разложения материала не происходит, вредные вещества не выделяются.

Модераторы КМП-1, КМП-2, КМП-3 представляют собой набор из труб № 1, № 2 и № 3, входящих в состав комплекта и вставляемых друг в друга (см. таблицу).

Геометрические характеристики модераторов

Номер модератора	Диаметр внутренний, мм	Диаметр внешний, мм	Комплект труб для сборки модератора
КМП-1	92	139	№ 1
КМП-2	92	190	№ 1, № 2
КМП-3	92	230	№ 1, № 2, № 3

Измерения объемного водородосодержания на модераторах выполняют методом стационарного нейтрон-нейтронного каротажа во время работ на скважине.

В настоящее время разрабатывается методика выполнения измерений параметра водонасыщенной пористости (объемного водородосодержания) методом стационарного нейтрон-нейтронного каротажа.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ТРАНСФОРМАЦИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ

ВИНОГРАДОВ В. Б.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Трансформации широко применяются при истолковании гравитационных и магнитных полей с целью разделения аномалий. Существует большое количество алгоритмов преобразования полей [1]. Для проведения расчетов необходимо задать параметр преобразования, смысл которого и правила определения не совсем ясны. Чаще всего параметр преобразования определяется по результатам пробных расчетов при его различных значениях. В. Н. Страхов и В. И. Аронов предложили проводить преобразования поля на основе истокообразных аналитических аппроксимаций поля. Достоинством истокообразной аппроксимации является то, что в качестве параметра используются массы (магнитные моменты в случае магнитного поля) и глубины, т. е. величины, имеющие ясный смысл.

В. Н. Страхов предложил [2] алгоритмы F- и S-аппроксимаций, которые предусматривают глобальную аппроксимацию поля на всей изучаемой площади. Это неизбежно влечет за собой необходимость решения плохо обусловленных СЛАУ сверхбольшой размерности ($N > 100000$), а следовательно, и необходимость разработки алгоритмов для решения таких задач. Долгаль А. С. использовал глобальную аналитическую аппроксимацию потенциальных полей для приведения данных, полученных в результате измерений в горной местности, на внешнюю горизонтальную плоскость и расчета некоторых трансформаций на ней [3].

Однако можно использовать локальную аппроксимацию поля в скользящем окне, например шаблон 11×11 . Для решения СЛАУ небольшой размерности существует много алгоритмов, свойства которых хорошо изучены, а сами алгоритмы многократно проверены на практике [4]. Применение локальной аппроксимации сокращает время вычислений, не требует применения сложного программного обеспечения.

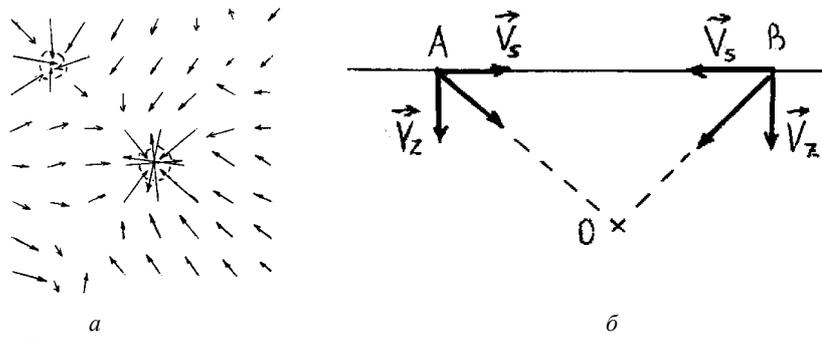


Рис. 1. План векторов V_s для модельного примера (а), определение местоположения центра тяжести аномалиеобразующего объекта по векторам V_s и g (б). Кружками показаны контуры проекций аномалиеобразующих объектов

Автором составлены программы вычисления параметров истокообразных аналитических аппроксимаций, представленных набором точечных масс и вертикальных магнитных диполей, а также программы вычисления второй вертикальной производной гравитационного потенциала V_{zz} , горизонтальной составляющей вектора силы тяжести g_s (V_s), магнитного потенциала W . Векторы поля в гравиразведке широко использовались на протяжении десятков лет (1930 – 1970 гг.). Интерпретация векторных данных проще, чем силы тяжести, поскольку вектор g направлен к источнику (если избыточная плотность отрицательная, то от источника). По известным векторам g_z и V_s можно построить векторы силы тяжести g , которые пересекаются в центре тяжести аномалиеобразующего объекта. На рис. 1, а представлены результаты для модели гравитационного поля, состоящей из пяти источников, три из которых аппроксимируют региональный фон и находятся за пределами площади. На рис. 1, б показан пример определения местоположения центра тяжести аномалиеобразующего объекта (точка O на рис. 1, б).

Для наблюдаемого поля можно подобрать различные аппроксимирующие конструкции с различной глубиной залегания источников поля. Наиболее простыми конструкциями являются набор шаров для поля силы тяжести и набор вертикальных магнитных диполей для магнитного поля. По результатам проведенных расчетов для поля силы тяжести Полетаевской площади был выбран диапазон глубин расположения центров шаров 0,5 – 3 км. При проведении расчетов для других площадей соотношение между шагом сеточной модели наблюдаемого поля и глубиной залегания источников оставалось тем же.

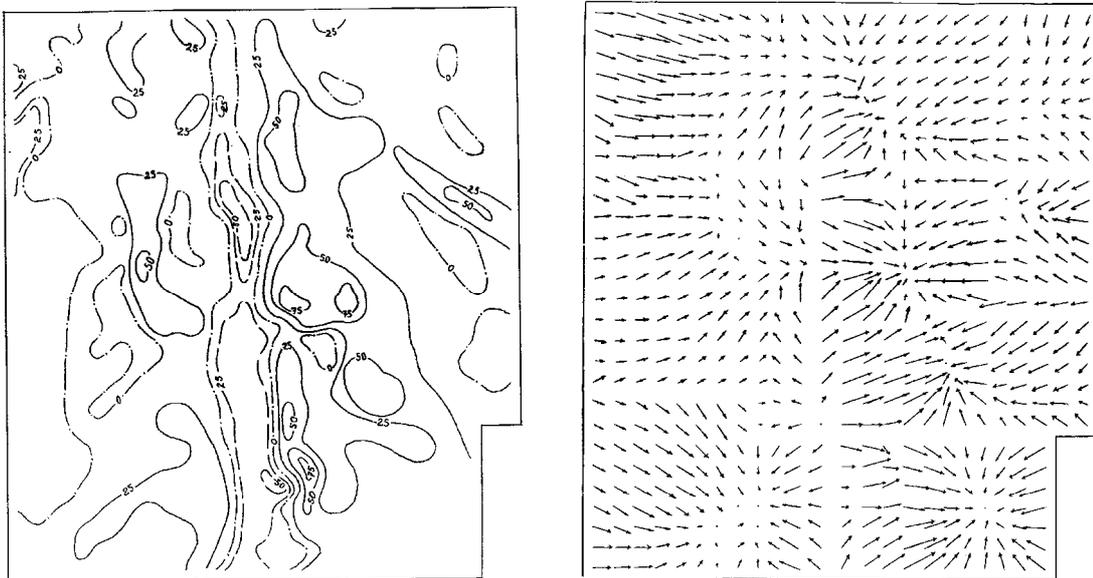


Рис. 2. Планы V_{zz} и V_s участка Полетаевской площади

На рис. 2 представлены результаты вычисления трансформаций с помощью истокообразной аппроксимации поля силы тяжести на небольшом участке Полетаевской площади. Съемка проведена в рамках геологического доизучения территории масштаба 1:200000. На плане векторов V_s четко видно местоположение центров тяжести источников аномалий.

При проведении археологических исследований результаты интерпретации магнитной съемки необходимо представлять на следующий день после проведения работ, так как в процессе раскопок последовательно ежедневно снимается слой за слоем грунта. На рис. 3, а-г представлены результаты истокообразной аппроксимации магнитного поля на одном из раскопов архитектурного памятника «Палатки I». Масштаб работ 1:50, размеры раскопа 4 × 4 м. Расчеты проводились для расположения вертикальных магнитных диполей в горизонтальной плоскости, глубина которой менялась (0,5, 1, 2, 3 м). Это позволило провести своеобразное «зондирование», так как на каждом уровне ярко проявляются те источники (керамические изделия, железные предметы и т. п.), глубина которых близка глубине аппроксимирующей конструкции. На рис. 3, г-д приведены результаты аппроксимации для глубины 3 м. Эта глубина больше глубины кровли гранитов – ближайшей к поверхности магнитоактивной поверхности. В этом случае возможно построение нескольких вариантов плана изолиний, так как положительные и отрицательные значения магнитных моментов располагаются в шахматном порядке. Истинным является план на рис. 3, е. На нем четко виден распад магнитного поля.

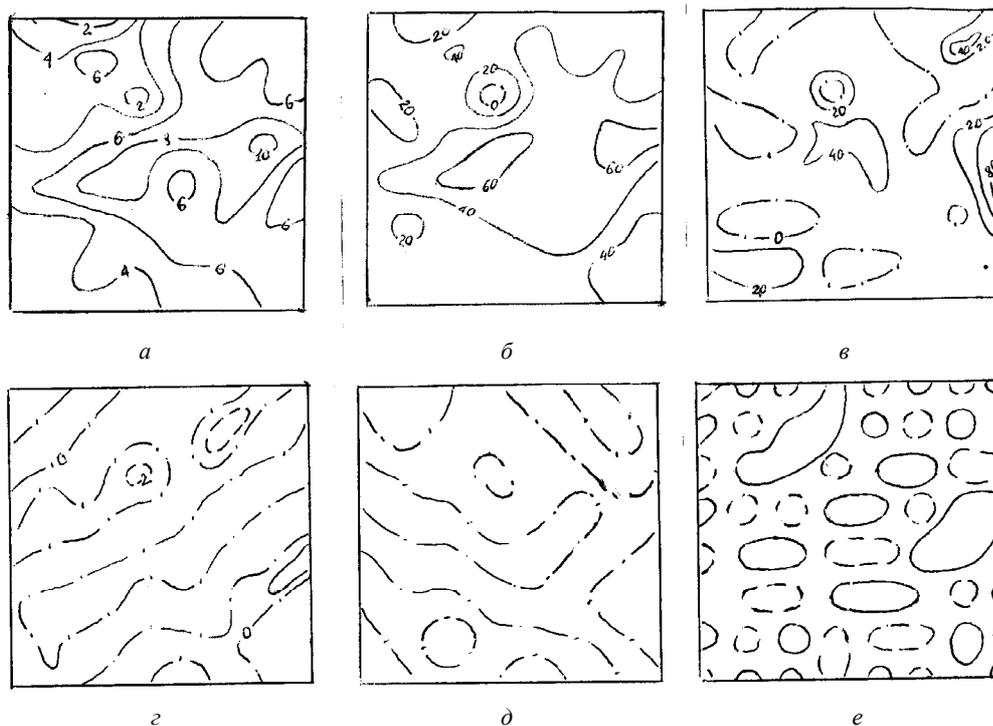


Рис. 3. Изолинии магнитных моментов на одном из раскопов археологического памятника «Палатки I» при глубинах источников 0,5, 1, 2 м (а, б, в). Варианты планов изолиний магнитных моментов того же участка при глубине 3 м (г, д, е)

Применение предлагаемой методики обработки и интерпретации будет особенно эффективным при толковании результатов наземно-подземной гравиметровой съемки, которая все чаще применяется в шахтах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Гравиразведка: Справочник геофизика* / Под ред. Е. А. Мудрецово́й, К. Е. Веселова. М.: Недра, 1990. 607 с.
2. *Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей*. Ч. 2. М.: ОИФЗ РАН, 2002. 84 с.
3. Долгаль А. С. Компьютерные технологии обработки и интерпретации данных гравиметрической и магнитной съемок в горной местности. Абакан: Фирма «Март», 2002. 188 с.
4. Бабенко К. И. Основы численного анализа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. 744 с.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

ШАНГИНА Е. И.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

При разработке каких-либо технологических процессов часто приходится решать различные многопараметрические задачи. Среди большого многообразия решаемых задач к ним можно отнести задачи исследования многокомпонентных систем – полиметаллические сплавы, сложные минералы, горные породы и т. д., которые изучаются не только для выяснения теоретических вопросов, но и для решения важных вопросов техники, связанных с производством сложных продуктов. Сюда в равной мере можно отнести управление технологическими процессами, определение оптимальных режимов работы той или иной системы, производства и т. п.

Во всех этих случаях эксперименты направляются на выявление математической модели. При построении математических моделей следует описать модель аналитически, что соответствует обязательному написанию уравнения процесса, определяющего зависимость выходной величины или какого-либо свойства (параметра) от совокупности переменных характеристик (факторов или аргументов), влияющих на процесс. Наличие уравнения позволяет решать задачи на оптимальность. То есть уравнение даёт возможность определить наилучший режим исследуемой системы, другими словами, находить значения аргументов, при которых функция принимает наибольшее (наименьшее) значение в границах исследуемой области.

Основным методом описания процесса является установление аналитической многофакторной зависимости, которая выявляется с помощью экспериментальных данных. Экспериментальные методы с увеличением числа компонентов системы становятся трудоёмкими, а аналитические зависимости не очень наглядны, а также любое изменение технологии процесса или изменение исходных данных требует вывода новой зависимости. Геометрический подход отличается от аналитического тем, что предлагает многофакторные процессы задавать геометрическими многообразиями (отсеками поверхностей), которые называют поверхностями отклика. Геометрической моделью взаимосвязи между факторами системы может служить k -мерная поверхность (поверхность отклика, $1 \leq k \leq n-1$), где k – количество независимых переменных (факторов), оказывающих влияние на исследуемое свойство.

Всевозможные методы геометрического моделирования опираются на представление о геометрическом пространстве и его элементах. Геометрическое описание и геометрическое решение многофакторной задачи приводит к конструкции, расположенной в многомерном пространстве. Следовательно, возникает задача взаимно однозначного отображения многомерных объектов на какие-то геометрические многообразия, то есть необходимость построения геометрической изоморфной модели. Изоморфизм исходного пространства подтверждается подсчетом параметров полученного множества. В данной статье представлен краткий обзор известных геометрических моделей многомерных пространств.

Чертеж, показанный на рис. 1, был предложен как модель четырехмерного пространства [18]. Голландский математик Схоуте в 1902 году подробно описал способ построения комплексного чертежа четырехмерных фигур. Этот чертеж содержит четыре плоскости проекций: xy , yz , ty , tz . А в 1916 году немецкий исследователь Буке [16] применил этот метод для изображения пятикомпонентных химических систем в виде соответствующих проекций пентатопа. Четыре независимые координаты x , y , z , t , которыми определяется каждая точка пентатопа, Буке изображает в соответствии с четырьмя компонентами пятерной системы. Поместив один из компонентов в начало координат, он откладывает остальные вдоль каждой из взаимно пересекающихся координатных осей: a – вдоль оси Ox ; b – вдоль оси Oy ; c – вдоль оси Oz ; d – вдоль оси Ot .

Полученные таким образом отрезки на координатных осях, взятые попарно, дают изображение состава системы в виде четырех точек. Вместо единой фигуры, охватывающей систему в целом, получают четыре самостоятельные фигуры, каждая из которых представляет связь каких-либо двух попарно взятых компонентов системы.

Недостаток метода Буке-Схоуте заключается в том, что здесь дается связь только между каждыми двумя попарно взятыми компонентами, а не между всеми компонентами системы в целом. Чтобы полностью охватить все взаимоотношения между каждыми двумя попарно взятыми компонентами системы, требуется еще два изображения.

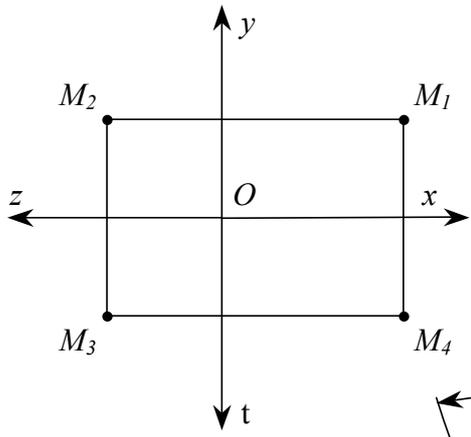


Рис. 1

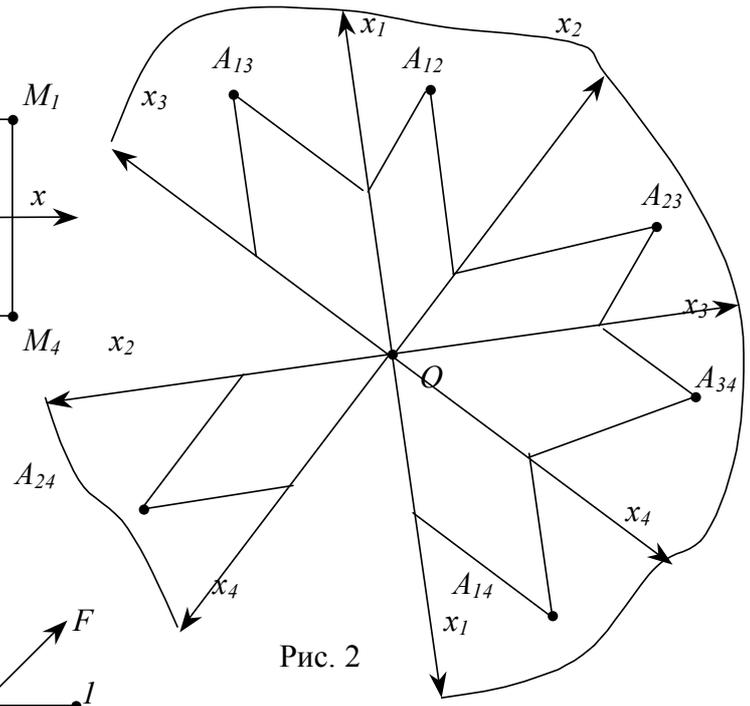


Рис. 2

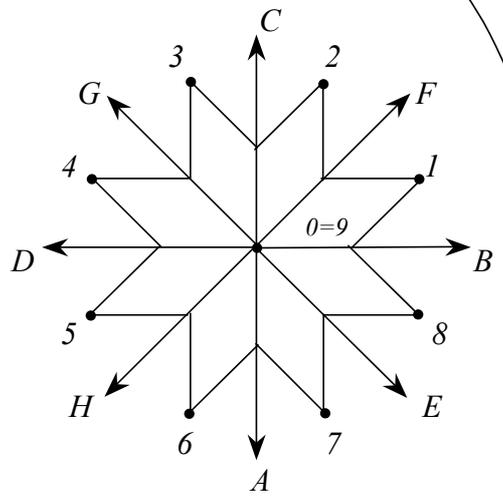


Рис. 3

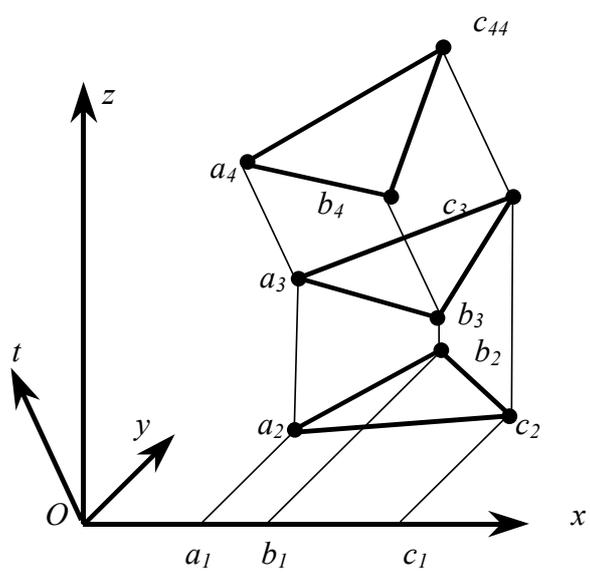


Рис. 4

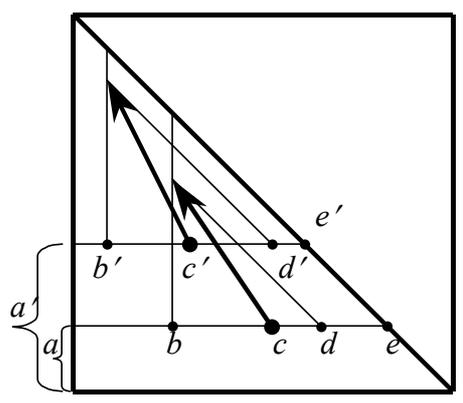


Рис. 5

В работе [2] предложен чертеж, отличающийся от предыдущего тем, что содержит все плоскости координатной системы. Пример такого чертежа показан на рис. 2.

Чертежи, рассмотренные в работах [16, 18], можно использовать для изображения систем с большим количеством измерений. Так, в работе [17] автор развил этот метод, заменив прямоугольные координаты косоугольными ($\alpha=45^\circ$). Он предложил разделить центральный угол на $(n-1)$ равных частей. Каждая точка представлена при этом $(n-1)$ точками, по одной в каждом из полученных секторов, не считая тех дополнительных изображений, которые должны строиться, чтобы представить все плоскости проекций (рис. 3).

В работе [1] предложено изображение многокомпонентных систем методом спиральных координат. По этому методу координаты точки последовательно откладываются друг за другом, образуя выпуклую ломаную линию. Каждой проекции при этом приписывается определенное направление. Недостаток данного чертежа заключается в том, что при изображении многомерной фигуры (или многокомпонентной системы) происходит наложение линий, затрудняющее чтение такого чертежа (рис. 4).

Для изображения составов многокомпонентных систем получил распространение чертеж, предложенный в работе [3]. Этот метод является векторным, причем все векторы, изображающие составы системы, направлены только снизу вверх. На рис. 5 изображен такой чертеж. Строится квадрат, сторона которого принимается за 100 %, так как сумма процентного содержания компонентов a, b, c, d, e по методу Лодочникова равна 100 %. На вертикальной стороне квадрата снизу вверх откладывается отрезок, отвечающий процентному содержанию одного из компонентов (например a), затем через конечную точку полученного отрезка проводится прямая, параллельная горизонтальной стороне квадрата, на которую последовательно откладываются величины отрезков b, c, d, e , причем конец отрезка e должен расположиться на диагонали квадрата, а из конца отрезка d проводят прямую, параллельную диагонали квадрата. Точка их пересечения принимается за конец вектора, изображающего данный состав. Началом его считается конечная точка отрезка c . Таким образом, все векторы направлены снизу вверх, а отличаются углом наклона, величиной и общим расположением внутри квадрата и изображают все составы системы.

Известен чертеж, на котором точка пространства определяется $(n-1)$ проекциями. Такой вид изображения был предложен Радищевым В. П. [11, 12] для изображения на 2-плоскости химических диаграмм многокомпонентных систем. Независимо от него такой же вид чертежа был использован Р. Мемке для решения задач механики [4].

В предложенном ими чертеже предварительно ортогонально проектируют точки пространства E^n на $(n-1)$ координатных 2-плоскостей прямоугольной системы Ox_1, x_2, \dots, x_n , имеющих общую ось, например x_n . Затем полученные ортогональные проекции так переводятся на 2-плоскость чертежа (ее считают совпадающей с одной из координатных 2-плоскостей), что $(n-1)$ осей, перпендикулярных x_n , отображаются в одну и ту же прямую, а ось x_n отображается в виде перпендикулярной ей $(n-1)$ прямых x_n^i ($i = 1, 2, \dots, n-1$). На рис. 6 приведен такой чертеж для четырехмерного пространства. Этот чертеж оказался наиболее удобным для изображения многокомпонентных систем, связанных с отображением соответствующих полиэдров составов.

В работах [7, 8] при построении изображения многомерных фигур рассматриваются наиболее наглядные «оптимальные» проекции – это проекция полиэдра, имеющая вид многоугольника. Она образуется параллельным проецированием полиэдра на плоскость одной из двумерных граней при таком выборе направления проецирования, что проекции нескольких одинаковых двумерных граней полностью сливаются между собой, образуя один многоугольник. Другие же 2-мерные грани имеют выраженные проекции, то есть проецируются в вершины или стороны упомянутого многоугольника. Однако для такого отображения многомерного пространства не для всякого линейного полиэдра можно получить такие проекции (пока применяются для симплексов, призм, симплонов).

В работах [5, 6] рассмотрен гиперэпюр для отображения элементов пространства E^4 . Гиперэпюр состоит из двух трехмерных полей проекций, которые расположены в одном трехмерном пространстве эпюра P^3 и связаны между собой параллельными линиями связи.

Для изображения произвольной точки A , принадлежащей пространству E^4 , на таком эпюре она проектируется ортогонально на две гиперплоскости, образуемые тройками осей декартовой системы координат $Ox_1x_2x_3x_4$, имеющие общую координатную плоскость, например, на гиперплоскости $Ox_1x_2x_3$ и $Ox_1x_2x_4$. Затем эти две гиперплоскости совмещаются и образуется трехмерный чертеж.

Точка A изображается на нем двумя проекциями A' и A'' , которые будут расположены на одной прямой, перпендикулярной к осевой плоскости Ox_1x_2 , общей для обеих гиперплоскостей проекций (рис. 7). Помимо особенностей задания на таком чертеже точек, прямых, плоскостей, гиперплоскостей пространства E^4 рассматриваются также позиционные и метрические задачи, а также задание простейших гиперповерхностей вращения: гиперконуса, гиперцилиндра и гипергиперболоида.

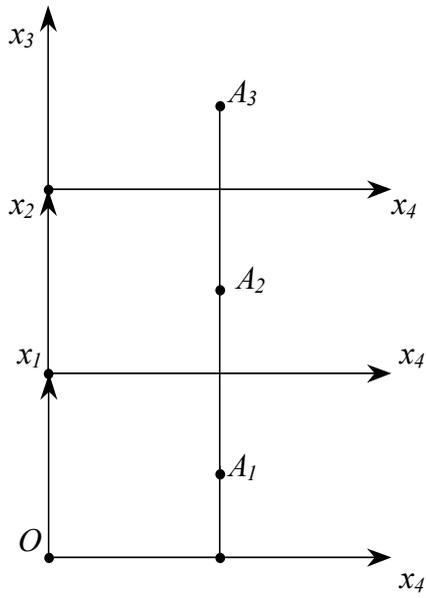


Рис. 6

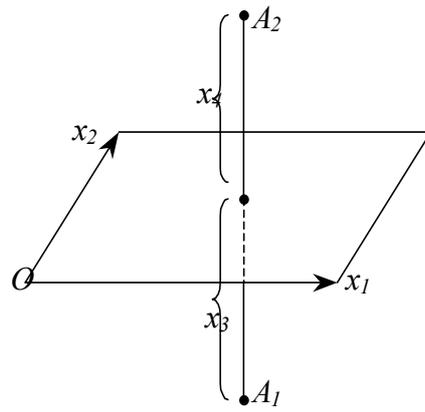


Рис. 7

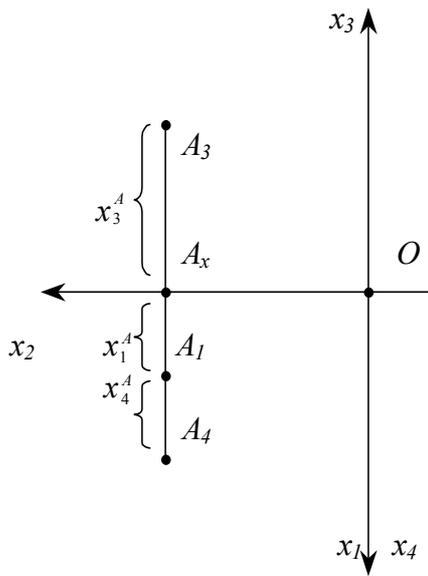


Рис. 8

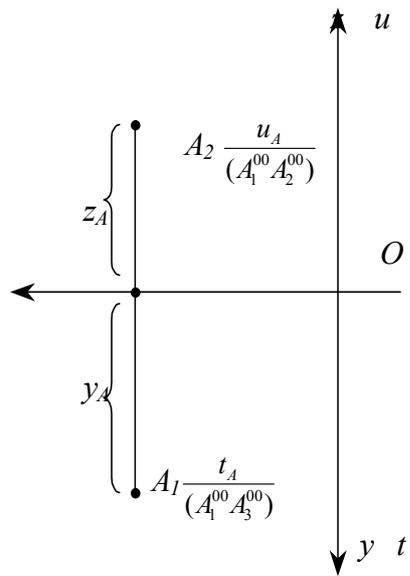


Рис. 9

В работе [15] рассмотрен другой чертеж, где точки пространства E^4 отображаются на плоскость чертежа Π^2 тройками коллинейных точек, расположенных на параллельных прямых. Получаются такие тройки иным путем. Для изображения какой-либо точки A , принадлежащей пространству E^4 , ее сначала проектируют ортогонально на координатную плоскость, например $Ox_1x_2x_3$, а затем проектируют параллельно по направлению, которое составляет угол 45° с гиперплоскостью $Ox_1x_2x_3$, и компланарно плоскости Ox_3x_4 . Тогда точка A отобразится на гиперплоскости $Ox_1x_2x_3$ парой точек A' и $A_{(3)}$, которые определяют вектор $\overline{A'A_{(3)}}$, коллинейный оси x_3 .

Далее пара точек A' и $A_{(3)}$ (или вектор $\overline{A'A_{(3)}}$) проектируется ортогонально на плоскости Ox_1x_2 и Ox_2x_3 , которые затем совмещаются в одну плоскость. При таком проектировании точка A' изобразится двумя проекциями $A_1 \subset Ox_1x_2$ и $A_1 \subset Ox_2x_3$; для точки $A_{(3)}$ проекция на Ox_1x_2 совпадает с точкой A_1 , а проекция на Ox_2x_3 изобразится в виде некоторой точки A_3 , расположенной на одной прямой с проекцией A_2 , причем A_2A_3 перпендикулярен оси x_2 , а $\overline{A_2A_3} \perp \overline{A'A_{(3)}} \perp \overline{AA'}$. В результате точка A изобразится на чертеже тройкой проекций A_1, A_2, A_3 , расположенных на одной прямой линии связи, перпендикулярной оси x_2 (рис. 8).

По аналогии можно построить комплексные чертежи точек пространств более четырех измерений.

Сохраняя векторный принцип моделирования элементов многомерного пространства, в [13] предложено длины векторов выражать на чертежах числами, приписанными при ортогональных проекциях точек трехмерного пространства и снабженными соответствующими знаками. Моделирование точек пространства E^4 векторами, параллельными оси Oy , конструктивно можно рассмотреть как результат ортогонально-параллельных проекций этих точек, отнесенных к координатной системе $Oxyz$ пространства E^4 , на координатную 3-плоскость $Oxyz$.

Начало вектора – точка A_1^{00} является ортогональной проекцией точки A , конец вектора – точка A_3^{00} – параллельной проекцией этой же точки по направлению, при котором точки оси Ot проецируются на эту плоскость без искажения отрезком $A_1^{00}A_3^{00}$. Заменяя направленный отрезок $\overline{A_1^{00}A_3^{00}}$ числом, указывающим в определенном масштабе проекцию расстояния точки A до 3-плоскости $Oxyz$, которая параллельна оси Oy , припишем это число к ортогональной проекции точки A на 3-плоскость $Oxyz$ – A_1^{00} . Затем ортогонально проецируем проекцию A_1^{00} с приписанной к ней числовой отметкой, на плоскости проекций xy и xz и совмещая эти плоскости друг с другом и плоскостью чертежа, получим ортогональный чертеж точки.

Примечательно то, что в работе [14] рассматривается отображение элементов пространства E^5 , предлагается моделировать парами векторов, выходящими из каждой точки трехмерного пространства, соответственно параллельными двум координатным осям – Oy, Oz .

Такой принцип моделирования точек E^5 конструктивно является результатом последовательного ортогонально-параллельного проецирования этих точек, отнесенных к прямоугольной координатной системе $Oxyztu$, сначала на координатную гиперплоскость $Oxyzt$, а затем – $Oxyz$. Заменяя длины $\overline{A_1^{00}A_2^{00}}$ и $\overline{A_1^{00}A_3^{00}}$ числами, приписывают их к точке A , учитывая направление этих отрезков. Проецируя, наконец, ортогонально точку A с приписанными к ней двумя числовыми отметками на плоскости xy и xz и совмещая эти плоскости друг с другом и с плоскостью чертежа, получают ортогональный чертеж и на нем изображенную точку A пространства E^5 (рис. 9). Задание линейных подпространств осуществляется в [14] методом пересечения последних с гиперплоскостями проекций (следов).

Рассмотренный выше принцип обобщен для изображения точек пространства E^n . Сущность такого метода моделирования точек n -мерного пространства заключается в последних ортогонально-параллельных проецированиях этих точек на подпространства на единицу меньшей размерности вплоть до трехмерного подпространства, ортогональный чертеж которого содержит проекции с $(n-3)$ – числовыми отметками.

Применение метода отображения геометрических элементов в проекциях с числовыми рассмотрено в работе [10]. Способами изображения диаграмм многокомпонентных систем разработаны основы метода отображения пространства E^n на k -мерной плоскости при помощи параллельной проекции с представляющими те недостающие $(n-k)$ координат, которые измеряются относительно координатных осей общей n -мерной декартовой системой координат, не принадлежащих плоскости чертежа Π^k . Наиболее полно исследован частный случай при $n = 4, k = 2$. По этому методу каждой точке A , принадлежащей пространству E^4 , отвечает проекция точки A' , снабженная двумя числовыми отметками. Установлены формы задания линейных подпространств. Так, например, любая 2-плоскость общего положения пространства E^4 отображается на чертеже двумя аффинными гомологиями особого вида, которые одинаково преобразуют одну прямую, представляющую с тождественными первыми и вторыми отметками.

В рассматриваемых аффинных гомологиях считается, что точки первого поля не имеют отметок, соответственные им точки второго и третьего полей отличаются от них первой либо второй отметкой; линии,

соединяющие соответственные точки, вырождаются в точки. Ввиду этого форма задания 2-плоскости общего положения состоит из задания прямой с тождественными отметками и произвольной точки. Прямая тождественных отметок 2-плоскости может быть определена как пересечение соответствующих прямых уровня 2-плоскости.

Плоскости r с размерностью $r > k$ отображаются на чертеже Π^k несколькими совокупностями из $(n-k)$ аффинных гомологий k -й степени, которые одинаково преобразуют соответственные плоскости тождественных отметок. Число таких совокупностей равно числу k -мерных плоскостей, которыми r -мерная плоскость определяется в пространстве E^n .

В работе [9], наряду с теоретическими вопросами по многомерной геометрии, исследуются системы эвтектического типа и приводятся приемы графического решения позиционных задач применительно к химическим системам такого вида в аксонометрической проекции.

Проведенный обзор позволяет рассмотреть образование известных комплексных чертежей, а также методы изображения различных многофакторных зависимостей. Вместе с тем продолжает оставаться актуальной проблема разработки новых методов геометрического моделирования, что позволяет находить требуемые решения разнообразных многопараметрических задач. Кроме этого, желательно, чтобы конструктор имел возможность задавать эти параметры в графическом виде. В линейных методах многомерной геометрии наибольший практический интерес представляет проблема построения моделей с минимальным числом проекций, наиболее удобных при решении инженерных задач.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Александров П. С. Теория размерности и смежные вопросы. Статьи общего характера. М.: Наука, 1978. 432 с.
2. Гумен Н. С. Графоаналитическое отображение некоторых геометрических образов многомерного евклидова пространства на подпространства низших измерений применительно к решению некоторых технических задач. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1969. 28 с.
3. Лодочкиков В. Н. Простейшие способы изображения многокомпонентных систем // Изв. ИХФА АН СССР, т. 2, вып. 2, 1924. 255 с.
4. Мемке Р. Новые построения пространственной графостатики, УМН, вып. 7, 1940. С. 31-72.
5. Наумович Н. В. Комплексный чертёж n -мерного пространства и его применение // Труды конференции по прикладной геометрии вузов Северного Кавказа. Новочеркасск, 1967. С. 74-92.
6. Наумович Н. В. Об одном методе начертательной геометрии четырёхмерного евклидова пространства // Тр. Моск. науч.-метод. семинара по начертательной геометрии и инж. графике. М., 1958. Вып. 1. С. 146-161.
7. Перельман Ф. М. Методы изображения многокомпонентных систем. М.: Изд. АН СССР, 1959. С. 130.
8. Перельман Ф. М. Изображение многокомпонентных систем по методу В. П. Радищева // Изв. Сектора физ.-хим. анализа, 1953. Т. 22. С. 21-32.
9. Первикова В. Н. Аксонометрические изображения и применение их для исследования многокомпонентных систем: Дис. ... канд. техн. наук. М.: МАИ, 1955. 384 с.
10. Подылина М. Г. Отображение 4-пространства на плоскость по методу проекций с двумя числовыми отметками и его применение для исследования многокомпонентных сплавов: Дис. ... канд. техн. наук. М.: МАИ, 1963. 145 с.
11. Радищев В. П. К теоретическому изучению многокомпонентных взаимных систем. Изв. Сектора физ.-хим. анализа. М.: АН СССР, 1953, т. 22. С. 33-63.
12. Радищев В. П. О применении геометрии четырёх измерений к построению равновесных физ.- хим. анализа. М.: АН СССР, 1947, т. 15, № 5. С. 5-35.
13. Солодовникова Э. В. Моделирование многомерного пространства методом проекций с числовыми отметками и некоторые её приложения: Дис. ... канд. техн. наук. Л., 1974. 167 с.
14. Тарчевская И. Г. Физико-химические основы флотационных методов обогащения. Свердловск: УГИ, 1991. 78 с.
15. Филиппов П. В. Многомерная начертательная геометрия и её применения. Л.: Наука, 1979. 298 с.
16. Воеке Н. Е. Eine Anwendung mehrdimensionale Geometrie auf chemisch-mineralogische Fragen // Neues Jahrb. fur mineralogie. 1916. Bd. 2. P. 109-148.
17. Eitel W. Uber Vielstoffsysteme, Zeitch. f. anorg. u. allg. Chemie, Bd.100, Leipzig, 1917.
18. Schoute P. H. Mehrdimensionale Geometrie. Leipzig, 1902. T.2. 295 p.

РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДВОЙНЫХ СПЛАВОВ ЗОЛОТА С СЕРЕБРОМ, МЕДЬЮ И ЦИНКОМ

МОРИЛОВА Л. В.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

Оптические свойства металлов и их сплавов, в частности их цвет, используются во многих отраслях современной науки и техники, среди которых — ювелирное дело, стоматология, производство зеркал и светофильтров. При этом, как правило, приходится создавать материалы с заранее заданными оптическими свойствами, например, ювелирные сплавы заданной пробы золота, оттенок которых меняется от желтого или красного до белого, зеленого или синего путем включения в сплав определенных металлических добавок (серебра, меди, цинка, алюминия и др.).

При создании материалов с заранее заданными свойствами большую роль играют различные способы прогнозирования, так как простой перебор разных сплавов путем опытного сплавления ведет к неоправданному перерасходу дорогих материалов и большим затратам времени.

Наиболее эффективный прогноз может быть сделан, естественно, если разработать теорию оптических свойств неупорядоченных сплавов. Базисной величиной для расчета всех оптических характеристик является комплексная световая проводимость [1]. Для металлов расчеты этой величины обычно проводятся для абсолютного нуля температур.

Вычисление световой проводимости металла сводится к расчету двух ее составляющих. Одна из них, так называемая внутриволновая проводимость, соответствует ускорению и последующему рассеянию электронов проводимости электрическим полем световой волны внутри одной или нескольких полос, выходящих на уровень Ферми, и находится по классической формуле Друде. Другая, так называемая межполосная проводимость, описывает квантовые переходы электронов из одной полосы (не обязательно полностью заполненной) в другую [1].

Такой подход подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями оптических свойств металлов и сплавов, обзор которых приведен в работе [2]. При расчете действительной части межполосной проводимости выбирается модель либо прямых, либо не прямых переходов, при этом зависящие от энергии матричные элементы перехода, как правило, считаются постоянными величинами.

Для неупорядоченных сплавов, по-видимому, более применима модель не прямых переходов, так как в силу нарушения трансляционной симметрии в этих сплавах имеет место существенное уширение одноэлектронных уровней [3]. Поэтому опытные зависимости оптических характеристик неупорядоченных сплавов обычно интерпретируются с помощью формулы Берглунда-Спайсера [4].

Мнимая часть световой проводимости оценивается из соотношений Крамерса-Кронига [5]. Недостатком такого подхода является необходимость знания дисперсии действительной части световой проводимости в очень большом диапазоне частот.

Еще одна трудность расчета оптической проводимости состоит в том, что независимо от выбора модели необходимо знание зонной структуры металлической системы (или плотности состояний). Определение зонной структуры является самостоятельной проблемой. Ведь если для чистых металлов и упорядоченных сплавов имеются разнообразные надежные методы зонных расчетов, то для неупорядоченных сплавов нет достаточно простых и удобных методов расчета зонной структуры «из первых принципов».

В то же время в рамках приближения когерентного потенциала (ПКП) был предложен вариант расчета плотностей состояний сплавов на основе учета реалистических плотностей состояния компонент и предположения о том, что число электронов проводимости в сплаве равно средневзвешенному числу электронов проводимости его компонент [6]. Такой метод расчета плотности состояний в сочетании с ПКП позволил достаточно хорошо описать температурные и концентрационные зависимости электросопротивления большого числа сплавов (пятнадцати двойных и трех тройных систем) [7]. Естественно предположить, что и расчет дисперсии оптических характеристик, использующий предложенный метод, приведет к разумным результатам.

Расчетные формулы

Рассмотрим систему электронов металла во внешнем переменном электрическом поле световой волны. Гамильтониан такой системы может быть записан в виде суммы основного оператора энергии электронов проводимости с учетом взаимодействия их с рассеивателями \hat{H} и малого по сравнению с ним оператора взаимодействия электронов с электрическим полем световой волны частотой ω .

Представив статистический оператор системы в виде суммы его равновесной части $\hat{\rho}$ и неравновесной малой добавки к ней, можно линеаризовать уравнение движения для полного статистического оператора по электрическому полю световой волны. Затем, введя операторы полной резольвенты

$$\hat{\mathcal{R}}_{0,5\omega}^{\pm}(\hat{H}, E) = \frac{1}{E - \hat{H} \pm 0,5\hbar\omega \mp ie}, \quad (1)$$

где $\varepsilon \rightarrow +0$, после ряда преобразований можно получить выражение для компоненты тензора проводимости, связывающей β -компоненту напряженности электрического поля с α -компонентой вызванного им тока:

$$\sigma_{\beta\alpha}(\omega) = \frac{ie^2 n_0}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} dE Sp \left\{ \hat{\mathcal{R}}_{0,5\omega}^{-}(\hat{H}, E) [\hat{\mathcal{C}}_{\beta}, \hat{H}] \hat{\mathcal{R}}_{0,5\omega}^{+}(\hat{H}, E) \hat{\mathcal{C}}_{\alpha} \right\}. \quad (2)$$

В формуле (2): e – заряд электрона; n_0 – число электронов проводимости в единице объема сплава; $\hat{\mathcal{C}}_{\beta}$ – оператор β -компоненты радиуса-вектора электрона; $\hat{\mathcal{C}}_{\alpha}$ – α -компонента оператора скорости электрона.

Формула (2) является общей и положена в основу теории дисперсии световой проводимости. Она эквивалентна формуле Кубо [8], но более удобна для введения ПКП, поскольку содержит полные резольвенты.

При отсутствии внешнего магнитного поля тензор световой проводимости непереходного металла кубической симметрии диагонален. Кроме того, такой тензор имеет одинаковые диагональные компоненты. Исходя из этих условий, индексы у световой проводимости $\sigma(\omega)$ могут быть опущены.

Для дальнейшего упрощения формулы (2) необходимо было найти в разумном приближении полные резольвенты задачи. Их можно вычислить с использованием ПКП. Для этого в формулы для световой проводимости вводится оператор рассеяния $\hat{\mathcal{F}}$:

$$\hat{\mathcal{R}}_{0,5\omega}^{\pm}(E) = \hat{\mathcal{G}}_{0,5\omega}^{\pm}(E) \hat{\mathcal{F}}^{\pm}(E) \hat{\mathcal{G}}_{0,5\omega}^{\pm}(E). \quad (3)$$

В формуле (3) $\hat{\mathcal{G}}_{0,5\omega}^{\pm}(E)$ есть диагональная в представлении основного гамильтониана системы \hat{H}_0 часть полной резольвенты:

$$\hat{\mathcal{G}}_{0,5\omega}^{\pm}(E) \equiv (\hat{\mathcal{R}}_{0,5\omega}^{\pm}(E))_{\text{diag}} = \frac{1}{E - \hat{H}_0 \pm 0,5\hbar\omega - \hat{\mathcal{A}}^{\pm}}; \quad (4)$$

$$\hat{\mathcal{A}}^{\pm} = \hat{\mathcal{E}} \mp i\hat{\mathcal{C}} \quad (5)$$

может быть назван оператором когерентного потенциала ($\hat{\mathcal{E}}$ характеризует сдвиг, а $\hat{\mathcal{C}}$ – уширение одноэлектронных уровней за счет рассеяния).

Учитывая только две полосы (полностью заполненную d -полосу и единую модельную s -полосу, включающую в себя p - и s -полосы) при рассмотрении световой проводимости, можно представить $\sigma(\omega)$ в виде суммы двух слагаемых, одно из которых соответствует внутриволновому ускорению электронов проводимости электрическим полем световой волны, а второе – межполосным переходам электронов при поглощении ими кванта света:

$$\sigma(\omega) = \sum_j \sigma_j(\omega) + \sum_{j \neq j_1} \sigma_{jj_1}(\omega). \quad (6)$$

Ограничившись случаем металлов, в сплавах которых взаимодействие электронов проводимости с электрическими полями ионов является слабым, можно опустить в выражении для проводимости слагаемые, содержащие матричные элементы оператора рассеяния.

При этом для внутриволновой проводимости (по s -полосе только, так как d -полоса в непереходных металлах уровнем Ферми не пересекается) в пределе абсолютного нуля температур получается известная формула Друде [1]:

$$\sigma_j(\omega) \equiv \sigma_s(\omega) = -\frac{i}{3} e^2 \hbar n_0 \frac{V_{sF}^2 g_{sF}}{\hbar\omega - 2i\gamma_{sF}}, \quad (7)$$

где V_{sF}^2 есть квадрат скорости электронов s -полосы, а g_{sF} – плотность ее состояний на уровне Ферми.

Формула (7) и используется для расчета однополосной световой проводимости рассматриваемых сплавов.

Для межполосной проводимости в модели непрямых переходов и без учета зависимости квадрата модуля межполосного матричного элемента скорости $|V_{ds}|^2$ от волновых векторов было получено следующее выражение:

$$\sigma_{j_1}(\omega) \equiv \sigma_{ds}(\omega) = -\frac{i}{3} e^2 \hbar n_0 |V_{ds}|^2 \int_{-\infty}^{+\infty} \int \frac{p(E) - p(E_1)}{E - E_1} \cdot \frac{g_d(E) g_s(E_1) dE dE_1}{E_1 - E - \hbar\omega + i(\gamma_d + \gamma_s)}, \quad (8)$$

где $p(E)$ – функция распределения Ферми; $g_d(E)$ и $g_s(E)$ – плотности состояний d - и s -полос.

Формула (8) лежит в основе расчета дисперсии межполосной части комплексной световой проводимости сплавов. Она позволяет вычислять как действительную, так и мнимую части этой величины.

Из выражения для действительной части межполосной проводимости, пренебрегая уширением одноэлектронных энергетических уровней за счет рассеяния, для абсолютного нуля температур получается известная формула Берглунда-Спейсера [4].

Для нахождения плотностей состояний и мнимых частей когерентных потенциалов d - и s -полос, входящих в формулы (7) и (8), воспользуемся уравнениями для ПКП. В однополосной модели проводимости для бинарного сплава такое уравнение имеет вид:

$$\Delta_j = C_A \frac{(C_B \chi_j)^2 F_j}{1 - F_j (C_B \chi_j)} + C_B \frac{(C_A \chi_j)^2 F_j}{1 + F_j (C_A \chi_j)}, \quad (9)$$

где C_α ($\alpha = \{A, B\}$) – концентрация α -компоненты сплава; χ_j – параметр, характеризующий интенсивность рассеяния электронов на примесях, который в локальном приближении не зависит от волновых векторов электронов и принимается равным $E_j^A - E_j^B$, где E_j^α – энергетический центр тяжести плотности состояний j -й полосы α -металла; $j = \{s, d\}$.

И наконец, функция Грина электрона F_j находится с использованием представления Лемана [9]:

$$F_j(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{g_j(E)}{z - E} dE. \quad (10)$$

При этом уравнения (9) решаются методом итераций.

Исходные плотности состояний s - и d -полос сплава, входящие в формулу (10), определяются из условия средневзвешенности числа электронов в данной полосе сплава от чисел электронов соответствующих полос его компонент. Выражения для плотности состояний s - и d -полос сплава и энергий их начала и конца, вариант выбора исходных модельных плотностей состояний s -полос и реалистические плотности состояний d -полос сплавов непереходных металлов приведены в работе [2].

Там же предложен способ нахождения матричных элементов скорости: в сплавах эти величины аппроксимированы их средневзвешенными значениями от матричных элементов, соответствующих чистым компонентам. Матричные элементы чистых компонент определяются по экспериментальным оптическим данным.

Результаты расчетов и сравнение с экспериментом

Были рассчитаны оптические характеристики двойных сплавов золота с серебром, медью и цинком. Все эти металлы являются непереходными, расположены в одном или в двух соседних столбцах таблицы Менделеева, и имеются достаточно надежные экспериментальные оптические данные как для самих этих металлов, так и для некоторых их сплавов.

В частности, из опытных данных следует, что все эти металлы имеют отчетливо выраженный оптический край поглощения, который определяет их цвет. В основе интерпретации наблюдаемых оптических свойств этих металлов лежит физический механизм поглощения (отражения) ими света, заключающийся в квантовом переходе электрона при поглощении фотона из заполненной d -полосы в незаполненные состояния p - и s -полос (т. е. на уровень Ферми и выше). Наличие энергетического зазора в несколько электронвольт между потолком полностью заполненной d -полосы и энергией Ферми в рассчитанных электронных спектрах данных металлов и объясняет экспериментальный край поглощения [1].

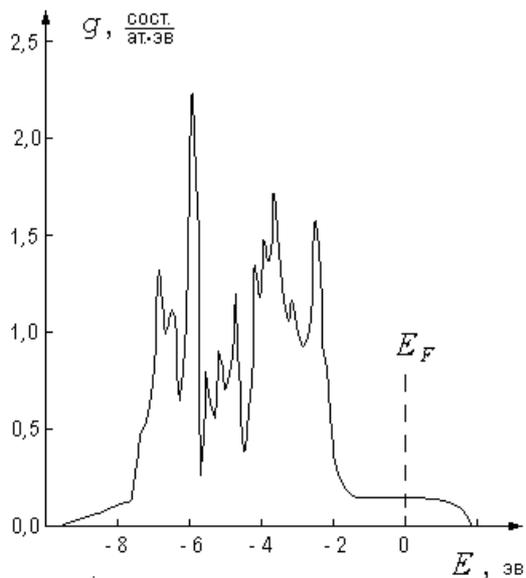


Рис. 1. Электронная плотность состояний золота [10]

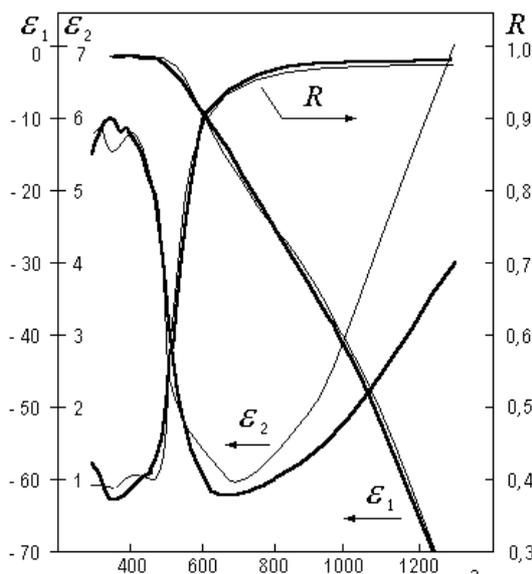


Рис. 2. Дисперсия комплексной диэлектрической проницаемости и коэффициента отражения золота:
 — результаты настоящих расчетов;
 - - - экспериментальные данные [11]

видно из этих рисунков, каждая пара соответствующих кривых имеет примерно одинаковый интервал роста (убывания). То же самое можно сказать и об областях выпуклости и вогнутости. Экстремумы этих кривых приходятся тоже примерно на одну и ту же область спектра.

Кроме того, на рис. 6 приведены концентрационные зависимости энергетического положения первого пика поглощения для систем Ag – Au, Cu – Au, Zn – Au, демонстрирующие также хорошее количественное совпадение теоретических и экспериментальных результатов. Так как первый пик (как и оптический край) поглощения непосредственно связан с цветом вещества, это свидетельствует о возможности достаточно надежного теоретического предсказания цвета сплавов этих систем.

На основе полученных формул для внутриволновой и межволновой световой проводимости и связи оптических характеристик между собой были рассчитаны дисперсия действительной ϵ_1 и мнимой ϵ_2 частей комплексной диэлектрической проницаемости, показателя преломления n , коэффициента затухания k и коэффициента отражения R как чистых золота, серебра, меди и цинка, так и трех десятков двойных сплавов золота с этими металлами в диапазоне длин волн электромагнитного излучения от 300 до 1300 нм.

Рассчитанные дисперсионные зависимости перечисленных оптических характеристик для всех чистых металлов и десяти двойных сплавов на основе золота сопоставлены с имеющимися экспериментальными данными.

Так, на рис. 1 представлена электронная плотность состояний золота [10], а на рис. 2 приведены результаты расчетов дисперсии ϵ_1 , ϵ_2 и R золота в сравнении с опытными данными [11].

Как видно из рис. 2, имеется хорошее согласие между расчетными и экспериментальными кривыми. Действительно, практически во всей исследованной области спектра значения коэффициента отражения, полученные расчетным путем, отличаются от соответствующих значений, определяемых из опыта, не более чем на 3 – 5 %. То же самое можно сказать и о действительной части комплексной диэлектрической проницаемости и коэффициенте затухания.

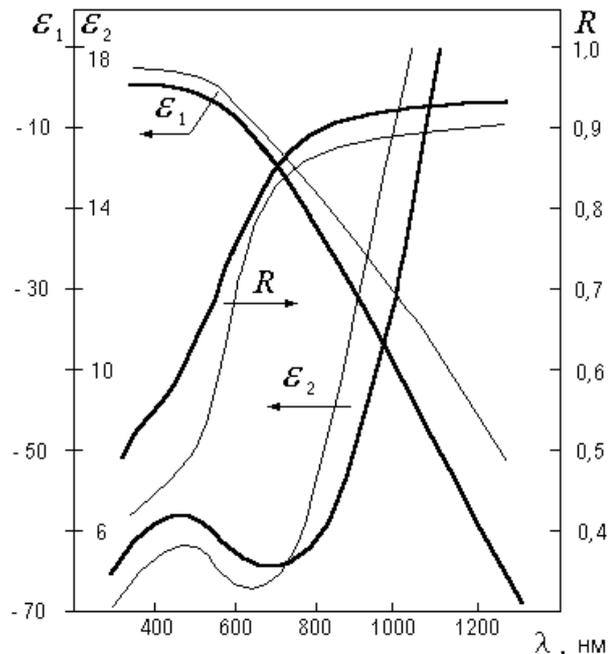
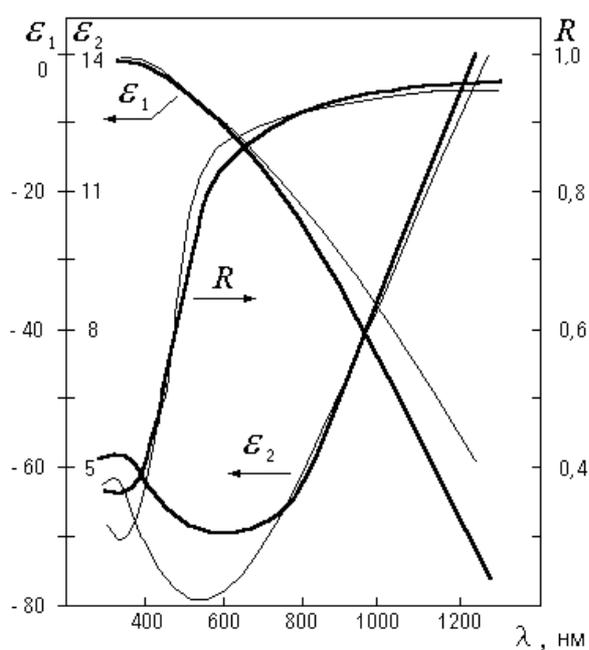
Более существенное отклонение расчетных и опытных значений наблюдается для мнимой части диэлектрической проницаемости и для показателя преломления. Например, в длинноволновом диапазоне разница между соответствующими значениями n или ϵ_2 золота достигает 50 %. Однако подобие между этими кривыми по-прежнему сохраняется, а на R это расхождение существенно не влияет.

Количественные расхождения, по-видимому, связаны с неточностями многочисленных расчетов плотностей состояний металлов «из первых принципов». Все имеющиеся результаты таких расчетов совпадают лишь качественно, отличаясь относительными высотами соответствующих пиков и расстояниями между ними. Кроме того, в расчетах не учитываются особенности структуры поверхности металлов, что является существенным при экспериментальном изучении оптических свойств металлов и их сплавов.

Сравнение расчетных и опытных данных по оптическим характеристикам двойных систем Ag – Au, Cu – Au, Zn – Au демонстрирует удовлетворительное качественное согласие между ними. На рис. 3-5 изображены данные для сплавов $\text{Ag}_{37,9}\text{Au}_{62,1}$, $\text{Cu}_{50,8}\text{Au}_{49,2}$, $\text{Zn}_{30}\text{Au}_{70}$ (ат. %). (Данные по другим сплавам этих систем имеются в работе [2]). Как

Рис. 3. Дисперсия комплексной диэлектрической проницаемости и коэффициента отражения сплава $\text{Ag}_{37,9}\text{Au}_{62,1}$ (ат. %):
 — результаты настоящих расчетов;
 - - - экспериментальные данные [12]

Рис. 4. Дисперсия комплексной диэлектрической проницаемости и коэффициента отражения сплава $\text{Cu}_{50,8}\text{Au}_{49,2}$ (ат. %):
 — результаты настоящих расчетов;
 - - - экспериментальные данные [12]



Таким образом, сравнение расчетных и опытных данных позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на ряд довольно грубых предположений (слабость взаимодействия в сплавах, средневзвешенность квадратов матричных элементов скоростей сплавов, кубическая кристаллическая решетка для сплавов с цинком и т.д.)

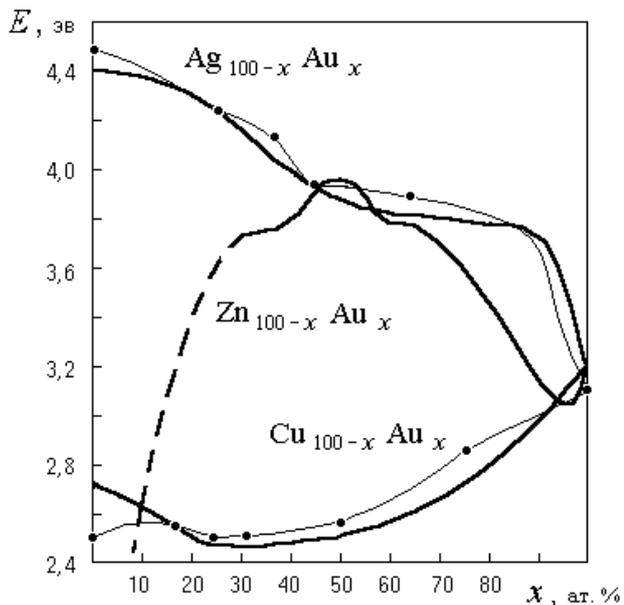
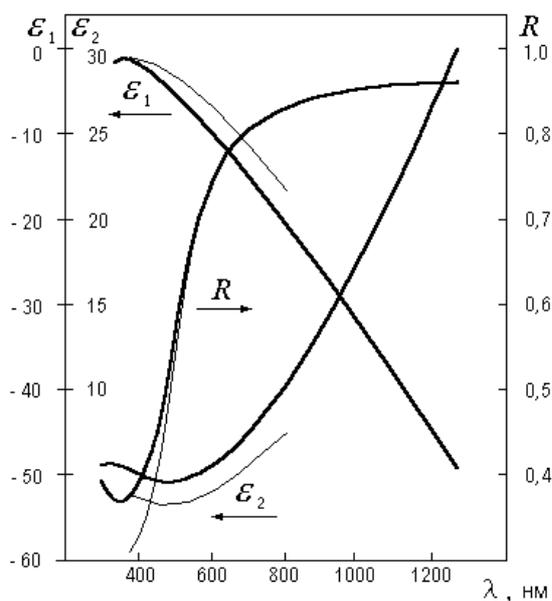


Рис. 5. Дисперсия комплексной диэлектрической проницаемости и коэффициента отражения сплава $Zn_{30}Au_{70}$ (ат. %):
 — результаты настоящих расчетов;
 — экспериментальные данные [13]

Рис. 6. Смещение первого пика поглощения в системах Ag-Au, Cu-Zn и Zn-Au:
 — результаты настоящих расчетов;
 — экспериментальные данные [14]

и вынужденное использование двух параметров для корректировки по экспериментальным оптическим данным абсолютной величины межполосной проводимости чистых металлов, предложенный метод расчета правильно описывает дисперсию всех оптических характеристик. В частности, этот метод может быть использован для прогнозирования оптических свойств неупорядоченных сплавов золота с другими непереходными металлами, например их цвета.

Следует отметить, что предлагаемый метод расчета оптических характеристик неупорядоченных сплавов может быть распространен и на неупорядоченные сплавы других непереходных металлов, а также на сплавы с участием переходных металлов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Ашкрофт Н., Мермин Н.* Физика твердого тела: В 2 т. М.: Мир, 1979. 2 т.
2. *Морилова Л. В.* Расчет оптических характеристик двойных и тройных неупорядоченных сплавов золота, серебра, меди и цинка: Дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Екатеринбург, 1998.
3. *Изменение электронной энергетической структуры* и оптических свойств в сплаве FeCo при переходе порядок-беспорядок / И. Н. Анохина, В. Е. Егоровский, С. Е. Кулькова, В. П. Фадин // ФТТ. 1981. Т. 23. Вып. 10. С. 2971-2976.
4. *Berglund C. N., Spicer W. E.* Photoemission Studies of Copper and Silver: Experiment // Phys. Rev. 1964. Vol. 136, N 4A. P. A1044-1064.
5. *Займан Дж.* Принципы теории твердого тела: Пер. с англ. М.: Мир, 1966. 416 с.
6. *Двухполосная модель когерентного потенциала* в применении к расчету остаточного электросопротивления сплавов / А. Н. Волошинский, Ю. Ю. Циовкин, Н. В. Рьжанова, Л. Ю. Вишнеков // ФММ. 1989. Т. 68. Вып. 4. С. 629-634.
7. *Электросопротивление неупорядоченных бинарных сплавов* / В. К. Руденко, А. Г. Обухов, И. Н. Саханская, А. Н. Волошинский // Производство и эксплуатация изделий из благородных металлов. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. С. 187-200.
8. *Кубо Р.* Статистическая механика необратимых процессов. 1. Общая теория и некоторые простые приложения к задачам магнетизма и электропроводности // Вопросы квантовой теории необратимых процессов: Пер. с англ. М.: Мир, 1961. С. 39-72.
9. *Эренрейх Г., Шварц Л.* Электронная структура сплавов: Пер. с англ. М.: Мир, 1979. 200 с.
10. *Christensen N. E., Seraphin B. O.* Relativistic Band Calculation and the Optical Properties of Gold // Phys. Rev. 1971. В 4, N 10. P. 3321-3344.
11. *Johnson P. B., Christy R. W.* Optical Constants of the Noble Metals // Phys. Rev. 1972. В 6. № 12. P. 4370-4379.
12. *Экспериментальное исследование зависимости цвета ювелирных сплавов от химического и фазового состава* / А. В. Дружинин, А. А. Махнев, В. М. Маевский, И. Н. Саханская, Н. Н. Голикова, В. К. Руденко. Екатеринбург, 1997. 96 с. Деп. в ВИНТИ 04.02.98, рег. N 274-B98.
13. *Морилова Л. В., Махнев А. А., Дружинин А. В., Волошинский А. Н.* Оптические свойства двойных сплавов непереходных металлов // ФММ. 1998. Т.85. Вып.3. С.82-88.
14. *Оптические характеристики и закономерности формирования цвета бинарных сплавов на основе золота, серебра и меди* / М. М. Кириллова, А. В. Дружинин, А. А. Махнев, И. Д. Лобов, И. Н. Саханская, В. К. Руденко. Екатеринбург, 1997. 59 с. Деп. в ВИНТИ 14.01.98, рег. N 31-B98.

СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННЫЕ ЗОНЫ ЗАУРАЛЬЯ И ПРИУРАЛЬСКОЙ ЧАСТИ ХМАО

САЖНОВА И. А.,

Уральская государственная горно-геологическая академия

В имеющиеся тектонические карты Урала [5, 6] необходимо внести изменения, соответствующие новой информации. Выделенные на Тектонической карте Урала масштаба 1:1000000 под редакцией И. Д. Соболева [6] структурно-формационные зоны (СФЗ) первого и второго порядков долгое время используются геологами в отчетах и публикациях. Значительная часть СФЗ второго порядка сохранила названия и очертания до сих пор, особенно в открытой части Урала. Что же касается палеозойских СФЗ, перекрытых осадочным чехлом Западно-Сибирского мегабассейна, то в этой части Тектоническая карта явно устарела по ряду причин. Главная из них та, что в пределах Северо-Сосьвинского региона, в Шаимском и Берёзовском районах, на Краснотурбинском своде и в ряде других мест появилось значительное число скважин, вскрывших комплексы доюрского фундамента. Кондиционные карты гравитационных и магнитных аномалий не были в полной мере учтены на момент редактирования Тектонической карты. Выполнено значительное число региональных сейсмических профилей МОБ-ОГТ. И, наконец, появились геологические карты доюрского

фундамента Северо-Сосьвинского и Шаимского районов масштабов 1: 500000 и 1:200000 [1, 3]. Эти карты крупных фрагментов фундамента в ключевых районах, определяющих структурно-тектоническое районирование территории, послужили основой для коррекции границ СФЗ и введения новых блоков.

Поле силы тяжести является основой для районирования закрытых территорий. Плотность пород прямо связана с их классификацией, основанной на содержании кремнезема, алюмосиликатов и железисто-магнезиальных минералов, и закономерно возрастает от кислых пород к основным и ультраосновным. Исключение составляют некоторые метаморфические породы, обогащенные магнетитом и амфиболом, но в региональном плане они имеют подчиненное значение. Кроме того, в этих случаях на помощь привлекаются данные магниторазведки. Гравитационное поле может быть использовано непосредственно для картирования СФЗ, целесообразно также предварительно преобразовать его в так называемую карту блокового строения. Согласно Е. М. Ананьевой, гравитационный блок – это участок верхней части земной коры с вертикальной мощностью до 10-15 км, отличающийся по составу и плотности слагающих его образований. Границы блоков носят преимущественно тектонический характер и проведены по зонам наибольшего градиента поля силы тяжести, контурам гравитационных и магнитных аномалий. Е. М. Ананьевой выделено семь типов блоков (рис. 1).

Характерное для Урала чередование зон прогибов и поднятий находит отображение в типе блоков. В Тагильском прогибе (Тагильской мегазоне) преобладают ультрафемические, фемические и сиало-фемические блоки с повышенной основностью разреза, в поднятиях – блоки ультрасиалические, сиалические и сиало-фемические облегченные. К востоку от Тагильского погружения располагаются Восточно-Уральское и Зауральское поднятия, вмещающие основной объем продуктов гранитоидного магматизма. В пределах этих поднятий наряду с сиалическими выделяются блоки ультрасиалического типа. Каждая СФЗ может состоять из одного или нескольких соседних блоков, близких по составу и характеру тектонического развития. Использование карты блокового строения (см. рис. 1) рассмотрим на примере структурно-формационных зон, относящихся к Зауральскому поднятию (Зауральской мегазоне). Шаимско-Кузнецовская СФЗ служит примером зоны, соответствующей единому сиалическому блоку (названия СФЗ см. на рис. 2).

Уральская СФЗ пространственно совпадает с сиало-фемическими облегченными блоками, врезка сиало-фемического утяжеленного блока связана с наложенным Половинкинским триасовым грабеном, выполненным базальтами. Тавдинская СФЗ объединяет фемический и сиало-фемические утяжеленные блоки северо-западного простираения. Она делит Зауральское поднятие на северо-восточную и южную части. Гранитоиды и обрамляющие их сланцевые толщи Шаимско-Кузнецовского поднятия отделяются Тавдинской СФЗ от южной части, получившей название Шадринской СФЗ. Последняя содержит ультрасиалические блоки, соответствующие крупнейшим гранитным массивам (Буткинскому, Шадринскому).

Приведенная редакция карты СФЗ (см. также [2, 4]) построена на принципах сохранения традиционного деления открытой части Урала и минимального видоизменения границ и названий СФЗ в закрытой части тогда, когда это продиктовано новой геолого-геофизической информацией (см. рис. 2). Основные отличия предлагаемой карты СФЗ от Тектонической карты Урала на территории Приуральской части ХМАО следующие.

Для Тагильской мегазоны сохранено традиционное деление на собственно Тагильские и Войкарскую СФЗ при несколько измененном размежевании между ними, что связано с выделением нового структурного элемента – Сертыньинской СФЗ (см. рис. 2). В пределах Тагильских СФЗ выделен триасовый наложенный Северо-Сосьвинский грабен, граничащий с палеозойскими комплексами по региональной шовной зоне. Эти предположения подтверждены бурением глубоких скважин в районе п. Няксимволь, вскрывших полный разрез эффузивных и терригенных отложений триаса.

В пределах Главной гранитной оси Урала, представленной на севере территории Ялбыньинско-Пониловской и Ангалско-Берёзовской СФЗ, вслед за Е. М. Ананьевой введен новый структурный элемент, названный Сертыньинской СФЗ. Она представлена дунитами, серпентинитами, порфиритами и их туфами, черными и глинистыми сланцами, известняками нижнего и среднего палеозоя и разделяет Ялбыньинско-Пониловское и Берёзовское поднятия, а стало быть, и гранитную ось Урала на блоки. Предполагаемое тектоническое продолжение Сертыньинской СФЗ в пределы Тагильской мегазоны может служить разделом между Тагильскими и Войкарской СФЗ. Она отнесена к Тагильскому погружению. На месте Сертыньинской СФЗ на карте И. Д. Соболева (см. рис. 2) ранее был обозначен Тутлеймско-Анеевский megsинклиорий, как структура гранитной оси. Из числа СФЗ, относящихся к Восточно-Уральскому поднятию, исключен Тальминский седловинный megsинклиорий, не создающий особенностей в гравитационном и магнитном поле. Таким образом, Ялбыньинско-Пониловский и Верхотурско-Исетский megsинклиории граничат друг с другом непосредственно. Остальные СФЗ второго порядка в Восточно-Уральском поднятии сохранили свои названия и очертания.

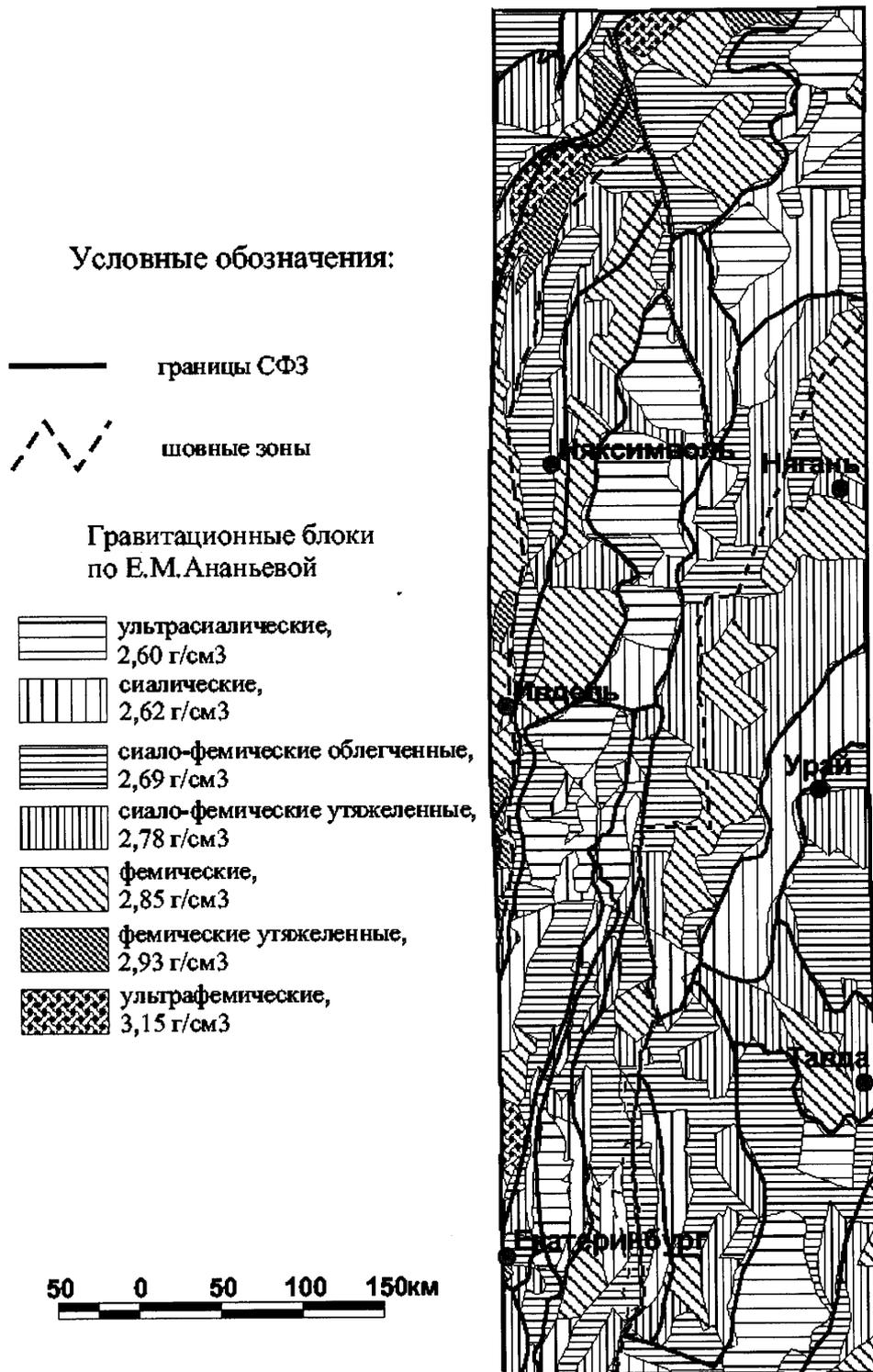


Рис. 1. Контурь СФЗ и гравитационные блоки

Условные обозначения



Шовные зоны и разломы

Структурно-тектонические зоны
второго порядка по И.Д.Соболеву

Мегасинклиории: 21-Алапаевско-Теченский,
12-Арамилско-Сухтелинский, 6-Войкарский,
16-Добринский, 8-Леушинский,
24-Медведевский, 2-Пельмский,
1-Тагильский, 5-Талицкий,
19-Тальминский, 17-Тутлеймско-Анеевский.
Мегантиклинории: 9-Ангальско-Березовский,
10-Верхотурско-Верхисетский,
13-Камышловский,
14-Ницинско-Шадринский,
23-Сосьвинско-Коневский,
25-Сысертско-Ильменогорский,
11-Шаимско-Кузнецовский,
15-Ялбыньинско-Пониловский.

Структурно-формационные
зоны

	Алапаевско-Теченская
	Ангальско-Березовская
	Арамилско-Сухтелинская
	Бельско-Елецкая
	Верхотурско-Исетская
	Войкарская
	Восточно-Тагильская
	Западно-Тагильская
	Ирбитская
	Красногвардейская
	Лемвинская
	Ляпинская
	Медведевская
	Пельмская
	Сергыннинская
	Сосьвинско-Адуйская
	Сысертско-Ильменогорская
	Тавдинская
	Урайская
	Центрально-Тагильская
	Шадринская
	Шаимско-Кузнецовская
	Ялбыньинско-Пониловская
	Тюменско-Кустанайская мегазона

100 0 100 200 км

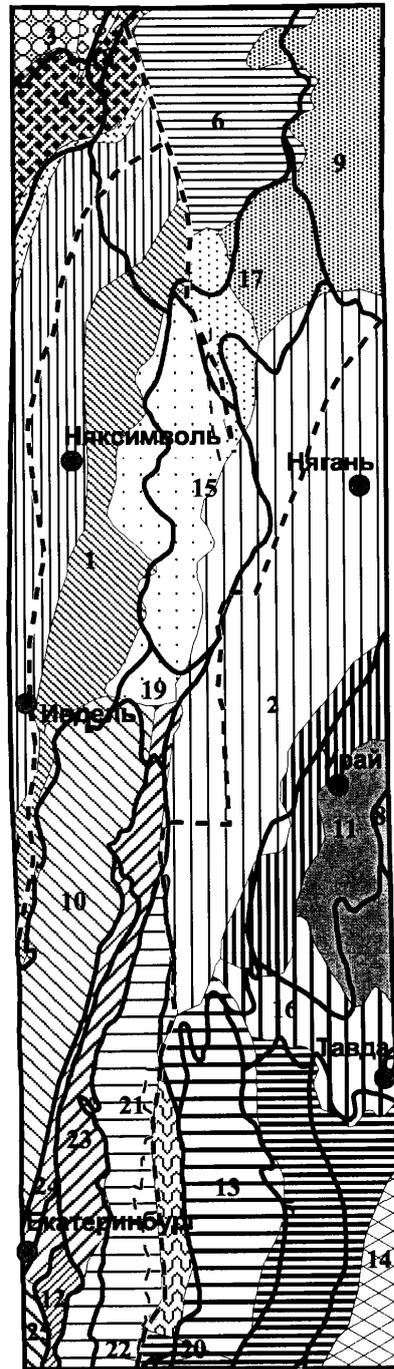


Рис. 2. Структурно-тектоническое районирование, по И. Д.Соболеву
и структурно-формационные зоны

В Восточно-Уральском погружении, как и на карте И. Д. Соболева, в качестве СФЗ второго порядка нами выделены Пельмская и Алапаевско-Теченская СФЗ. Они разграничены региональной шовной зоной, активизированной в триасе. Эта шовная зона обусловила различный тип тектонического развития двух упомянутых мегасинклиорий. В Пельмском синклиории преобладало растяжение, сопровождавшееся образованием обширных базальтовых покровов, заполнивших триасовые грабены. Один из этой системы грабенов, расположенный напротив Шаимско-Кузнецовского поднятия, назван Даниловским грабеном [3] по имени расположенного здесь месторождения углеводородов. Палеозойские комплексы сохранились в западном и восточном крыльях Пельмского синклиория, причем во многих местах базальты триаса граничат непосредственно с кристаллическими сланцами обрамления гранитоидов в Шаимско-Кузнецовской СФЗ. Поскольку плотность кайнотипных базальтов Даниловского грабена лишь незначительно превышает среднюю плотность земной коры, положительная аномалия силы тяжести над грабеном может указывать на наличие палеозойских базальтов под триасовыми. Для Алапаевско-Теченского мегасинклиория триасовый базальтовый магматизм не характерен. Из состава Алапаевско-Теченской СФЗ исключен Красногвардейский блок кристаллических сланцев, являющийся, по общему мнению, отдельной СФЗ.

Наибольшее число переименований и значительные изменения границ СФЗ коснулись Зауральского поднятия (мегазоны). Из старых названий сохранилось только Шаимско-Кузнецовское поднятие, представленное гранитоидами и кристаллическими сланцами обрамления гранитных массивов. Восточная часть этого поднятия выделена в новую Урайскую СФЗ, выполненную преимущественно терригенно-сланцевыми (континентально-склоновыми) комплексами среднего-верхнего палеозоя [2]. Близкие по составу и формационной принадлежности толщи вскрыты скважинами также южнее Урайской СФЗ, на территории, показанной И. Д. Соболевым, как Добринский седловинный мегасинклиорий (см. рис. 2). Здесь выделена Тавдинская СФЗ, поскольку у нее иной характер гравитационного поля – здесь отмечается крупная положительная аномалия силы тяжести, не соответствующая отложениям, вскрытым скважинами. Слагающие верхнюю часть Тавдинской СФЗ осадочные и вулканогенно-осадочные комплексы, вероятно, залегают на тяжелом, меланократовом фундаменте, т. е. коре субокеанического типа. По мнению К. С. Иванова [2], возможно, Тавдинская СФЗ представляет собой остаточную впадину краевоморского (задугового) типа, засыпанную позднелпалеозойскими осадками.

Границы остальных зон в соответствии с данными гравиметрии сдвинулись на запад на расстояние до 20 км. В центре этих зон оказались другие населенные пункты, в связи с чем (а также изменениями границ зон и представлений об их строении и геодинамической природе) зоны были переименованы. Новые зоны отчасти унаследовали специализацию старых, поэтому целесообразно привести схему этих замен. Тавдинская СФЗ примерно соответствует Добринскому седловинному мегасинклиорию, Ирбитская СФЗ – Камышловскому мегантиклиорию, Шадринская СФЗ – Талицкому мегантиклиорию (см. рис. 2).

Новое районирование учитывает современную геолого-геофизическую информацию и преследует цель обновления номенклатуры СФЗ второго порядка на территории Зауралья и Приуральской части ХМАО. В свою очередь, это позволит более углубленно исследовать связи между структурами фундамента и осадочного чехла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Геологическое строение и стратиграфия триасовых отложений Северо-Сосьвинского грабена* / Федоров Ю. Н., Иванов К. С., Кормильцев В. В. и др. // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Шестая научно-практическая конференция. Том 1. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2003. С. 114-123.
2. *Иванов К. С., Кормильцев В. В., Федоров Ю. Н.* Структурно-формационные зоны Приуральской части Западной Сибири // Научные чтения им. Ю. П. Булашевича: Тезисы докладов. Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 2003. С. 48-49.
3. *Основные черты строения доюрского фундамента Шаимского нефтегазоносного района* / Иванов К. С., Федоров Ю. Н., Кормильцев В. В. и др. // Пути реализации нефтегазового потенциала ХМАО: Шестая научно-практическая конференция. Том 1. Ханты-Мансийск: ИздатНаукаСервис, 2003. С. 102-113.
4. *Структурно-формационные зоны Приуральской части Западной Сибири* / Иванов К. С., Кормильцев В. В., Федоров Ю. Н., Захаров С. Г., Сажнова И. А. // Уральский геофизический вестник № 6. Екатеринбург: Изд. УрО РАН, 2004. (В печати).
5. *Тектоника Урала* (объяснительная записка к тектонической карте Урала масштаба 1:1000000) / Пейве А. В., Иванов С. Н., Нечехин В. М., Перфильев А. С., Пучков В. Н. М.: Наука, 1977. 120 с.
6. *Тектоническая карта Урала* масштаба 1:1000000 (объяснительная записка) / Соболев И. Д., Автонеев С. В., Белковская Р. П., Петрова Т. Ю., Сюткина Р. А. Свердловск: Изд. ПГО «Уралгеология», 1986. 168 с.