

Проф. Я.А.Рихтер

ОСНОВЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Учебное пособие

Саратов 2013

О г л а в л е н и е

Введение	3
Виды минерального сырья	3
Промышленные типы месторождений	4
Поиски месторождений полезных ископаемых	10
Задачи и этапы поисковых работ	10
Поисковые критерии	11
Поисковые признаки	12
Методы поисков месторождений полезных ископаемых	12
Дистанционные методы поисков	19
Оценка рудопроявлений и месторождений на стадии поисков	23
Разведка месторождений полезных ископаемых	24
Структуры рудных полей и месторождений	26
Группировки месторождений	28
Методы разведки	30
Системы разведки	32
Размещение разведочных выработок и скважин	33
Опробование полезных ископаемых	35
Подсчет запасов полезных ископаемых	38
Категории запасов полезных ископаемых	39
Геолого-экономические критерии при оконтуривании залежей и тел полезных ископаемых	41
Определение параметров для подсчета запасов	42
Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых	44
Список рекомендуемой литературы	48

Введение

Необходимость подобного рода руководства вызвана отсутствием современных учебников и учебных пособий, в полной мере соответствующих запросам дня и утвержденным программам. Известные и хорошо себя зарекомендовавшие руководства в той или иной степени устарели, хотя несомненно не потеряли своей ценности до сих пор.

Учебные планы подготовки бакалавров геологии предусматривают изучение двух основных дисциплин – 1) учения о полезных ископаемых и 2) основ поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Первая освещает вопросы геологии месторождений полезных ископаемых, их научной классификации и генезиса, вторая занимается практическими вопросами выявления месторождений и их оценки с точки зрения промышленности. По существу, эта вторая дисциплина вместе с курсом геолого-разведочного дела относится к области практической или прикладной геологии.

Практическая геология – часть производственной сферы деятельности людей, связанная с недрами и их использованием для тех или иных целей. Отношения в области недропользования регулируются законодательством РФ (федеральный закон «О недрах» от 1992 г. и последующие дополнения и изменения, проекты Кодекса о недрах).

Основная задача практической геологии – расширение и улучшение структуры существующей минерально-сырьевой базы (МСБ), выявление ресурсов, использование которых является наиболее выгодным (экономически целесообразным) в конкретных условиях современной экономической деятельности и развития сырьевых рынков.

Предмет курса – рассмотрение основных методов прогноза, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, геолого-экономической оценки их промышленного значения. Задача курса – дать представление об основах знаний в области прогнозов, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, с помощью предлагаемых учебных примеров показать как применять теоретические предпосылки и помочь овладеть навыками решения конкретных задач поисково-разведочного дела.

Виды минерального сырья

Минеральное сырье (или полезное ископаемое) – природное минеральное образование, которое в сыром или переработанном виде может быть использовано в практической деятельности человека (Старостин, Игнатов, 2006). Наиболее употребительна следующая классификация видов минерального сырья:

1. Топливо-энергетическое сырье: углеводородное – нефть, природный газ, конденсат; каустобиолиты: каменный уголь, бурый уголь, торф, горючие сланцы.

2. Черные, легирующие и тугоплавкие металлы: железо, марганец, хром, титан, ванадий, никель, кобальт.
3. Цветные металлы: алюминий, медь, цинк, свинец, олово, висмут, сурьма, ртуть, магний.
4. Благородные металлы: золото, серебро, платина и платиноиды, а также алмазы и драгоценные камни.
5. Радиоактивные элементы: уран, торий.
6. Редкие и редкоземельные элементы (металлы): литий, бериллий, тантал, ниобий, цирконий, германий и др.
7. Химическое и агрономическое сырье: каменная соль, калийные соли, гипс, фосфориты, апатиты, серный колчедан, сероводород, самородная сера, рассолы, содержащие бор, бром, иод; флюорит; сода и другие соли натрия.
8. Техническое сырье: алмазы, асбест, корунд, тальк, графит, слюды, кварц, полевые шпаты и др.
9. Химически чистое и оптическое сырье: горный хрусталь, слюда, исландский шпат, гипс, флюорит и др.
10. Горно-металлургическое сырье: флюсы и огнеупоры – магнезит, флюорит-криолит, каолин, известняки, доломиты, кварциты и др.
11. Строительные материалы: цементное сырье, кирпичные глины, керамзитовые глины, строительные и стекольные пески, гравий, строительный камень и щебень и др.
12. Подземные воды: питьевые, технические, минеральные, термальные.

Промышленные типы месторождений

В отличие от генетического типа **промышленный тип** месторождений – это такой, разработка которого дает основную массу данного вида минерального сырья или с помощью новых современных способов эта разработка становится возможной и экономически целесообразной. Важно не путать с понятием промышленного месторождения, смысл которого заключается в промышленной ценности данного скопления полезного ископаемого, что определяется размерами скопления и качеством полезного ископаемого.

Таким образом, промышленные типы месторождений – это известные и характерные представители немногих из разнообразных и многочисленных генетических типов минеральных скоплений. По технологическим и экономическим причинам лишь они оказываются подходящими для эксплуатации. Промышленные типы месторождений не тождественны генетическим типам, хотя представления о них частично совпадают, особенно в части геологии и минералогии. Изучение месторождений для дальнейшего их промышленного использования основывается не только геологических исследованиях, но и на изучении химических и технологических свойств, определяющих качество полезного ископаемого. Совокупность этих свойств как параметров – геолого-минералогических, горно-технических,

технологических и экономических – определяет промышленную ценность месторождений. На основе этих показателей формируется обобщенное представление о промышленном типе месторождения, не совмещающееся с чисто научно-теоретическим представлением о нем как о члене определенной генетической формации. Следует добавить, что вслед за известным авторитетным ученым академиком В.И.Смирновым эти промышленные типы часто называют геолого-промышленными, стараясь учесть и генетические аспекты.

Примеры. Для меди можно назвать не менее 15 генетических типов месторождений, но среди них промышленными типами являются только 4-5: меднопорфировый (Коунрад, Клаймакс), медноколчеданный (Урал, Кипр), медно-никелевый сульфидный (Норильск), инфильтрационный – медистых песчаников (Джезказган). Для железа можно указать соответственно 40 и 5.

Отнесение какого-либо минерального скопления к определенному промышленному типу имеет важнейшее практическое значение, поскольку лишь промышленные типы месторождений могут являться объектами поисков и разведки. Конечно, при этом следует иметь в виду, что каждый из промышленных типов может быть представлен в виде как крупных так и мелких скоплений и среди последних могут быть и непромышленные. Так что принадлежность месторождений к промышленному типу еще не гарантирует его практическую ценность!

Нужно помнить, что со временем значение отдельных промышленных типов месторождений меняется, отражая изменение спроса на тот или иной вид сырья на мировом рынке, исчерпание ресурсов разрабатываемых месторождений известных промышленных типов и переход на новые промышленные типы того же минерального сырья. Так, в мире за последние полвека для меди основным типом стал меднопорфировый, а не медноколчеданный (у нас в стране этот переход еще не произошел), для некоторых редких металлов и золота – штокверковый и рассеянно-порфировый. В целом это означает переход к использованию месторождений с бедными рудами, но с очень крупными запасами, - разработка таких объектов оказывается более выгодной при использовании современных передовых технологий обогащения полезных ископаемых.

Геологические данные о месторождении, необходимые для промышленности, следующие:

1. Размеры месторождения;
2. Степень и характер концентрации запасов (форма отдельных залежей полезных ископаемых, их количество, пространственное распределение, мощность, строение и условия залегания);
3. Качество полезного ископаемого (вещественный состав, технические и технологические свойства);
4. Горнотехнические, гидрогеологические и экологические условия вскрытия и разработки.

Размеры месторождений (по запасам минерального сырья) различаются для разных видов полезных ископаемых (см. табл.1, в тоннах):

Таблица 1

№№	Примеры	мелкие	средние	крупные	уникальные
1	Железо Fe	$n \cdot 10^7$	$n \cdot 10^8$	$n \cdot 10^9$	$n \cdot 10^{10}$
2	Mn, Ti, Cr	10^5	10^6	10^7	10^8
3	Cu	10^4	10^5	10^6	10^7
4	Sn	10^3	10^4	10^5	10^6
5	U	10^2	10^3	10^4	10^5
6	Au	< 1	1-10	10^2	$10^3 - 10^4$

Чем больше месторождение, тем выгоднее становится его разработка.

Концентрация запасов определяется формой, и размерами отдельных тел полезных ископаемых, их количеством и условиями залегания. Высокая концентрация минерального сырья при прочих равных условиях снижает капиталовложения на строительство рудников и шахт, и вообще расходы на разработку месторождения. Концентрация минерального сырья измеряется запасами на единицу площади месторождения или на единицу углубки при разработке месторождения. Эта характеристика называется продуктивностью или производительностью месторождения (в тоннах или килограммах металла, кубометрах руды или полезного ископаемого). Запасы на месторождении могут быть сосредоточены в одной или нескольких залежах, поэтому следует различать продуктивность месторождения в целом и продуктивность отдельных его залежей.

Залежи могут занимать самые различные положения относительно друг друга: они могут быть параллельными, могут погружаться и пересекаться под разными углами, могут быть кулисообразными, сближенными или разделенными мощными толщами или массивами вмещающих пород. Залежи могут группироваться в продуктивные свиты и горизонты, или, напротив, равномерно распределяться по разрезу или внутри массива вмещающих пород. Важно, что выбор системы (способа) разработки месторождения в немалой степени зависит от перечисленных особенностей концентрации его запасов.

Качество минерального сырья. По содержанию металла или полезного компонента различают руды богатые, рядовые и бедные (убогие). Приведем пример одной из группировок руд по содержанию полезного компонента (табл. 2, %%):

Таблица 2

Металл	Богатые руды	Рядовые руды	Бедные руды
Железо	>45	35-45	<35
Ti (ильменит)	>15	10-15	5-10
Ti (рутил)	>5	3-5	2-3
Cu, Ni (сульфиды)	3	1-3	0,5-1
Pb	5	2-5	1-2
Sn (жильный тип)	5	1-5	0,2-1
Sn (штокверк. тип)	0,5	0,2-0,5	0,1-0,2
Au (рудное), г/т	>10 ²	10 ¹ - 10 ²	1 - 10

Конечно, эта таблица дает лишь общее представление; конкретно вопрос о ценности месторождения и его сырья решается в каждом отдельном случае на основе анализа совокупности всех его параметров.

Качество руды определяется не только содержанием в ней основного полезного компонента, но и других – второстепенных компонентов, а также так называемой сортностью руды, ее физическими, техническими и технологическими свойствами. И эти последние свойства нередко оказываются решающими при оценке месторождений, при выборе очередности их использования. Бедные, но легкообогатимые руды могут дать больший экономический эффект чем рядовые и даже богатые руды, но трудноперерабатываемые, требующие больших затрат ресурсов и энергии для извлечения металла.

Приведем краткую характеристику промышленных типов месторождений для железа, меди и золота (по В.И.Смирнову, 1957, В.М.Крейтеру, 1960, А.Б.Каждану, 1984), см. табл. 3 - 5:

Железо

Таблица 3

№ п/п	Промышленные типы месторождений	Геоструктура	Содерж. полезн. компон.	%% миров. запасов	%% миров. добычи	Примеры
1	Метаморфизованные – железистые кварциты с магнетит-гематитовыми рудами. Пластообразные тела, линзы и «столбы».	Докембрийские щиты континентов	35 –55	67	60	КМА, Кривой Рог, оз.Верхнее (США), Минас-Жераис(Бр)
2	Осадочные – континентальные и морские. Гематит, лимонит, сидерит, шамозит. Пластовые и пластообразные.	Платформы континентов	30- 50	18	?	Аятское,Новокиевка (Урал), Керченские, Клинтон(США)
3	Магматические –титаномагнетитовые вкрапл.руды в габбро-норитах	Складчатые пояса	20- 24	5	10	Качканар, Куса (Урал),Теберг (Швеция)
4	Скарновые сплошные и вкрапленные. Магнетит. Пласто- и жиллообразные тела.	Складчатые пояса	50- 65	1-3	10	Магнитогорское,Соколовско-Сарбайск.
5	Гидротермальные –в карбонатных породах, пластообразные, линзовидные, гнездо- и жиллообразные. Сидерит, лимонит.	Внешние зоны складчатых поясов	30-35	1-3	4	Бакальские, Комарово-Зигазинские (Урал)
6	Латериты кор выветривания. Лимонит, гидрогетит, гидрогематит	Пенеплены щитов платформ и складчатых поясов	30-45	3-5	5	Халиловское, Батамшинское (Ю.Урал),Куба, Бразилия

Медь

Таблица 4

1	Инфильтрационно-осадочные - формация медистых песчаников. Стратиформные залежи, Пластовые, вкрапленные руды. Халькопирит, борнит, ковеллин	Постскладчатые прогибы и впадины в кратонах	3-5	20	20	Джезказган(Казах), Удокан (РФ), Мансфельд (ФРГ), Катанга (Конго)
2	Вулканогенные меднопорфировые. Вкрапленные и жильные руды, вместе с Мо. Халькопирит, борнит, молибденит	Мобильные субдукцион- ные пояса	0,3-2,2	40	60	Коунрад(Казах), Бингем(США), Чукикамата (Чили)
3	Вулканогенные колчеданные. Линзы сплошных и вкрапленных руд.Халькопирит, пирит, сфалерит, галенит.	Палеорифты, субдукцион ные пояса	1-3	7	8	Блява, Домбаровск. группа, Гай,Сибай, Учалы (Ю.Урал), Уруп (С.Кавказ), Алтай,Кипр,Япония
4	Ликвационные сульфидные в рас- слоенных интрузиях габбро-доле- ритов. Вкрапленные и массивные руды. Пирротин, пентландит,халь- копирит.	Зоны глубин- ных расколов древних,пост палеозойских кратонов	1-2	30	7	Норильск, Талнах (РФ), Печенга (РФ), Садбери (Канада), Камбалда (Зап. Австралия)
5	Гидротермальные жильные Халькопирит, борнит. ковеллин	Складчатые пояса и мо- лодые крато- ны	1-10	2	4	Зангезур (Армения) Бьютт (США)
6	Контактово-метаморфические – скарновые залежи, гнезда и жилы в известняках и гранитоидах. Ха- лькопирит, минералы зоны окисления.	Складчатые пояса	2- 8	1	1	Турьинские (Ср. Урал), Хакасские

Золото

Таблица 5

1	Метаморфизованные древние конгломераты и аркозы (палеороссыпи) – лентовидные линзы.	Эпикратонные впадины щитов	5-10	60	75	Витватерсранд(ЮАР) Блайнд Ривер(Канада) Жакобина(Бразилия)
2	Кварцево-жильный и вкрапленно-штокверковый, с сульфидами	Складчатые пояса	5-15	5	3-5	Березовское (Урал),
3	Штокверково-жильный, субвулканический («бонанца»), с Ag, Te, As, Hg.	Молодые вулканич. Пояса	5-20	10	5	Аляска, Мексика, Гондурас, Перу; Чукотка, Камчатка
4	Рассеянно-вкрапленный в черносланцевых толщах	Древние складчатые пояса	3-5	15	10	Сухой Лог (РФ), Мурунтау(Узбекистан)
5	Россыпные (речные, морские)	-		5	5	Ю.Урал, Алдан, Колыма и др.

Поиски месторождений полезных ископаемых

Можно ли рассчитывать на случайное открытие месторождения? Надеяться на счастье или удачу («фарт»)? Месторождение в общем можно обнаружить случайно (что мало вероятно – на поверхности почти не осталось неизвестных мест), попутно с проведением других работ (но на это трудно рассчитывать) или в результате специальных целенаправленных поисковых работ, предпринятых на основе научного прогноза. Случайные или попутные находки возможны на различных этапах – при рекогносцировочных маршрутах и региональных геологических съемках, в ходе каких-либо специальных исследований, даже при проведении строительных работ (!). Однако время случайных открытий прошло. Чтобы открыть в наши дни месторождение какого-либо полезного ископаемого, необходимо быть подготовленным для этого. Единственно эффективный путь выявления такого объекта – планомерное изучение территории, оценка ее перспектив и применение научно обоснованных методов поисков. При этом следует иметь в виду, что поисковые работы – только часть геолого-разведочного процесса, направленного на познание строения недр.

Задачи и этапы поисковых работ

Поисковые работы подразделяются на три стадии: 1) общие поиски, 2) детальные поиски и 3) поисково-оценочные работы.

Общие поиски проводятся совместно и одновременно с геологической съемкой («попутные поиски») в м-бе 1:200000 – 1:50000 и ставятся в пределах

региона с целью выявления участков и площадей, перспективных для обнаружения месторождений полезных ископаемых, а также для оконтуривания этих площадей и общей оценки, а также решения вопроса о дальнейшем направлении поисковых работ.

Детальные поиски ставятся в пределах уже выявленных перспективных площадей в м-бе 1:10000 (1:25000) – 1:5000. Их задача – оценка перспектив опосредованной площади и выявление в ее пределах скоплений минерального сырья (рудопроявлений), заслуживающих внимания и дальнейшего изучения. Непосредственная задача – отыскание и вскрытие залежей или тел полезного ископаемого на поверхности или на глубине.

Поисково-оценочные работы сосредотачиваются на выявленных объектах на опосредованных территориях, а также проводятся на флангах известных месторождений в пределах рудных полей, в м-бе 1:5000 – 1:1000. Их задача – обоснованный выбор объектов как наиболее перспективных на перевод их в разряд месторождений, принадлежащих к промышленному типу, а также – оценка качества полезного ископаемого, размеров его скоплений, и рекомендации способа разработки, переработки и обогащения сырья. Важно также определить геологические границы объекта и оценить его перспективы на глубину.

Поисковые критерии (предпосылки поисков)

В основе научной постановки поисков находятся представления о геологическом строении района работ и истории его развития, с одной стороны, и научные знания о закономерностях размещения и образования месторождений полезных ископаемых, с другой. Необходимо знание современных теорий рудообразования и формирования осадочных полезных ископаемых, общей и поисковой геохимии.

Как результат синтеза научной геологической теории и практического опыта выступают обобщения в виде сформулированных геологических закономерностей, которые в свою очередь позволяют построить рабочие гипотезы и модели, и в конечном итоге – выдать рекомендации и прогноз. Геологические закономерности, которые фиксируют какие-то особенности размещения месторождений, их соотношения с другими комплексами и формациями и т.п., называются геологическими поисковыми критериями или предпосылками поисков.

Значение отдельных предпосылок для различных типов месторождений неравноценно, поэтому удобнее рассматривать их отдельно. Обычно выделяют следующие группы поисковых критериев: стратиграфические, литолого-фациальные, магматические, структурные, геохимические, геоморфологические.

Примеры. Общие стратиграфические и фациальные критерии – для месторождений марганца, фосфоритов, бокситов, осадочных руд железа, каменного угля. Магматические критерии – для месторождений хромитов,

алмазов, сульфидных медно-никелевых руд, титаномагнетитовых руд. Структурные – для гидротермальных месторождений полиметаллов, золота, осадочных месторождений и др. Геоморфологические – для россыпных месторождений золота, для месторождений в корях выветривания. Конкретные поисковые критерии – на примерах из геологии Южного Урала, Сев. Кавказа для некоторых типов промышленных месторождений.

Поисковые признаки

Любые конкретные указания на присутствие или возможность нахождения в том или ином месте скопления того или иного полезного ископаемого могут рассматриваться как поисковые признаки. Это могут быть и следы процессов, сопутствующих образованию, изменениям и разрушению месторождений, это и свойства – минералогические, химические, физические – полезного ископаемого и сопутствующих измененных вмещающих пород, и даже – исторические и археологические свидетельства о былом использовании полезного ископаемого человеком.

Поисковые признаки можно разделить на прямые и косвенные.

Прямые поисковые признаки:

1. Выходы залежей и рудных тел на земной поверхности.
2. Рудные валуны.
3. Минералы в шлиховых пробах.

Косвенные поисковые признаки:

1. Выходы окolorудных измененных пород.
2. Ореолы и потоки рассеяния – минералогические и геохимические.
3. Геофизические аномалии.
4. Гидрогеохимические аномалии.
5. Геоморфологические (карст, просадки и др.).
6. Геоботанические.

Примеры (демонстрация слайдов). Краткие характеристики геохимических ореолов и потоков рассеяния – эндогенных и экзогенных, их связи с оруденением, геофизических аномалий и их возможной природы.

Методы поисков месторождений полезных ископаемых

Общее для всех методов поисков – наблюдение, фиксирование и анализ выявленной картины, когда при пристальном рассмотрении на фоне в общем известной геологической ситуации обнаруживаются какие-либо новые особенности геологического строения территории, проявления полезных

ископаемых или признаки их возможного присутствия. Это могут быть тектонические структуры, открытые на глубине, вновь выявленные геохимические и геофизические аномалии, и т. п. Применение тех или иных методов дает нам фактический материал, позволяющий выявить эти аномалии и затем выяснить их природу.

Все виды наземных методов поисков полезных ископаемых удобнее рассматривать по группам: геологических, геоморфологических, минералогических, геохимических и геофизических.

Геологические методы: геологическое картирование, геологическое доизучение территории, глубинное геологическое картирование (ГГК), геолого-геофизическое профилирование, прослеживание геологических границ и контактов, зон измененных пород.

Среднемасштабная геологическая съемка – важнейший из геологических методов поисков, когда они проводятся совместно и практически одновременно со съемкой. Помимо этого, детальные поиски полезных ископаемых проводят на основе составленных ранее геологических карт. На их основе составляются карты полезных ископаемых с элементами прогноза на те или иные виды минерального сырья. На этих картах отражаются тем или иным способом геологические предпосылки поисков, известные месторождения и рудопроявления, геофизические и геохимические аномалии и другие поисковые признаки.

При поисках скрытого оруденения ограничиться одним анализом геологической карты невозможно. Для обоснования постановки таких поисков необходимы детальные геологические карты и разрезы, дающие пространственное (объемное 3D) отображение геологических недр, а также данные геофизики и глубинной геохимии о возможном присутствии на глубине скоплений полезных ископаемых. Естественно, что при этом используется комплекс различных методов, в том числе технических (бурение и проходка горных выработок).

Примеры: открытие мелкоколчеданных месторождений на Ю. Урале – Гайского, Подольского, Джусинского, Барсучьего лога и др.

Минералогические методы: валунно-обломочный, шлиховой и протолочно-шлиховой.

Валунно-обломочный метод – классический и самый простой визуальный способ отслеживания рудных минералов и (или) их спутников в составе обломков и валунов среди обломочного материала современных аллювиальных, пролювиальных, элювиальных и коллювиальных образований, ледниковых морен.

Шлиховой метод – также классический метод поисков, но вполне сохранивший свое значение до сих пор для золота, платины и некоторых редких металлов (олова, вольфрама), а также для алмазов, плотность которых заметно превышает таковую у обычных широко распространенных минералов. Извлечение зерен этих тяжелых минералов путем промывки проб рыхлых отложений (16-20 кг) и концентрации их в составе шлиха (10-50 г) – тяжелой фракции, качественное и количественное изучение отмытых шлихов

(шлиховой анализ) применяются при поисках россыпных месторождений, и в ряде случаев также и коренных.

В процессах выветривания и эрозии горных пород тяжелые минералы образуют механические ореолы в элювиально-делювиальных образованиях и потоки рассеяния - чаще всего в аллювиальных отложениях. Систематическое опробование рыхлых отложений в долинах рек, овражно-балочной и ложковой сети, на склонах речных долин и водоразделов, на водоразделах создает достаточно равномерную и плотную сеть (5-6 проб на 1 кв. км при работах в м-бе 1:50000), что позволяет выявить практически признаки присутствия искомым минералов и наметить ореолы их рассеяния. Важно выявлять и использовать характерные ассоциации искомым минералов с другими тяжелыми минералами, их спутниками. Одновременно следует проводить геоморфологические наблюдения, уточняющие направление и объекты шлихового опробования.

Протоочно-шлиховой метод является вариантом шлихового метода и рассчитан на опробование твердых коренных пород – в отсутствие достаточных возможностей применения последнего (или в дополнение к нему).

Геохимические методы: литохимическая съемка в закрытых или полузакрытых районах – с опробованием покрова рыхлых отложений, то же в открытых (обнаженных) районах – с опробованием коренных пород, метод донных проб, а также гидрогеохимический, атмогеохимический и биогеохимический методы.

Литохимическая съемка проводится на стадии детальных поисков обычно в м-бе 1:50000 на площади одного-двух и более планшетов, обычно в комплексе с другими необходимыми геохимическими методами (чаще всего – методом донных проб). Наиболее массовый и экспрессный метод анализа проб – полуколичественный спектральный. Эффективность съемки определяется правильностью выбора методики опробования по отношению к объектам опробования – образованиям, принадлежащим тем или иным генетическим типам покровных образований, почвам, корам выветривания, коренным породам. Объем проб, глубина их взятия и распределение точек отбора проб по определенной геометрической сети должны обеспечивать возможность сравнения результатов и их интерполяции. Опробование рыхлых образований ориентировано на поиски экзогенных ореолов рассеяния («вторичных ореолов»), опробование коренных пород – на поиски эндогенных ореолов рассеяния («первичных ореолов»). Ореолы рассеяния тех или иных химических элементов, характеризующиеся повышенными («аномальными») их содержаниями, могут быть связаны с источниками – рудными телами или околорудными измененными породами, т. е., могут представлять интерес для дальнейшего изучения. Эти ореолы фиксируются на картах и разрезах обычно в виде изолиний концентраций с тем или иным шагом интерполяции. Одновременно статистическими методами рассчитывается обычный уровень содержания искомым химических элементов – так называемый геохимический фон. Все значимые отклонения от этого фона (обычно – в положительную сторону) идентифицируются как геохимические аномалии, соответствующие выделенным на карте ореолам рассеяния. Устанавливается геохимическая

характеристика аномалии – типы и параметры распределения химических элементов.

На следующей стадии поисковых работ – поисково-оценочной – задачей геохимических поисков является оконтуривание геохимических аномалий, их детализация и прослеживание на глубину с целью выявления их природы и возможной связи с оруденением.

Отметим, что существуют проблемы, в частности, интенсивность аномалий не всегда поддается однозначной интерпретации, отсюда следует, что тем самым снижается надежность выделения слабых аномалий. Но именно эти последние могут оказаться важными – например, в случае их соответствия надрудным частям эндогенных ореолов в коренных породах – для поиска слепого оруденения.

Метод донных проб основан на опробовании руслового и пойменного аллювия, чаще всего его илистой фракции (проба - 20-30 г), а также тонкого ложкового и овражно-балочного пролювия. Он особенно эффективен в условиях сухих степей и полупустынь на широких выравненных пространствах водоразделов для поиска полезных ископаемых (в первую очередь рудных), не образующих в зоне гипергенеза устойчивых соединений и мигрирующих в растворенном виде вдоль гидросети. Глинистые минералы донных илов сорбируют соединения этих элементов, и их концентрации становятся в десятки и сотни раз выше, чем в водотоках и в рыхлых образованиях на склонах и поверхности водоразделов. Получаемые данные о потоках рассеяния отражают таким образом в суммированном виде присутствие в водосборном бассейне источников этих элементов – выходов рудных тел или окружающих их ореолов рассеяния во вмещающих породах. Наиболее эффективно применение этого метода для поиска сульфидных месторождений цинка, меди, никеля, молибдена, ртути, в некоторых случаях – тонкодисперсного золота, содержащегося в сульфидах – пирите и других.

Гидрогеохимический метод поисков ориентируется на более глубинное оруденение – благодаря возможности выявления ореолов и потоков рассеяния компонентов оруденения, растворенных в подземных водах и их выходах на поверхность в зонах разгрузки. Важно иметь в виду, что одна гидрогеохимическая проба характеризует значительно большую площадь, чем десятки литохимических проб, а также и несравнимо большую глубину, что позволяет применять этот метод для поисков скрытого оруденения различного типа (сульфидных полиметаллических, медноколчеданных и др.). В ходе работ выявляются аномальные воды источников или воды, вскрытые скважинами – воды с нарушенным естественным балансом растворенных обычных компонентов или содержащих в повышенных концентрациях новые компоненты, в том числе рудные. Пример: сульфатные воды с присутствием железа, меди, цинка, кадмия и др. – как индикаторы сульфидных руд на глубине.

Атмогеохимические методы поисков применяются избирательно для отдельных видов полезных ископаемых: при поисках залежей углеводородов – газовая метановая съемка, при поисках урановых руд - гамма-съемка, гелиевая

и радоновая съемки, при поисках киновари – ртутная съемка. Отметим также использование углекислотной газовой съемки при глубинных поисках полиметаллического и колчеданного оруденения.

Биогеохимические методы поисков основаны на использовании способности растений избирательно реагировать на повышенное содержание некоторых химических элементов в почвах и подпочвенном субстрате и даже концентрировать их в своих тканях. Это проявляется также в облике растений и в составе их сообществ и поэтому используется при поисках как геоботанические признаки. Накоплен опыт таких поисков в отношении Pb, Zn, Cu, Ni, Co, U, Li, В и др. С их помощью выявляется наличие ореолов рассеяния в рыхлых и коренных породах до глубины в несколько метров, что несколько превышает возможности обычной литохимической съемки.

Геофизические методы поисков: магнито- электроразведочные, гравиразведка и сейсмометрия применяются в полевых условиях для непосредственного обнаружения залежей полезных ископаемых, а также выявления и прослеживания околорудных измененных пород и рудоконтролирующих структур. Многолетний опыт поисковых работ показал достаточно однозначно эффективность прямого применения геофизических методов при поисках лишь некоторых полезных ископаемых: магнетитовых руд железа, хромитов, бокситов и некоторых типов сульфидных руд.

Прямые поиски месторождений железа с помощью геофизических методов основаны на резких различиях магнитных и плотностных свойств руд и вмещающих их пород. Намагниченность руд обусловлена главным образом присутствием магнетита, магнитная восприимчивость которого составляет 0,7-2,0 СГС. При объемном содержании магнетита 13-16% намагниченность рудных тел колеблется от 0,02 до 0,08 гс, а при содержании 55-75% достигает 0,5 гс. Слабо и практически немагнитными являются лимонит-гематитовые и сидеритовые руды.

Плотность руд определяется содержанием рудных минералов и пористостью. Например, минералы руд железа (магнетит, гематит и др.) обладают повышенной плотностью (4,5-5,3 г/см³), превышающей плотность минералов вмещающих пород более чем в 1,5 раза. Однако руды осадочных месторождений из-за высокой пористости практически не отличаются по плотности от вмещающих пород (Так, плотность руд Керченского месторождения при содержании железа 35-40% изменяется в пределах 1,6-2,45 г/см³).

Таким образом, наиболее эффективны поиски с помощью методов магниторазведки в первую очередь магнетитовых руд эндогенного происхождения. Гравиразведка обычно применяется для прямых поисков слабомагнитных или глубоко залегающих магнетитовых руд, а также при детализации магнитных аномалий и установлении их природы. Методы электроразведки и сейсморазведки для выявления железорудных залежей не применяются, но они входят в комплекс методов при проведении поисков в районах двухъярусного и трехъярусного строения для определения глубин залегания и рельефа поверхности складчатого фундамента.

На стадии общих поисков применяется аэромагнитная съемка м-ба 1:200000 – 1:50000, на стадии детальных поисков – наземные (авто и пешеходные съемки), при наличии данных аэромагнитной съемки.

Основным геофизическим методом поисков хромитов является гравиразведка, в основе использования которой лежит резкое различие хромитов и вмещающих ультраосновных пород по плотности. Плотность первых – 3,5-4,4 г/см³, а вторых – 2,7-3,2 г/см³, что вполне достаточно для обнаружения даже слабых по интенсивности (0,5-1,0 мгл) положительных аномалий при проведении гравиметрической съемки м-ба 1:25000 – 1:5000 с погрешностью не более 0,1 мгл. Примеры: поиски хромитов на Ю.Урале, в Казахстане.

Поиски бокситовых месторождений известных промышленных типов (осадочных в континентальных пестроцветных формациях, связанных с корами выветривания, осадочных карстовых, инфильтрационно-контактовых) проводятся более или менее успешно для магнитных их разностей, содержащих примесь магнетита и маггемита. Каменистые бокситы обычно характеризуются намагниченностью от 800 до 16000.10⁻⁶ СГС, рыхлые и особенно глинистые их разности – только 100-1000.10⁻⁶ СГС. Задачи, которые решаются с помощью геофизических методов на перспективных площадях: 1) детальное изучение рельефа фундамента с целью выявления депрессий, 2) уточнение контактов карбонатных и алюмосиликатных пород и 3) обнаружение рудных тел. Методы – электроразведочные (ВЭЗ) и магниторазведочные съемки и профилирование м-ба 1:25000 – 1:50000, затем при оконтуривании залежей – высокоточная магнитная съемка м-ба 1:10000.

При поисках сульфидных месторождений в пределах перспективных площадей рудных районов проводятся детальные геофизические работы для непосредственного обнаружения рудных залежей. Используются четкие различия руд и вмещающих пород по электрическому сопротивлению, поляризуемости, электрохимической активности, плотности, реже – намагниченности и некоторым другим свойствам. Обычно применяется тот или иной комплекс методов. Очень важно при этом представлять характер ожидаемого оруденения, возможную морфологию рудных тел и их залегание.

В случае колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений это линзы и крутопадающие жилы массивных сульфидных руд, поиски которых следует проводить с помощью метода вызванной поляризации (ВП), методов сопротивлений и в первую очередь методов комбинированного или дипольного электропрофилеирования, а также электромагнитных индуктивных методов незаземленной петли, дипольного индуктивного профилирования, бесконечно длинного кабеля. Широко используется также метод естественного электрического поля, основанный на электрохимических процессах, происходящих при окислении сульфидных руд. Как правило, над такими залежами наблюдаются локальные отрицательные аномалии естественного электрического поля интенсивностью несколько десятков–первые сотни милливольт. Глубинность этих методов – до 100-150 м, метода переходных процессов – до 200 м.

В дополнение к этим методам применяются вариометрические и гравиметровые съемки, с помощью которых над крутопадающими рудными телами удается выявить локальные положительные аномалии инерционностью от 0,1 до 2-3 мгл. В некоторых случаях применяется магниторазведка – например, для пирротинсодержащих сульфидных тел метаморфизованных колчеданных месторождений.

При поисках вкрапленных и прожилково-вкрапленных сульфидных руд порфирового типа ведущим методом становится метод вызванной поляризации (в комплексе с литохимической съемкой).

Поиски сульфидных месторождений осложняются в районах, перекрытых чехлом рыхлых отложений толщиной до 100 м. Здесь существенно важно максимально полное использование комплекса геофизических методов, дополняющих друг друга. Глубинность поисков может быть увеличена за счет устройства питающих заземлений электроразведочных устройств в картировочных скважинах, которые необходимо использовать также и для измерения в них естественного электрического поля и вызванной поляризации.

Ведущим методом изучения около- и межскважинных пространств является метод заряда, включающий различные модификации метода электрической корреляции, и метод скважинного радиоволнового просвечивания. Первый используется для оконтурования «заряженного» тела (еще до вскрытия его горно-буровыми работами) и поисков новых рудных тел, электрически с ним не связанных. Вторым применяется при поисках зон высокой проводимости в межскважинном пространстве – для определения характера оруденения и уточнения геологического разреза. Дальность радиоволнового просвечивания может достигать 300-400 м. Кроме методов скважинной геофизики в скважинах проводится комплекс кароттажных исследований (метод кароттажа сопротивлений - КС, метод скользящих контактов –МСК, гамма-каротаж – ГК, инклинометрия и др.).

Второй важной задачей геофизиков является исследование и прослеживание зон околорудных измененных пород, что значительно расширяет возможности поисков рудных месторождений благодаря тому, что эти измененные породы могут занимать значительно большие объемы, чем сами рудные тела. В первую очередь это относится к тем месторождениям, руды которых по физическим свойствам мало отличаются от вмещающих пород, нередко измененных в процессах рудоотложения и содержащих к тому же вераппленность тех же рудных минералов. Процессы изменения вмещающих пород связаны с деятельностью гидротерм и приводят нередко к серьезным переменам в их минеральном и химическом составе. Так, среди околорудных пород колчеданных месторождений Южного Урала обычны метаморфические образования - хлоритовые, серицитовые и серицит-кварцевые сланцы и вторичные кварциты, возникшие на месте вулканических пород основного и кислого состава. Для перечисленных образований от периферии к центру ореола метаморфических изменений характерно постепенно прогрессирующее снижение магнитной восприимчивости – от $70-100 \cdot 10^{-6}$ СГС (хлоритизированные и эпидотизированные базальты) до $20-25 \cdot 10^{-6}$ СГС

(серицитизированные и альбитизированные риолиты и дациты во внутренней части ореола) и $15-20 \cdot 10^{-6}$ СГС (серицитизированные и окварцованные риолиты и дациты центральной части ореола метаморфических изменений). В центральной части ореола располагаются практически немагнитные ($5-10 \cdot 10^{-6}$ СГС) вторичные кварциты с вкрапленностью сульфидов и сульфидные рудные тела. Плотность пород соответственно снижается от 2,7-2,6 в базальтах и 2,5 в дацитах и риолитах до 2,4-2,3 г/см³ в кварцитах.

Основные методы изучения измененных окolorудных пород – магниторазведка и электроразведка, иногда в сочетании с гравиразведкой. Важнейшими показателями этих образований для электроразведки являются относительное изменение величины кажущегося сопротивления или характера графиков «ро»_к, наличие специфических электрических аномалий методов вызванной поляризации, естественного электрического поля и пр. Однако следует иметь в виду, что во всех случаях связь выявленных аномалий с теми или иными образованиями может быть установлена с учетом данных петрофизических и геологических исследований.

Дистанционные методы поисков

Это методы изучения природных объектов на поверхности и под поверхностью Земли без непосредственного контакта с ними (все предыдущее изложение относится к контактными методам). Бесконтактные дистанционные методы основаны на регистрации сигналов излучения различной частоты, свидетельствующих о существовании физических полей и их аномалий, вызванных присутствием каких-либо масс или потенциалов. Сюда можно присоединить и методы изучения атмосферы и гидросферы, в частности, для изучения потоков и ореолов рассеяния аэрозолей и газов в высоких слоях атмосферы.

В области видимой части спектра (0,40-0,74 мкм) используются методы фото- и видеосъемок поверхности Земли с самолетов и космических спутников, спектро-зональных цветных съемок той же поверхности. Вместе с возможностями определения точных координат нахождения объектов на поверхности (система GPS и др.) данные, полученные этими методами, позволяют добиться принципиально новых важнейших результатов в изучении Земли и процессов, происходящих на ее поверхности.

Один из способов использования такой информации – геологическое дешифрирование аэрофотоснимков и космоснимков. Первые вошли в комплект обязательного исходного материала для геологического картирования и поисков благодаря применению современных методик дешифрирования и выявлению характерных признаков присутствия тех или иных комплексов пород, тектонических структур и возможных поисковых объектов. Дешифрирование вторых (т. е., космоснимков) позволяет обнаружить более глубокие и крупные геологические структуры – глубокие разломы («линеаменты»), тектонические блоки и их выступы, «просвечивающие» сквозь

чехол осадочных образований, и таким образом выявить основные черты геологического строения целого региона.

Новая область использования видимого диапазона – это лазерная флюорометрия, спектрометрия и локация со спутников Земли. Так, исследования вызванной лазерным излучением люминесценции выходящих на поверхность образований показали, что среди них возможно обнаружение пород, обогащенных битумами и другими УВ. Это открытие сулит новые перспективы для поисков месторождений нефти и природного газа прямо из космоса.

В инфракрасной части спектра используется тепловое излучение земной поверхности (в интервале 1,8 – 14,0 мкм). Энергия и спектральное распределение этого излучения зависят от температуры и излучательной способности природных объектов. Выявлены четкие контрасты температур многих из них – от полярных льдов до действующих вулканов и геотермальных полей. Получены спектральные характеристики для картирования магматических и метаморфических пород, что стало возможно благодаря тому, что силикатным породам свойствен широкий минимум излучения в диапазоне 8 – 12 мкм в отличие от других типов пород и растительности.

В микроволновой части спектра (1 мм -1м) изучение природных объектов проводится двумя основными методами – радиотепловой съемкой и радиолокационной съемкой. Интенсивность собственного радиотеплового излучения зависит в первую очередь от температуры природного объекта, влажности его поверхности и степени минерализации влаги. Величина этой интенсивности определяется как радиояркостьная температура в градусах Кельвина. Применение такой радиотепловой съемки дает возможность определить границы и характер почвенного покрова, рыхлых образований коры выветривания и коренных горных пород, особенно в семиаридных и аридных климатических областях.

Радиолокационная съемка (с самолета, со спутника с помощью радиолокационных станций бокового обзора) позволяет выявить горные породы с различной отражательной способностью в микроволновом диапазоне и таким образом может применяться для целей геологического картирования и поисков полезных ископаемых.

Современные дистанционные геохимические методы были разработаны для изучения объектов на земной поверхности с помощью методов радиоспектрального зондирования и диагностики присутствия в них химических элементов, в том числе важных в поисковом отношении, однако наиболее широко известно их применение на поверхности Луны и Марса.

Другая область приложения дистанционных геохимических методов – это атмосфера, на высоких уровнях которой с помощью забора проб зондами и самолетами удастся проследить распространение в составе аэрозолей и мельчайших частиц некоторых компонентов, занесенных с поверхности Земли. Повышенные содержания радионуклидов и продуктов сгорания (CO_2 , CO) могут свидетельствовать о испытательных взрывах ядерного оружия и крупных пожарах, появление высоких концентраций SO_3 часто вызывается

извержениями вулканов. В поисковом отношении может оказаться полезным исследование приземного слоя атмосферы в целях обнаружения хотя бы минимальной примеси газообразных углеводородов, углекислоты, гелия, паров ртути, что позволит выявить их аномалии, связанные с зонами трещиноватости и разломов в породах в нефтегазоносных областях, или другие аномалии, вызванные присутствием на глубине сульфидных месторождений.

Особенности поисков при геологическом доизучении территорий заключаются в том, что необходим рациональный выбор направления и задач поисков в зависимости от решения задач картирования. Чаще всего поисковые задачи не являются главными и поэтому предлагается решение некоторых из них для уже известных но не конца исследованных объектов. Однако в некоторых случаях сама постановка геологического доизучения какого-либо района обусловлена его перспективностью в отношении того или иного полезного ископаемого. В условиях недостаточной обнаженности, с учетом мощности перекрывающих плиоцен-четвертичных отложений (не более 30-50 м) геологическое доизучение территории проводится с применением геофизических методов и бурения картировочных скважин. В связи с этим должны решаться задачи поисков, ориентированных на погребенные под наносами коренные породы, для которых уже установлены в пределах смежных открытых территорий соответствующие поисковые предпосылки.

Трудности, которые предстоят, оказываются все более значительными и вызывают проблемы по мере перехода поисков на все более глубокие уровни недр (более 50 м). Перейдем к освещению главных проблем поисков скрытого оруденения. Месторождения, представляющие его, подразделяются на слепые – не вскрытые эрозией, залегающие в глубине в толще коренных пород, погребенные – вскрытые эрозией и затем погребенные под мощными плиоцен-четвертичными отложениями, и перекрытые – вскрытые эрозией в более ранние эпохи и перекрытые доплиоцен-четвертичными мощными толщами, и наконец, тектонически перекрытые – под надвигами и взбросами.

Уже накоплен значительный опыт по поискам этих типов месторождений для некоторых видов полезных ископаемых. Это открытия слепых рудных тел Талнахского медно-никелевого сульфидного месторождения в Норильском рудном районе, слепых слюдоносных пегматитовых жил в Северной Карелии, перекрытых дочетвертичными отложениями крупнейших месторождений железных руд КМА и в Тургайском прогибе Соколовско-Сарбайской группы; рудные тела и залежи многих колчеданных месторождений Южного Урала (Гайское и др.), в том числе перекрытое вулканогенно-осадочной толщей среднего девона Подольское медноколчеданное месторождение ; это – погребенные под мощными рыхлыми отложениями месторождения бокситов Северо-Онежской группы и др. К тектонически перекрытым относятся каменноугольные месторождения Саарбрюкенского бассейна в Германии, нефтеносные площади на западе Пенсильвании, в прогибе, на который надвинуты передовые складки Аппалачей.

Поисковые работы при проведении глубинного геологического картирования (ГГК) м-ба 1:50000 – 1:25000 в районах сложного геологического

строения, в том числе двухъярусного и трехъярусного, концентрируются на ограниченном круге полезных ископаемых. Они обычно принадлежат важнейшим промышленным типам месторождений, представители которых уже известны в районе поисков. Их главной задачей является определение участков, перспективных для обнаружения скрытого оруденения с той или иной степенью вероятности открытия промышленного месторождения на каждом из участков до определенной предельной глубины. Однако детальные поисковые работы на этих участках не являются задачей ГГК, они должны проводиться специальными поисковыми партиями. Все же на практике возникает необходимость предварительной оценки выявленных в процессе ГГК или известных проявлений полезных ископаемых, выборочной проверки геофизических и геохимических аномалий.

На первом этапе работ – этапе так называемых опережающих исследований - используются методы геофизических и геохимических исследований для выявления перспективных площадей, в пределах которых вероятность обнаружения скрытого оруденения наиболее значительна. Это могут быть участки геологических структур, контролирующих оруденение, зоны специфически измененных пород и т.п.

На втором этапе ГГК – этапе полевых геолого-геофизических и буровых работ – на выделенных перспективных площадях детально картируются элементы геологического строения, имеющие прогнозное значение. Для этого в их пределах проводятся новые или более детальные, чем на этапе опережающих исследований, геофизические и геохимические исследования, а также буровые работы. В результате уточняются перспективы площадей и их оценка, и на тех из них, где положительная оценка подтверждена, выделяются конкретные перспективные участки с предполагаемыми на глубине месторождениями. На заключительном этапе работ такие участки разбуриваются одной или несколькими скважинами для вскрытия зоны оруденения и рудных тел, определения качества полезного ископаемого. Размеры и форма рудных тел определяются в основном по геофизическим данным.

Проведение поисковых работ при ГГК требует выбора рационального комплекса надежных методов поисков, соответствующих специфике геологического строения и металлогении района будущих исследований. Но прежде необходимо установить прогнозные критерии для месторождений искомого металлогенического и промышленного типа, а уж затем выбрать методы исследований, позволяющие использовать эти критерии. Весьма желательно на основе известного фактического материала (банка аналитических данных и пр.) и установленных в районе прогнозных и поисковых критериев построение вероятностной геолого-геофизической или геолого-геохимической модели предполагаемого месторождения. Моделирование таких сложных природных объектов, как и обработка значительных по объему массивов оцифрованных данных может быть проведена с помощью современных компьютерных программ.

Оценка рудопроявлений и месторождений полезных ископаемых на стадии поисков

В процессе производства поисковых работ и особенно по их окончании необходимо ответить на вопрос: заслуживает ли выявленное рудопроявление постановки разведочных работ или перспективы его промышленного использования настолько ограничены, что проведение дальнейших исследований нецелесообразно?

Ответ на этот важнейший для геолога-поисковика вопрос должен быть достаточно полным, четким и обоснованным. И в то же время он бывает чрезвычайно труден и всегда ответственен. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы получить ответ с помощью минимально возможных технических средств и материальных затрат.

Вообще оценка выявленных рудопроявлений проводится по принципу аналогии путем сравнения его основных параметров с требованиями промышленности к тому или иному виду сырья, известными параметрами промышленных месторождений. Однако такая оценка очень непростая из-за ограниченности и неполноты данных о рудопроявлениях, иногда даже косвенного характера этих данных о полезном ископаемом (например, лишь по поверхностным выходам сильно измененного минералогического и химического состава). И следовательно, любая оценка содержит в себе элементы риска, так как может оказаться в чем-то ошибочной.

Для обоснования оценки рудопроявления и его дальнейшего изучения необходимы следующие материалы: 1) географо-экономические сведения о районе; 2) характеристика рельефа района и места рудопроявления; 3) геологическая карта и профили для участка рудопроявления; 4) геофизические и геохимические данные (схемы опробования, карты и пр.); 5) предварительные данные о содержании полезных компонентов в руде, ее физических свойствах.

Установление размеров залежей или тел полезных ископаемых и их положения в пространстве может быть произведено примерно на основе прослеживания выявленных признаков на поверхности или на глубину (по данным горных выработок или бурения). При этом необходимо учитывать возможные изменения мощности, формы и условий залегания тел полезного ископаемого в приповерхностных условиях – в результате выветривания, просадок и других экзогенных деформаций. Сравнительно легко можно установить протяженность и ширину залежей полезного ископаемого, значительно труднее определить и проследить распространение оруденения на глубину. Если данных бурения нет, остается рассчитывать на опыт предыдущих работ и уже испытанную интуицию – при интерпретации имеющихся геофизических и геохимических данных. Естественно, что оценка распространения оруденения даже на ближайшую глубину является геологическим прогнозом. Для его обоснования важно выяснить геолого-структурную позицию будущего месторождения, глубину его эрозионного среза (если он есть) или среза его эндогенного ореола рассеяния, связь оруденения с вмещающими породами и характером их изменения, и пр.

На основании этих сведений и данных о вещественном составе полезного ископаемого, при сравнении с известными месторождениями, может быть дано определение промышленного типа обнаруженного рудопроявления.

В итоге поисково-оценочных работ составляются специальные прогнозные карты, являющиеся основой для продолжения поисков или постановки разведочных работ на рекомендуемых объектах. На этих картах обозначаются участки для проведения поисков той или иной детальности I, II и III очереди, а также выявленные объекты, рекомендуемые для проведения предварительной разведки.

Разведка месторождений полезных ископаемых

Разведкой называется комплекс операций и исследований, необходимых для получения достаточной информации о месторождении полезного ископаемого в целях его оценки и подготовки к промышленному использованию. Разведочные работы проводятся прежде всего для определения количества и качества полезного ископаемого, выяснения природных условий его залегания и промышленно-экономических условий освоения месторождения.

Главная задача разведки – выявление геолого-промышленных и экономических параметров месторождения - для обоснованного проектирования, строительства и эксплуатации горнорудного предприятия. В ходе разведки решаются и частные задачи – инженерно-геологические, гидрогеологические, технологические.

Обычно выделяют три этапа разведочных работ: предварительный, основной и эксплуатационный, иногда первые два объединяют. Предварительная разведка должна выявить принципиальную картину геологического строения месторождения («схематически»), определить возможное общее количество полезного ископаемого в недрах и ее среднее качество. Она сводится к прослеживанию и оконтуриванию тел полезных ископаемых на поверхности и пересечению их на глубине отдельными горными выработками или скважинами. Запасы оцениваются предварительно как ресурсы или по категории C_2 . В благоприятном случае составляется технико-экономический доклад (ТЭД), подтверждающий целесообразность дальнейшей разведки, и затем – проект детальной разведки.

Детальная разведка определяет уже однозначно и более точно, в деталях, геологическое строение месторождения, качество и количество полезного ископаемого (по сортам и участкам), после разработки и утверждения проекта кондиций для этого месторождения проводится подсчет запасов полезного ископаемого, составляются рекомендации по переработке сырья, разрабатывается проект эксплуатации месторождения. Эксплуатационная разведка сопровождает разработку месторождения, при этом уточняются детали геологического строения месторождения и отдельных его участков, особенности распределения полезных компонентов в рудах, мощности залежей. При этом

продолжается развитие фронта разведочных работ на флангах месторождения и на глубину. Ее задачей является прирост запасов - расширение сырьевой базы действующего горнорудного предприятия.

Нередко поэтому возникает необходимость проведения доразведки месторождения - для восполнения отработанных запасов на прирезанных площадях в пределах горного отвода, или в случае ввода в эксплуатацию неосвоенного месторождения (ранее разведанного), для которого пересмотрены кондиции или представления о его строении.

С методической точки зрения в процессе разведки полезно придерживаться общих положений, получивших название принципов разведки. Очевидно также, что эти принципы могут пригодиться в любой другой области исследовательской деятельности. Вот они:

1. Принцип аналогии – самый простой и понятный: используется опыт изучения однотипных месторождений; при достаточной степени сходства разведываемого месторождения с известными примерами представляется возможным применение критериев подобия для определения промышленного типа, систем и методов разведки и т.п. На этом же принципе основан метод экстраполяции, например, при прогнозе оруденения на глубину и на флангах изученных залежей.

2. Принцип последовательных приближений лежит в основе подразделения геологоразведочного процесса на стадии и этапы, а также при детализации исследований. Принцип «ловчей сети» с уменьшающейся ячейкой для обнаружения объекта.

3. Принцип выборочной детализации предусматривает проведение на отдельных типичных участках месторождения (в случае известной устойчивости важнейших его параметров) более детальными работами, чем на других участках. Полученные данные распространяются по принципу аналогии на остальные участки.

4. Принцип полноты исследований важен при обеспечении необходимой информации для подсчета запасов, составления проекта кондиций и вообще для всестороннего представления о месторождении. Степень полноты исследований зависит от детальности работ, однако повышение последней целесообразно лишь до тех пор, пока прирост информации окупается затратами на ее получение.

5. Принцип равной достоверности (или равномерности изучения) следует из необходимости равномерного освещения разведываемого месторождения – проектируемыми выработками и скважинами, сетью опробования и т.п. Применение этого подхода не отменяет необходимости более детального исследования сложных участков месторождения, напротив, в этом случае достигается равномерное освещение всего объекта.

6. Принцип наименьших затрат средств и времени выражает экономически целесообразный разумный подход в осуществлении разведочных работ («опасность переразведки»).

Структуры рудных полей и месторождений

Опыт изучения огромного количества месторождений приводит к выводу, что их распределение в пределах рудных поясов и провинций, размещение в рудных районах и узлах, а также локализация отдельных рудных тел и залежей самих месторождений подчиняются в первую очередь структурно-тектоническому фактору. Мы здесь коснемся лишь вопроса о структурах месторождений, поскольку именно они в значительной степени определяют направление и характер разведочных работ, применяемые методы и средства. В самом общем виде выделяют складчатые, разрывные и трещинные структуры, а также структуры вулканогенные и плутоногенные. По отношению к оруденению сами структуры или их элементы могут быть дорудными, внутрирудными и послерудными.

Складчатые структуры. Относительно простые и протяженные складки в литологически однородных толщах, иногда осложненные более мелкими складками, флексурами и сбросами (месторождения медистых песчаников в красноцветях верхней перми Приуралья; медистые песчаники среднего-верхнего карбона Джекказгана; в антиклинальных складках толщи доломитов верхнего девона располагаются пластовые тела Миргалимсайского полиметаллического месторождения в хр. Большой Каратау (Казахстан) .

Среди интенсивно смятых в складки слоистых толщ вдоль плоскостей срыва и отслаивания компетентных пластов на крыльях и в полостях замков складок нередко распределяется полиметаллическое и сурьмяное оруденение многих месторождений Киргизии и Узбекистана, локализовано золоторудное месторождение Бендига в Австралии. Складчатые структуры с поперечными складками характерны для сложнодислоцированных метаморфических толщ докембрия, вмещающих железистые кварциты (джеспилиты) и магнетитовые руды КМА и Кривого Рога.

Разрывные структуры. Рудоконтролирующие и рудовмещающие разрывные нарушения весьма разнообразны: это сбросы и взбросы, сдвиги, надвиги, а также зоны смятия и рассланцевания, кливажа, зоны дробления, трещины скола и отрыва. Сбросы обычно контролируют низкотемпературное гидротермальное оруденение большинства золото-серебряных, некоторых сурьмяных, ртутных и мышьяковых месторождений. К крупным сбросам, огрпничивающим зоны депрессий и грабенов, приурочены многие флюоритовые и баритовые месторождения Забайкалья. Классический пример контроля оруденения сбросами – Садонское полиметаллическое месторождение на Северном Кавказе, локализованное среди гранитов в виде сложных жил в зонах трещин, оперяющих главный Садонский разлом (сброс).

Многочисленны примеры локализации оруденения в структурах взбросов и взбросо-сдвигов в виде жил, штокверков, оруденелых тектонических брекчий: это Хрустальненское оловорудное месторождение в Приморье, Бурун-Шивиинское вольфрамовое в Восточном Забайкалье, полиметаллические месторождения Нерчинско-Заводского рудного района в Забайкалье.

Значение надвигов в распределении эндогенного оруденения пока еще не в полной мере понято, более известна их роль в случае тектонически перекрытых автохтонных месторождений (нефти и газа в Аппалачах, полиметаллических месторождений Ингичке, Чорух-Дайрон в Средней Азии, Турьинских медно-скарновых на Среднем Урале). В то же время известны случаи проявления минерализации непосредственно в зонах надвигов – это телетермальные ртутные и ртутно-сурьмяные месторождения Северного Кавказа, Южного Тянь-Шаня и Копет-Дага.

Зоны рассланцевания и кливажа нередко содержат гидротермальные месторождения – от ртутных и сурьмяных до молибден-вольфрамовых и золоторудных. При этом обнаруживается приуроченность отдельных жил к системам трещин скола и отрыва. В результате дробления возникают сложные трещинные структуры в отдельных блоках между разломами, затем они подвергаются интенсивному рудоотложению с образованием штокверковых тел (Хайдарканское и Никитовское ртутные месторождения).

Вулканогенные структуры. В последние десятилетия была установлена их важнейшая роль в локализации многих типов месторождений, в первую очередь колчеданных, медноколчеданно-полиметаллических и меднопорфировых. Среди них были выявлены гидротермально-осадочные сульфидные образования, однотипные с современными накоплениями «черных курильщиков» на дне океанов в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов. На Южном Урале они приурочены к мощным толщам палеоокеанической базальтовой формации ордовика – среднего девона. Как правило, их руды в основном пиритовые, с примесью халькопирита и сфалерита, залегают в виде линз среди подушечных лав базальтов. В качестве примеров приведем месторождения Домбаровской группы на востоке Оренбургской области, а также Блявинское и Яманкасинское в составе Сакмарского шарьяжа на западном склоне Юж. Урала.

Другая группа южноуральских колчеданных месторождений, также гидротермально-осадочного происхождения, располагается среди пород позднесилурийско-среднедевонских риолит-базальтовой и риолит-дацит-андезит-базальтовой формаций, характерных для вулканизма островных дуг. Месторождения приурочены к остаткам вулканических построек, их жерловым центрам, кальдерам и субвулканическим телам. Состав руд более разнообразен, но основные минералы – те же. На глубине они сменяются гидротермально-метасоматическими рудами того же состава, залегающими среди образований метасоматической колонки, типичной для колчеданной формации субвулканической глубинности (хлоритовые и серицитовые сланцы, вторичные кварциты). Интервал рудоносности по вертикали может достигать 1-2 км и более. Наиболее известные примеры – Гайское и Джусинское – в Оренбургской области, Бурибайское, Сибайское, Маканское, Юбилейное, Подольское, Учалинское месторождения – в Башкирии.

Разумеется, что вулканогенные структуры также важны и для других типов оруденения и месторождений, например, Тихоокеанского вулканического кольца – вулканических островных дуг в его юго-западной

части (золота, молибдена, меди и др.), активных континентальных окраин Северной, Центральной и Южной Америк (золота, серебра, олова, меди, молибдена, урана, ртути и др.). На континентах характерны алмазоносные вулканические трубки взрыва (Якутия, Архангельская область, ЮАР).

Плутоногенные структуры. В первую очередь это структуры магматических месторождений – расслоенных интрузий основного-ультраосновного состава: медно-никелевые и платиновые месторождения Садбери, Печенги на Кольском полуострове, Норильские, позднемагматические апатитовые месторождения в щелочных сиенитах Хибин на Кольском полуострове, хромитовые месторождения в дунитовых «ядрах» перидотитовых массивов на Южном Урале и в Мугоджарах, стратифицированные ванадиеносные ильменит-магнетитовые залежи в габбро-пироксенитовых массивах г. Качканар на Среднем Урале.

Разнообразные постмагматические месторождения также тесно связаны с интрузивными телами и их контактами, залегая внутри или поблизости от плутонов различных гранитоидов. Это характерно для грейзеновых и пегматитовых редкометальных месторождений, приуроченных к системам трещин внутри массивов, зонам обильной трещиноватости и флюидной переработки в кровле и боковых контактах. Более удаленными от плутонов обычно оказываются жильные гидротермальные месторождения олова, вольфрама, свинца и цинка, золота, мышьяка и сурьмы, в целом обнаруживая закономерное распределение по системам трещин на дальней периферии гранитоидных плутонов (зональность) или вообще не проявляя какой-либо пространственной связи с ними. В этих случаях говорят о рудоконтролирующих трещинных структурах, нередко общих с дайковыми полями. Многие порфировые и штокверковые месторождения размещаются внутри массивов кварцевых диоритов и гранодиоритов или над ними (молибден-вольфрамовые месторождения Джидинского рудного поля в Забайкалье).

**Группировки месторождений
по размерам тел полезных ископаемых,
характеру непрерывности и степени изменчивости
оруденения, морфологии тел и распределения в них
полезных компонентов**

Для того чтобы выбрать какие-либо способы и методы разведки месторождения, необходимо определить важнейшие его признаки, позволяющие классифицировать месторождение, то есть отнести его к определенной группе. Эти признаки – практически самые важные и удобные – были предложены еще В.М.Крейтером и указаны в заголовке.

По размерам выделяются 4 группы: 1) мелкие, 2) средние, 3) крупные и 4) уникальные или гиганты. При этом абсолютные размеры месторождений и их залежей могут быть самыми разными для различных полезных ископаемых.

Приведем примеры из материала учебной практики на Южном Урале: уникальное – Гайское медноколчеданное месторождение, крупное – Новокиевское железорудное, средние – Блявинское и Яманкасинское медноколчеданные месторождения, Кумакское месторождение огнеупорных глин, мелкое – Шубинское месторождение рутилоносных эклогитов.

По характеру непрерывности оруденения месторождения могут быть разделены на непрерывные, слабо прерывистые, прерывистые и крайне прерывистые. При этом используется отношение мощностей (или интервалов) рудных тел и пустых -вскрышных или разделяющих руду прослоев пород, или другие отношения рудных и безрудных участков (от 0,1 до 1).

По изменчивости морфологии тел полезных ископаемых выделяются устойчивые (коэф-т вариации до 40%) – обычно пластовые и пластообразные залежи, с небольшими колебаниями мощности на больших расстояниях; изменчивые (коэф-т вариации 40-100%) – пласты, линзы, жилы и другие залежи, с небольшим раздувами и пережимами; весьма изменчивые (коэф-т – 100-150%) – линзообразные тела и жилы, залежи неправильной формы, с чередованием раздувов и пережимов на небольших расстояниях; крайне изменчивые (коэф-т вариации более 150%) – не постоянной формы, с резкими колебаниями мощности, вплоть до выклинивания, нарушенные сбросами и сдвигами.

По степени равномерности распределения полезного компонента в рудных телах выделяются: 1) весьма равномерные и равномерные (коэф-т вариации до 40%), 2) неравномерные (40-100%), 3) весьма неравномерные (100-150%), и крайне неравномерные (более 150%).

Таким образом, используя эти показатели, можно выделить по крайней мере 5 групп месторождений полезных ископаемых:

1. Крупные протяженные пластовые и пластообразные месторождения с выдержанной мощностью залежей и относительно равномерным распределением полезных компонентов в руде. Примеры: многие осадочные месторождения железа (Керченское, Аятское) и марганца (Никопольское, Токмаковское, меди (Джезказганское, Удоканское), каменного угля (Экибастуз, месторождения Кузбасса), каменной соли (Соль-Илецкое), калийных солей (Верхнекамское, Старобинское в Белоруссии), огнеупорных глин (Кумакское), строительных материалов (Новоорское месторождение строительного камня), мрамора (Коелгинское и Айдырлинское на Ю.Урале).

2. Это также крупные месторождения, но с залежами и телами различной формы, с неравномерным распределением мощности и полезных компонентов в рудах. Сюда относятся линзо- и пластообразные залежи осадочных месторождений железа (Новокиевское на Ю.Урале), месторождений древних кор выветривания, содержащих руды никеля и кобальта (Халиловское, Бурыктальское на Ю.Урале), линзовидные тела медноколчеданных месторождений (Гайское и др.), линзы сплошных и вкрапленных руд хромитов (Донские месторождения в Мугоджарах), титаномагнетитовых руд (Качканарское и Кусинское на Урале), медно-никелевых сульфидных руд (Норильский рудный район), рассеянно-вкрапленные руды медно-

молибденовых порфировых месторождений мира, прожилково-вкрапленные руды цветных и редких металлов штокверковых месторождений и др.

3. Средние по размерам месторождения, с разнообразными по форме залежами и телами полезных ископаемых, слабо прерывистым и прерывистым оруденением, с неравномерным и весьма неравномерным распределением полезных компонентов в рудах. Это преимущественно жильные и сложные линзообразные тела, штоки вкрапленных руд цветных и редких металлов, сложные залежи цветных и редких металлов в скарнах, залежи силикатных никелевых руд коры выветривания трещинного типа (Уфалейская группа на Урале).

4. Крупные и средние, иногда мелкие месторождения с телами трубообразных очертаний, с прерывистыми и ветвящимися жилами руд в скарнах и весьма неравномерным распределением полезных компонентов в рудах. Примеры: месторождения алмазов в кимберлитовых трубках взрыва (Мир, Юбилейная, Айхал, Удачная в Якутии), в лампроитах (Арджайл в Австралии), штоки шеелитовых руд вольфрама в грейзенах.

5. Обычно мелкие месторождения с крайне прерывистым оруденением, с неравномерным и крайне неравномерным распределением полезных компонентов в рудах. Формы тел весьма разнообразны: это гнезда, мелкие линзы и штоки, шпирь и мелкие ветвящиеся жилы и прожилки. Примеров – множество и они разнообразны. Приведем лишь некоторые. Мелкие гнезда характерны для месторождений платины и платиноидов в дунитах, шпирь и гнезда – для хромитов в дунитах (Халиловские месторождения на Ю.Урале), камеры - «погреба» и «занорыши» горного хрусталя в кварцевых жилах, драгоценных камней в пегматитах (Мурзинка, Нейво-Шайтанка и другие месторождения на Ю.Урале).

Методы разведки

Основные методы разведки:

- 1) детальное геологическое и специальное картирование;
- 2) методы линейных подсечений и плоскостных сечений;
- 3) методы геологических и эксплуатационных блоков.

Детальное геологическое картирование производится на топографической основе и с помощью высокоточных геодезических инструментов. На рабочие планы наносится геологическая основа и данные маркшейдерских съемок, с указанием элементов тектонических дислокаций, маркирующих горизонтов, околорудных вмещающих пород с их зональным строением, контуров рудных залежей, элементов их внутреннего строения и зональности, мест подсечений контактов и опробования. Вдоль профилей горных выработок и скважин выстраиваются геологические разрезы с теми же элементами геологического строения.

Специальное картирование – структурное, минералогическое, геохимическое – проводится в необходимых случаях по тематическим заданиям с применением специальных методов и методик для того, чтобы выявить некоторые важные черты строения месторождения и рудного поля, генетические отношения отдельных его элементов, последовательность формирования минеральных парагенезисов и т.п.

Линейные подсечения тел полезных ископаемых производятся буровыми скважинами и горными выработками – для обнаружения и прослеживания этих тел, а также для выяснения условий залегания. В случае использования метода плоскостных сечений основная информация отражается на погоризонтных планах или вертикальных геологических разрезах вдоль профилей буровых скважин и горных выработок. При построениях необходимо использование методов интерполяции и экстраполяции – в тех случаях, когда недостает прямых данных подсечений контактов залежей и рудных тел.

Методы геологических блоков используют построения геологического картирования, совмещенные с построениями плоскостных сечений – в случае более сложных рудоконтролирующих структур, сложного характера изменчивости параметров рудных тел, качества полезного ископаемого и распределения в нем компонентов и т. п. Эти отличия приводят к необходимости выделять отдельные части месторождения и его залежей в виде соответствующих блоков и рассматривать их строение отдельно.

Разведку сопровождают специальные исследования, дополняющие геологическое изучение месторождения: геофизические и геохимические.

Геофизические исследования в скважинах и горных выработках проводятся в первую очередь для корреляции маркирующих горизонтов и контактов, определения контуров залежей в межскважинном пространстве. Широкое применение здесь находят электроразведочные методы. Разнообразные методы используются при каротаже скважин: для регистрации параметров электрического поля – методы самопроизвольной поляризации (ПС) и кажущихся сопротивлений (КС), для измерения вертикальной составляющей магнитного поля – магнитный каротаж (МК), радиактивности – гамма-каротаж (ГК). Также важны различные виды нейтронного каротажа, применяемые для регистрации возбуждаемых излучений и полей, свидетельствующих о некоторых свойствах и особенностях состава пород. На модели электрических потенциалов пород и руд основано применение метода вызванной поляризации (ВП). Особенно широко применяется комплексирование магнитного, электрического и ядерно-физического каротажа при разведке сульфидных медноколчеданных и меднопорфировых месторождений, медноникелевых норильского типа, железорудных карбонатитового, метаморфогенного и скарнового типов, полиметаллических месторождений и многих других.

Геохимические исследования применяются для выяснения сложных вопросов изменчивости оруденения по составу компонентов, зональности рудных залежей и околорудных гидротермально-метасоматически измененных пород в отношении распределения каких-либо компонентов, для выявления

слепых рудных залежей и связанных с ними эндогенных ореолов рассеяния. Нередко в комплексе с этими исследованиями проводится и минералогическое изучение рудных залежей и тел для выделения минералогических ассоциаций (парагенезисов), выяснения стадийности рудоотложения и формирования месторождения.

Системы разведки

Для достижения поставленных перед разведкой целей необходим выбор технических средств, соответствующих геологическим параметрам месторождения, горно-техническим и экономическим условиям разведки и будущей эксплуатации. С их помощью осуществляются подсечения контактов, определяются контуры и внутреннее строение залежей, проводится опробование полезного ископаемого. Эти средства – горные выработки и буровые скважины. Они имеют свои преимущества и недостатки, поэтому их приходится подбирать и сочетать определенным образом для создания рационально построенной разведочной системы. Все разнообразие таких систем может быть учтено в составе трех групп: 1) горные системы; 2) буровые системы и 3) комбинированные горно-буровые системы.

Горные системы. Разведка горными выработками применяется в двух вариантах: для залежей вблизи поверхности на небольшой глубине (не более 30 м) и на значительной глубине в случаях сильной изменчивости сложных рудных тел по простиранию и падению, колебаний полезных компонентов в рудах. В первом варианте проходят канавы, траншеи и шурфы – при разведке месторождений в корках выветривания, россыпей в долинах рек, иногда - слюдоносных пегматитов и золотоносных кварцевых жил. Во втором варианте разведка (обычно – детальная) производится глубокими подземными выработками – шахтами и штольнями, нередко с попутной добычей полезных ископаемых. Разведочные шахты с штреками на определенных горизонтах проходятся на штокверковых и жильных месторождениях золота и редких металлов, многопластовых сложнодислоцированных месторождениях каменного угля. Штольни используются обычно в горных условиях для подсечения рудных зон и тел и затем – прослеживания по простиранию с помощью штреков на определенных горизонтах (полиметаллические месторождения Садон, Згид в Северной Осетии).

Буровые системы применяются на разведке месторождений с известной устойчивой морфологией рудных тел и залежей, постоянством условий залегания, непрерывным или слабо прерывистым распространением оруденения, более или менее равномерным распределением полезных компонентов в рудах. Разведка мелкими скважинами (до 100-150 м) производится на неглубоких полого и горизонтально залегающих россыпях, залежах строительных песков и глин, строительного камня и пр. С помощью более глубоких скважин разведываются многие типы месторождений. Например, колонковое бурение – вертикальное и наклонное – используется при разведке

медноколчеданных и полиметаллических месторождений, медно-молибден-порфириновых месторождений, бокситовых месторождений, тальковых и асбестовых месторождений, медистых песчаников и других видов минерального сырья.

Горно-буровые системы – наиболее рациональные и часто применяемые системы разведки. Горные выработки обеспечивают получение визуальной документации вскрытых контактов и других важнейших взаимоотношений геологических тел, а также возможность отбора крупных представительных проб на участках выборочного детального изучения, а буровые скважины позволяют оконтурить остальную часть месторождения. Такие системы применяются при разведке средней сложности как по условиям залегания и форме залежей, так и по распределению компонентов – сюда попадают большинство месторождений черных, цветных, релких и драгоценных металлов, имеющих форму жил, линз, гнезд и штокверков. Конкретное сочетание тех или иных видов горных выработок и скважин определяется известными данными о геологии месторождения и задачами, поставленными перед разведчиками. В качестве примера приведем медноколчеданные месторождения Ю.Урала, разведка которых в большинстве случаев проводилась с применением испытанного сочетания колонкового бурения и проходки шахты.

При сравнении различных систем разведки и выборе рациональной системы решающее значение имеют технико-экономические показатели и прежде всего затраты на проведение горных выработок.

Размещение разведочных выработок и скважин (разведочные сети)

Чаще всего применяются два основных способа размещения разведочных выработок и скважин: 1) по регулярной геометрической сети и 2) по линиям и рядам в определенном направлении. Выбор между ними определяется в первую очередь геолого-структурными особенностями месторождения.

Разведочные сети проектируются при горизонтальном и полого наклонном залегании залежей полезных ископаемых, а также в случае картирования и подсечения крупных изометричных линз и штокверков, тел вкрапленных порфириновых руд и пр. Вначале проводятся независимо от их залегания рекогносцировочные вертикальные скважины по более редкой сети. При необходимости (для отбора проб, определения условий залегания и мощности рудных тел, для контроля результатов бурения) в той же сети размещают шурфы, доля которых определяется потребностями разведки.

В процессе работ разведочные сети развиваются, их площади приращиваются, а густота сети растет, достигая запроектированной плотности. Иногда оказывается необходимым подсечение рудной залежи или контактов – первое или второе на большей глубине – дополнительной скважиной или выработкой, и первым шагом разведчика является взятие «в вилку»

предполагаемого контакта и вторым - ополовинение расстояния между пройденными скважинами (или используется другой способ интерполяции). Для решения таких задач проектируется некоторый резервный объем буровых и горных работ.

Расположение выработок и скважин по равномерной геометрической сети важно уже на начальной стадии разведки; оно оправдывается в дальнейшем, когда на ее основе можно будет по тем или иным параметрам выделить и оконтурить отдельные блоки внутри сложной залежи.

По разведочным линиям скважины и выработки размещаются в случаях:

1) общего наклонного и достаточно крутого залегания пород, вмещающих предполагаемую залежь пластообразной или линзовидной формы; 2) при удлиненной в плане форме рудоносной зоны и предполагаемой залежи; 3) если установлено направление закономерного изменения строения, мощности, состава рудных тел. Линии ориентируются вкрест указанных направлений (в первую очередь – простирания), параллельно друг другу на регулярных расстояниях. Однако при изменении направления структурных и других элементов рудного поля ориентировка разведочных линий также меняется. Расстояния между точками заложения скважин и выработок на линии определяются из общих соображений о регулярности и плотности сети (и соответствии ее масштабу разведочных планов и профилей), а также из данных о наклонах контактов геологических тел, возможной глубине подсечения рудных залежей, мощности рыхлых наносов. Проектная глубина скважин и выработок определяется, кроме указанных геологических обоснований, еще и заданной предельной глубиной разведки в том или ином рудном районе. Однако со временем эта глубина растет, особенно по мере разработки месторождения в связи с необходимостью прироста его запасов.

Необходимо учитывать, что глубина скважин и выработок должна определяться с таким расчетом, чтобы основные структурные элементы месторождения (маркирующие горизонты, разломы, контакты интрузий, рудных зон) были подсечены на каждой линии не менее чем в 2-3 случаях. Это обеспечивает возможность построения так называемых «перекрытых» геологических разрезов, надежно представляющих структуру месторождения. Есть и еще одно важное соображение: уровни глубины подсечения рудных тел должны быть кратными высоте будущих эксплуатационных этажей. Так, если средняя высота эксплуатационного этажа составляет 80 м, то места заложения разведочных выработок и скважин следует выбирать на проектном профиле таким образом, чтобы они подсекли рудное тело на одной из глубин – 40, 80, 120, 160 м и т. д. При этом разведчики следуют таким общим эмпирическим правилам для определения глубины разведочных выработок и скважин: 1) для мощных залежей глубина подсечения рассчитывается по ее осевой плоскости (линии на профиле) и 2) выработки и скважины необходимо проходить до лежащего бока залежи.

Как правило, верхние горизонты залежи разведываются детальнее, чем более глубокие, чтобы подготовить отработку месторождения сверху вниз. Поэтому точки подсечения рудных тел на верхних горизонтах проектируются

гуще, чем на нижних; горные выработки (шурфы, канавы, штольни) сосредотачивают также на верхних горизонтах, а на нижних – буровые скважины.

Плотность разведочной сети определяется числом выработок и скважин на единицу площади территории. Ступение сети вдвое ведет к увеличению числа выработок или скважин в 4 раза и, следовательно, такому же увеличению затрат на 1 т разведанных запасов. Понятно, что снижение этих затрат и себестоимости продукции в значительной степени может быть достигнуто за счет оптимального разрежения разведочной сети при сохранении достаточной полноты и представительности результатов разведки. Как важно найти здесь «золотую середину»! В этом-то и заключается искусство разведчика.

Это искусство проявляется в практическом проведении запроектованной разведки, в соблюдении некоторых тактических правил. Важно правильно построить график проведения буровых и горных работ с использованием имеющейся техники, а затем выполнять его с учетом возникающих обстоятельств и появляющихся новых геологических результатов. Теоретически существуют три варианта в определении порядка проходки скважин и горных выработок:

- 1) последовательная проходка – безошибочный способ, но сколько для этого потребуется времени – а ведь в нашем распоряжении скорее всего будет не один буровой станок или одна бригада проходчиков! На практике поэтому не применяется.
- 2) параллельная проходка – ведет к экономии времени, обеспечивает минимальную продолжительность разведки, но требует огромной концентрации ресурсов и техники, и главное – она таит риск нерационального использования какой-то части запроектованных объемов работ, когда разведчики не успевают учесть новые результаты при самом бурении и проходке выработок. В «чистом» виде поэтому не применяется.
- 3) параллельно-последовательная проходка – наиболее рациональный способ развития работ, однако здесь еще остается много простора для выбора конкретных вариантов. Правда, обычно заранее известно одно из условий – количество буровых или горнопроходческих бригад, предоставляемых той или иной организацией.

Оконтуривание тел полезных ископаемых осуществляется в результате подсечения и прослеживания рудных тел и залежей – на планах проводятся их границы. Различают оконтуривание в результате непрерывного прослеживания, путем интерполяции и путем экстраполяции. Первый способ самый надежный, но наиболее часто применяется второй (между двумя соседними выработками или скважинами). В краевых частях залежей контуры контуры проводятся по правилам экстраполяции на некотором расстоянии от выработок и скважин, в соответствии с геологическими представлениями и ожиданиями геолога-разведчика.

Опробование полезных ископаемых

Это комплекс специальных работ и операций, выполняемых для изучения состава и свойств минерального сырья, что определяет его качество и возможность использования в промышленности. Опробование – важнейшая и ответственная составная часть разведочного процесса, оно продолжается также вплоть до полной отработки месторождения.

«Обыск камней без пробы скучен и сомнителен» (М.В.Ломоносов).

Операции опробования осуществляются путем отбора в горных выработках, в керне скважин и в естественных обнажениях тел полезных ископаемых представляющих их образцов и порций их вещества, называемых пробами. По результатам опробования оценивается качество минерального сырья, выделяются его типы и сорта, выясняются закономерности распределения полезных компонентов в залежах, особенности размещения богатых и убогих руд и необходимые для разработки и переработки технические и технологические свойства. Данные опробования необходимы в первую очередь для подсчета запасов полезного ископаемого, а также для решения следующих важных вопросов:

- 1) для направления геолого-разведочных и подготовительно-эксплуатационных работ, в частности, на месторождениях, где тела не имеют четких геологических границ и постепенно переходят к вмещающим породам (и их границы устанавливаются только по результатам опробования);
- 2) для оконтуривания участков тел полезных ископаемых, различных по качеству и выбора наиболее целесообразного способа его переработки;
- 3) для контроля за полнотой отработки минерального сырья, предупреждения хищнической эксплуатации, получения данных для определения потерь и разубоживания при разработке месторождения;
- 4) для планирования добычи минерального сырья;
- 5) для определения запасов минерального сырья при составлении баланса запасов в недрах.

Различают следующие виды опробования: химическое, минералогическое, геохимическое, геофизическое, техническое и технологическое. Два последних применяются для определения физико-механических свойств минерального сырья. Это испытания строительных материалов на сжатие, изгиб, огнеупорность, морозостойкость, пластичность, спекаемость, определение объемного веса, пористости, влагоемкости образцов руд и минерального сырья.

Химическое опробование – основной и самый распространенный вид; оно применяется на рудных месторождениях для определения в пробах содержания основных и второстепенных компонентов (химических элементов). Эти данные прямо используются при подсчете запасов металлов и других полезных компонентов в рудах и минеральном сырье. Поэтому отбор проб проводится систематически по всем рудным пересечениям, а пробы должны быть представительными.

Минералогическое опробование проводится при разведке россыпных месторождений для определения содержания ценных минералов (золото, платина, алмазы, касситерит, циркон, минералы титана), а также при разведке месторождений твердых полезных ископаемых – для исследования минерального состава руд, минералогического картирования вмещающих околорудных измененных пород.

Геохимическое опробование используется для изучения рудных месторождений, зональности их руд и первичных ореолов во вмещающих породах, для решения специальных задач, облегчающих проведение разведки. Высокоточные приборы и методики массового экспресс-анализа (спектрального, атомно-абсорбционного и др.) позволяют определять весьма малые содержания в кратчайшее время и в больших объемах, заменяя в некоторых случаях обычное химическое опробование.

Геофизическое опробование проводится с целью определения содержаний полезных компонентов непосредственно в горных выработках и скважинах без отбора материала и разрушения минеральной массы. Это дает возможность производства повторного геофизического исследования и других видов опробования. Сюда относятся различные современные методы ядерно-геофизического опробования – гамма-гамма, нейтрон-нейтронный, рентгено-радиометрический и другие, применяемые на разнообразных рудных месторождениях, особенно сложного строения, с изменчивыми параметрами.

Способы и параметры опробования. В горных выработках применяются способы: 1) точечные, 2) линейные, 3) площадные и 4) объемные. К первым относятся штуфной и точечный (по сетке), ко вторым – бороздовой (единичные, групповые и секционные пробы) и шпуровой, к третьим – задирковый, к четвертым – валовый (показать примеры на слайдах). Опробование по керну скважин (важен выход керна!), пробы шлама. Поинтервальное опробование скважин.

Обработка и сокращение проб должны производиться по стандартным схемам и правилам. Обычно они сводятся к следующим операциям: 1) дробление, 2) просеивание и 3) сокращение материала проб. При этом важно придерживаться известного правила Ричардса – Чечотта о зависимости между весом пробы (в кг) и размером наибольших ее частиц, при которой сохраняется еще представительность пробы: оно записано в виде формулы $Q=k \cdot d^2$, где Q – вес пробы в кг, d – диаметр частиц (в мм), k – коэффициент, характеризующий степень равномерности распределения полезного компонента в руде. Его значения могут быть подобраны в следующем соответствии (см. табл. 6):

Таблица 6

	Степень равномерности оруденения	Коэф-т вариации, %	Значение k
1	Весьма равномерное и равномерное	Менее 40	0,05-0,1
2	Неравномерное	40-100	0,1-0,2
3	Весьма неравномерное	100-150	0,2-0,8
4	Крайне неравномерное	Более 150	0,8-1,0

Таким образом, для обработки и сокращения проб необходимо:

- 1) подобрать значение коэф-та k , обеспечивающее правильное сокращение начальных весов проб и представительность конечного веса пробы;
- 2) произвести измельчение материала пробы;
- 3) сократить первоначальный вес пробы до конечного (заданного);
- 4) составить общую схему обработки и сокращения проб.

Подсчет запасов полезных ископаемых

В настоящее время в России действуют единые принципы подсчета, оценки и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых в недрах. Эти принципы отражены в классификации запасов и ресурсов. На ее основе разработаны и утверждены ГКЗ (Государственной Комиссией по Запасам) МПР (Министерства Природных Ресурсов) РФ инструкции по ее применению. Подсчет запасов полезных ископаемых производится по результатам геолого-разведочных работ и эксплуатационных работ. на основе полученных результатов проектируется строительство горнодобывающих предприятий и горно-обогатительных комбинатов.

Подсчету подлежат запасы полезного ископаемого без учета потерь и разубоживания при их добыче – это так называемые геологические запасы. Запасы основных и попутных полезных компонентов в комплексных рудах считаются отдельно и читаются комплексно.

Прогнозные и перспективные ресурсы полезных ископаемых оцениваются по благоприятным геологическим предпосылкам в пределах перспективных территорий (рудных районов, нефтегазоносных провинций и т.п.), а также на флангах и на глубину отдельных месторождений.

Классификация запасов и ресурсов предусматривает:

- 1) группировку месторождений по степени их изученности и сложности геологического строения;
- 2) подразделение запасов полезных ископаемых по степени разведанности, а прогнозных и перспективных ресурсов – по их обоснованности;
- 3) группировку запасов по их экономическому значению.

По степени изученности месторождения подразделяются на оцененные и разведанные. К первым относятся месторождения с прогнозными и перспективными ресурсами и предварительно оцененными запасами; по этим месторождениям и по соответствующим параметрам может быть принято решение о целесообразности проведения разведки. Эти параметры следующие: качественная характеристика полезного ископаемого, его технологические свойства, гидрогеологические и горно-технические условия разработки и переработки. Ко вторым (разведанным) относятся месторождения с запасами,

разведанными с помощью горных выработок и скважин; для этих месторождений достигнута степень и полнота изученности, позволяющая получить характеристику указанных параметров, достаточную для технико-экономического обоснования их промышленного освоения.

По сложности геологического строения месторождения твердых полезных ископаемых подразделяются на 4 группы – для металлических и неметаллических, и на 3 группы – для каменного угля и горючих сланцев.

Первая группа месторождений характеризуется простым геологическим строением. Они представлены простыми по форме и внутреннему строению телами и залежами, с выдержанной мощностью и равномерным распределением основных полезных компонентов. Вторая группа представлена месторождениями более сложного строения, с изменчивыми мощностью и внутренним строением тел, непостоянным качеством и неравномерным распределением основных компонентов (сюда отнесены также месторождения каменных углей и солей относительно простого строения, но с очень сложными горно-геологическими условиями разработки). Третья группа – это месторождения очень сложного геологического строения, с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения тел полезных ископаемых, весьма неравномерным распределением основных компонентов. Четвертая группа включает месторождения весьма сложного геологического строения, с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, со сложным прерывистым или гнездовым распределением основных компонентов.

Категории запасов

Запасы твердых полезных ископаемых по степени разведанности делятся на категории A_1 , B_1 , C_1 и C_2 . Первые три считаются разведанными запасами, а последняя – предварительно оцененными. Прогнозные ресурсы делятся по степени их обоснования на категории P_1 , P_2 и P_3 .

Основные требования к определению категории запасов сведены в следующей таблице:

Таблица 7

	Степень разведанности и изученности	Условия залегания и строение залежей и тел	Качество и технологические свойства сырья	Горно-техн. условия разработки
A	Детальная. Контуры тел определены скв. и горн. выработками	Полностью выявлены условия залегания, формы и строение тел	Полное выявление пром. сортов качества и технологич. свойств	Полностью установлены

В	Детальная. Контуры тел определены скв. и горн.выработками с интерполяцией между ними	Достаточно полно выявлены осн. условия залегания и строения тел	Выявлены качество и осн. техн. свойства – для выбора схемы их переработки	В основном определены
С ₁	Запасы изучены и подсчитаны по сети развед. выработок и скважин и по экстраполяции геол. и геофизич. данных	Выявлены в общ. чертах. Распределение некоторых компонентов может быть не выявлено	Установлены в общих чертах	Выяснено предварительно, в общих чертах
С ₂	Запасы оценены предварительно, контуры тел для подсчета приняты в пределах геол. перспективных структур	Определены на основании геолого-геофизических данных, в отд. точках подтвержденных скважинами	Определены по единичным пробам или по аналогии с соседними участками	Прогноз, обоснованный по геол. данным

Запасы по категории С₂ принципиально отличаются от промышленных категорий А, В и С₁: контуры подсчетных блоков или тел определены лишь на основании единичных скважин и горных выработок, с использованием методов экстраполяции и аналогии.

На месторождениях первой группы выявляют и подсчитывают запасы по категориям А, В и С₁; на месторождениях второй группы – по категориям В и С₁, на месторождениях третьей и четвертой групп по категориям С₁ и С₂.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых – это потенциальные запасы как уже известных так и предполагаемых месторождений. Их оценка основывается на рудоконтролирующих факторах – по аналогии с известными месторождениями того же промышленного типа, а также на благоприятных геологических предпосылках, геохимических и геофизических данных. Прогнозные ресурсы категории Р₁ оценивают как вероятный прирост запасов при будущей разведке за пределами внешнего контура месторождения (по запасам С₂), а также за счет тел полезных ископаемых, выявленных ранее на поисках. Прогнозные ресурсы категории Р₂ оценивают как потенциальные запасы вероятных месторождений в пределах рудоносных территорий (рудных районов, полей, узлов и т.п.). Прогнозные ресурсы категории Р₃ оценивают как потенциальные запасы предполагаемых месторождений на основе благоприятных геологических предпосылок, выявленных при средне- и мелкомасштабном геологическом картировании, дешифрировании аэро- и космодатоснимков, анализе геохимических и геофизических аномалий.

Экономическая группировка запасов. Запасы твердых полезных ископаемых по их экономическому значению подразделяются на балансовые и

забалансовые – для учета их в нелрах и при добыче. Составляется баланс запасов и промышленно ценные из них, составляющие большую часть запасов, называются балансовыми. К ним относят те, разработка которых экономически эффективна (при всех равных прочих условиях) и те, которые находятся в условной граничной экономической оценке, когда освоение их возможно при специальной дополнительной поддержке со стороны государства (в виде дотаций, налоговых льгот и т.п.).

К забалансовым запасам относятся: 1) те, что соответствуют по своим параметрам балансовым запасам, но их добыча в настоящее время невозможна по горно-техническим или технологическим условиям, или правовым, экономическим и другим обстоятельствам; 2) те, добыча которых на время оценки экономически нецелесообразна, но может стать выгодной в ближайшем будущем при благоприятной рыночной конъюнктуре, при внедрении новой технологии и техники.

Геолого-экономические критерии при оконтуривании залежей и тел полезных ископаемых

Важно учитывать степень геологической неоднородности (например, зональность и асимметрия строения залежей), а также степень дискретности в распределении оруденения. В таких случаях, особенно сложных, необходимо использование статистических методов.

Основные геолого-экономические критерии следующие: 1) минимальное промышленное и бортовое содержание полезного компонента в руде; 2) минимальная рабочая мощность тел и залежей полезных ископаемых, минимально допустимая мощность прослоев (или других объемов) «пустых» безрудных пород. Эти критерии кладутся в основу при разработке временных и зетем постоянных кондиций для разведываемого месторождения.

По численным значениям этих критериев на планах и разрезах через опорные точки проводятся (по результатам интерполяции) линии контура тела или залежи. Оконтуривание тел проводится по трем направлениям – мощности, простиранию («длине») и по падению («ширине») тела или залежи. Исходные материалы для этого: данные геологической документации и опробования. Подсчетные контуры сначала выделяются в поперечных разрезах, затем они увязываются между собой в продольных сечениях. Затем, если это необходимо, может быть проведена разбивка на блоки.

Одновременно разрабатывается проект кондиций для данного месторождения. При этом должны быть установлены и обоснованы:

1. Минимальное промышленное содержание полезных компонентов в подсчетном контуре тела или блока;

2. Боровое содержание полезных компонентов в пробе, при котором производится оконтуривание балансовых запасов (в случае отсутствия четких геологических границ рудных тел);

3. Бортовое содержание полезных компонентов в пробе для оконтуривания забалансовых запасов;
4. Минимально допустимое среднее содержание вредных примесей в подсчетном блоке и допустимое содержание их в пробе при оконтуривании тел и блоков с балансовыми запасами;
5. Условия для выделения типов или сортов полезного ископаемого;
6. Минимальная мощность тел полезного ископаемого, включаемых в подсчетные блоки балансовых и забалансовых запасов;
7. Максимально допустимая мощность пустых пород и убогих руд внутри контуров подсчетных блоков для балансовых запасов.

Определение параметров для подсчета запасов

Запасы какого-либо компонента, например, металла в руде, определяются по формуле:

$$P = Q \cdot C,$$

где P – запасы, Q – запасы руды, C – среднее содержание компонента в контуре подсчитываемых запасов.

Запасы руды в свою очередь определяются по формуле

$$Q = V \cdot d,$$

где V – объем рудного тела или его части, d – объемный вес руды.

Объем рудного тела или его части определяется по обычно так:

$$V = S \cdot m,$$

где S – площадь рудного тела или его части, m – средняя мощность рудного тела. Подставляя значения отдельных параметров в первую формулу, получаем запасы полезного компонента в рудном теле или его части:

$$P = m \cdot C \cdot d \cdot S$$

Или в %% : $P = m \cdot C \cdot d \cdot S / 100$

Конечно, это примерный путь расчета по принципиально верным соотношениям. Все становится сложнее, когда приходится от средних значений переходить к оценке распределения случайных величин этих параметров (например, мощности тел или содержаний компонентов в рудах), чтобы перейти к более точному и надежному определению запасов какого-либо месторождения. Для этого созданы специальные методы и программы.

Выбор способа подсчета запасов определяется геологическими особенностями месторождения и примененной системой разведки. При этом следует иметь в виду, что главными источниками ошибок при подсчете запасов являются дефекты документации и недостоверные результаты интерполяции и экстраполяции данных разведки. В конечном счете причиной появления недостоверных результатов оказываются неправильные геологические представления о месторождении.

На практике чаще всего применяются следующие способы:

1. Метод среднего арифметического.
2. Метод геологических блоков.
3. Метод разрезов (сечений).
4. Метод эксплуатационных блоков.

Метод среднего арифметического – самый простой, приближенный и часто предварительный. Подсчет охватывает весь объект, поэтому все разведочные пересечения, находящиеся внутри его контура, служат исходными данными для вычисления средних значений подсчетных параметров. Оконтуривание подсчетной площади может быть произведено любым из известных способов. Сложные очертания залежи или рудного тела сглаживаются и трансформируются в равновеликую по объему геометрически более простую фигуру (плиту, куб, параллелепипед и т.п.). Средние содержания полезных компонентов подсчитываются по каждому разведочному пересечению (профилю) как средневзвешенное для секционных проб на длину этих проб. Метод среднего арифметического применяется на стадии поисково-оценочных работ и по итогам предварительной разведки. Недостатки этого метода – невозможность раздельного подсчета запасов полезного ископаемого по типам и сортам руд или подразделения объекта на какие-либо части.

Пример: подсчет запасов на месторождении силикатных никелевых руд в древней коре выветривания серпентинитов Халиловского массива на Южном Урале (см.: Бирюков и др., 1973).

Метод геологических блоков учитывает качественную или пространственную неоднородность залежей и рудных тел месторождения, выделяя его более однородные части в виде подсчетных блоков. Используются разные показатели: типы полезного ископаемого, морфологические особенности залежей и тел, различия условий залегания, то есть по различным геологическим признакам – отсюда и название «геологические блоки». Это также простой метод, собственно его частным случаем является метод среднего арифметического (когда все тело полезного ископаемого рассматривается как один подсчетный блок).

В общем случае площадь тела полезного ископаемого разделяется на отдельные участки, для которых отдельно оценивается взятый во внимание параметр (мощность тела, тип руды и пр.) и выстраивается ряд сомкнутых объемных фигур - блоков, высота которых равняется средней мощности тела в пределах блока. Запасы подсчитываются для каждого блока отдельно, а затем суммируются (для каждой категории запасов). Это очень удобный и достаточно формальный способ, применяемый в большинстве случаев.

При выделении блоков по геологическим признакам обычно приходится учитывать степень изученности (разведанности) различных участков месторождения и тогда в пределах некоторых блоков выделяют блоки для подсчета запасов соответствующих категорий – это уже переход к более точному методу эксплуатационных блоков.

Метод разрезов (сечений) наиболее полно учитывает геологические особенности тел полезных ископаемых, особенно тех, которые обладают

изменчивыми сложными формами и характеризуются весьма неравномерным распределением полезных компонентов (разнообразные жильные, штокверковые, трубчатые тела). Используется при организации разведки в виде разведочных линий, более или менее параллельных и равноотстоящих друг от друга. Разрезы строятся на геологической основе вдоль этих линий в вертикальной плоскости или по горизонтальным плоскостям разведочных горизонтов (на глубину). В первом случае используются данные бурения скважин, во втором – данные проходки шахт и других подземных выработок.

Рассмотрим лишь первый случай – вертикальных разрезов, применяемый, в частности, на Южном Урале для разведки и подсчета запасов жильных и четковидных линзовидных залежей медноколчеданных руд. Все части залежи, кроме расположенных на ее краях и флангах (по простиранию), ограничены двумя пересекающимися ее вертикальными плоскостями геологических разрезов с буровыми скважинами. Эти части уподобляются блокам, для которых определяется площадь сечений и расстояние между ними. Если разница в площади сечений невелика и плоскости их параллельны, то используется формула объема призмы:

$$V = \{(S_1+S_2)/2\} \cdot L ,$$

где S_1 и S_2 – площади сечений, L – расстояние между разрезами.

Если площади параллельных сечений по величине отличаются более чем на 40%, объем между ними вычисляется по формуле усеченной пирамиды:

$$V = \{(S_1+S_2+ S_1 \cdot S_2)/3\} \cdot L$$

Для крайних блоков, опирающихся только на одно сечение, объем может быть определен по формуле клина $V = (S_1 \cdot L_1)/2$ или конуса $V = (S_1 \cdot L_1)/3$.

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых

Как мы знаем теперь, оценка месторождения производится постоянно, на всех стадиях и этапах геолого-разведочных работ, и завершается подсчетом запасов полезного ископаемого. Такая оценка является геологической. Но в дальнейшем нам приходится заниматься проблемами экономической значимости и месторождения и его запасов, сравнивать его с другими однотипными месторождениями, заниматься экономическими расчетами для определения выгоды от его эксплуатации.

Во всяком случае разведанные запасы подлежат сравнительной экономической оценке, чтобы определить техническую возможность и целесообразность их добычи и возможной переработки. Важнейшими ориентирами являются уровень цен на данный вид минерального сырья и их развитие на ближайший интересующий нас период времени, величина инвестиций и, следовательно, размер предполагаемого дохода от эксплуатации месторождения и время окупаемости понесенных затрат.

Все эти вопросы специально рассматриваются в другой области знания, чаще всего называемой экономикой минерального сырья. Мы ограничимся здесь лишь краткими сведениями.

Основным критерием экономической оценки месторождения является мера отличия основных стоимостных показателей этого месторождения от их среднеотраслевых и рыночных значений. Одним из таких индикаторов считаются так называемые приведенные затраты – вложения средств, приходящихся на 1 тонну (или кубометр) продукции (товарной руды).

Величина приведенных затрат рассчитывается по формуле:

$$Z_{пр} = (P + k \cdot \Phi) / A ,$$

где P – общие годовые эксплуатационные расходы,

k - коэф-т рентабельности (расчетной или минимально плановой),

Φ – основные производственные фонды,

A – годовая производственная мощность предприятия по выпуску продукции или реальный выпуск продукции в тоннах (м³).

Среди других важных показателей мы находим себестоимость продукции (ожидаемую и реальную, по итогам года), удельные капитальные затраты на единицу годовой мощности предприятия, уровень рентабельности по отношению к основным производственным фондам, размер ожидаемой годовой прибыли, сроки окупаемости капитальных затрат.

Однако перечисленных экономико-производственных показателей оказывается недостаточно, они не дают полной экономической оценки промышленной значимости месторождения и эффекта от его эксплуатации. Между тем такой индикатор давно уже известен и учитывается в рыночной экономике всех стран, особенно тех, которые получают доходы от добычи так называемого первичного (природного) сырья из недр. Это горная рента.

В своей общей форме горная рента – это сверхдоход или избыточный доход, который получается при добыче полезных ископаемых после оплаты труда, обслуживания капитала (уплаты %% и пр.) и получения прибыли предпринимателя. Прибыль определяется как наиболее типичный уровень нормы отдачи на инвестиции в данном секторе экономики. В классической дифференциальной форме горная рента – это разность между общественной стоимостью продукта, то есть его индивидуальной стоимостью на худшем по природным условиям месторождении, и индивидуальной стоимостью того же продукта, произведенного на всех остальных месторождениях. Естественно, рыночная цена готовой продукции (товарной руды), включающая горную ренту, оказывается выше цены безрентной (как это было в плановой экономике Советского Союза).

Горная рента, как и всякая натуральная рента (например, земельная), по своему происхождению принадлежит всему обществу. Тем не менее распределяется она в той или иной пропорции между государством, как владельцем недр, и предпринимателями, арендующими участки недр и осуществляющими добычу полезных ископаемых. В разных странах механизм распределения горной ренты различный. Естественно, что государство в любом

случае стремится получить максимально большую долю этой ренты. Наше государство не является исключением, тем более, что основным источником доходов его бюджета является экспорт добываемого из недр сырья (в первую очередь – топливного).

В мировых рыночных ценах на минеральное сырье таким образом отражается уровень дифференциальной горной ренты, и следовательно, при экономической оценке месторождения необходимо соотносить себестоимость и удельные затраты при добыче полезного ископаемого с уровнем цен и средним уровнем допустимых затрат на мировом рынке.

С точки зрения государственных интересов экономическая оценка недр и его объектов необходима для регулирования недропользования и потенциальных выгод частных инвесторов и предпринимателей. Для этого государство регулирует вопросы определения рентабельности вовлечения в промышленный оборот тех или иных групп сырьевых ресурсов, устанавливает уровень оценок эффективности инвестиционных проектов и финансово-экономических показателей освоения месторождений полезных ископаемых. Для частных инвесторов оценка месторождений и вообще перспективности недр необходима при определении инвестиционной привлекательности месторождений, при определении эффективности инвестиционных проектов, связанных с освоением месторождений и котировкой стоимости акций горнодобывающих компаний.

Горная рента на практике распределяется между госбюджетом и частным предпринимателем путем удержания с его доходов специальных налогов за пользование недрами и на добычу полезных ископаемых.

Все горнодобывающие компании облагаются налогом на добычу полезных ископаемых, который был введен в 2002 году (глава 26, Налоговый кодекс РФ). Почти каждый год ставки налога корректируются с целью улучшения экономической ситуации в стране. Благодаря введению данного вида налога поступления в федеральный бюджет от добычи полезных ископаемых значительно увеличились.

Доля доходов по данному налогу в 2009 году составила 39,3%, к концу 2010 года она увеличилась на 4,1% и на 5,6% к концу 2011 года, что можно объяснить повышением цены на нефть. Ежегодно растет объем добываемого природного сырья благодаря освоению и разработке новых месторождений. Это способствует постоянному росту доходов государства, которые были централизованы в федеральном бюджете с 2010 года из-за того, что запасы нефти и газа рассредоточены крайне неравномерно на территории РФ. 2012 год стал годом налоговых реформ для отрасли. Изменения в основном оказались связаны с появлением новых льгот для компаний, занимающихся добычей нефти. Государство рассчитывает, что налоговые послабления должны стать стимулом для освоения и разработки новых месторождений, что позволит России увеличить добычу нефти, и, следовательно, и рост доходов. Наиболее масштабный перечень льготного налогообложения коснулся разработки месторождений на шельфе.

К сожалению, не все проблемы в недропользовании оказались решенными в соответствии с условиями рыночной экономики. Устарел закон

«О недрах», принятый еще в 1992 году и с тех пор претерпевший множество поправок, его не улучшивших. Новый закон еще не принят. Одновременно с введением налога на добычу полезных ископаемых в 2002 году под флагом перехода на рыночные отношения были отменены отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы, которые до этого еще поддерживали финансирование деятельности геолого-разведочной отрасли на 30-40 % необходимого объема. При этом половина ставок отчислений вошла в новый налог на добычу полезных ископаемых, а другая половина была подарена горнодобывающим предприятиям и компаниям «для самостоятельного финансирования геолого-разведочных работ». В итоге физические объемы геолого-разведочных работ резко сократились – до 10-20% от уровня 1990 года. Практически отрасль перестала существовать, ее кадры не нашли себе применения. Правда, некоторые геологические организации вошли в состав крупных горнодобывающих компаний, обеспечивая их нужды по воспроизводству запасов. А большинство геологических организаций осталось ни с чем, им оставалось на свои средства продолжать свою работу – искать новые месторождения полезных ископаемых, а после их выявления и разведки, постановки их запасов на государственный баланс – приступить к их разработке, чтобы получить необходимые средства. Фактически геологи оказались в рынке, не имея необходимых ресурсов и без своей продукции, которую они могли бы реализовать.

Если раньше, в плановой экономике такой продукцией был результат работы геологов в виде карты и геологического отчета, а также принятых на государственный баланс разведанных геологами запасов полезных ископаемых, то в нынешней рыночной экономике главным мериллом труда геологов становится экономическая выгода от будущей разработки открытого и разведанного ими месторождения. Но это означает участие геологов в получении прибыли от его эксплуатации – и в том числе и той сверхприбыли, которую называют горной рентой. Но их труд здесь не учтен.

В зарубежной практике рыночных отношений продукцией, реализуемой геологами на свободном рынке, является юридически оформленное приоритетное право на дальнейшее пользование участком недр, который они изучили за счет собственных или привлеченных средств. Типичный пример – так называемые «юниорные» (малые) геологические компании в Канаде. Такая компания, как правило, численностью в несколько десятков специалистов, в течение 3-5 лет открывает одно месторождение и после регистрации открытия продает право на его дальнейшую разведку и разработку по стоимости, в 5-10 раз и более превышающей затраты компании. Покупателем этого права (и геологической продукции) становятся либо горнодобывающие компании, либо крупные геологоразведочные компании, которые затем в свою очередь перепродают его заинтересованным горнодобывающим компаниям.

В правительство РФ и в министерство природных ресурсов неоднократно вносились предложения (при очередном совершенствовании закона «О недрах») о введении возможности для пользователя недр, открывшего за счет собственных средств новое месторождение полезных ископаемых,

переуступить на возмездной основе свое право на разведку и добычу другому пользователю недр. Однако воз и ныне там. Ясно, что подобные новации невыгодны и не нужны крупным компаниям – монополистам, особенно в области разработки топливно-энергетических ресурсов. И не менее ясно, что принятие таких решений и поправок в законы существенно повысит инвестиционную привлекательность геологических поисков и разведки новых месторождений полезных ископаемых, коренным образом изменит ситуацию с воспроизводством минерально-сырьевой базы, а также привлечет новые кадры геологов – теперь уже в качестве предпринимателей и расширит тем самым сферу малого и среднего бизнеса в нашей экономике.

Список рекомендуемой литературы

- Милютин А.Г. 1973. Геология. Изд. 2-е. М.: Высшая школа. 2008.
- Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра. 1989.
- Прокофьев А.П. Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра.