

Московский государственный открытый университет

Горный факультет

Кафедра

"Охрана недр и рациональное природопользование"

А. Г. Милютин

*Разведка и геолого-экономическая оценка
месторождений полезных ископаемых*

Электронное издание

Рекомендовано учёным советом МГОУ
в качестве учебного пособия
для студентов вузов по специальности
"Геологическая оценка, поиски и разведка
месторождений полезных ископаемых"

Москва МГОУ
2004

Б.Б.К. 26.3

Рецензенты: Заведующий кафедрой поисков, разведки и оценки полезных ископаемых СПбГА – доктор геолого-минералогических наук, профессор Г.С. Поротов; доктор геолого-минералогических наук, профессор Н.Н. Соловьёв (МГГУ).

Милютин Анатолий Григорьевич.

Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых.- Учебное пособие. Электронное издание. М.: МГОУ, 2003.- с: ил. Приводится обеспеченность России разведанными запасами минерального сырья. Рассмотрены принципы, стадии, методы и системы разведки, форма и обоснования плотности разведочной сети. Дано понятие о математических методах оптимизации её параметров.

Охарактеризованы виды и способы опробования полезных ископаемых при их разведке; освещены процессы обработки и аналитических исследований проб, указан контроль за их проведением.

В современной трактовке представлено классификация запасов и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых, а также нефти, газа и конденсата; приведены основные методы их подсчёта.

В адаптированном к рыночным реформам виде изложены вопросы экономической оценки месторождений и кондиций на минеральное сырьё.

Для студентов вузов, изучающих дисциплину "Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых".

Компьютерное обеспечение выполнили Т.И. Баранова и К.А. Мирная.

Все права на размножение в любой форме остаются за автором.

Нелегальное копирование данного учебного пособия запрещено.

Электронная почта: e-mail:msou @ rinet.ru, адрес в интернете <http://www.rinet.ru/~msou>.

107996 г. Москва ул. Павла Корчагина 22, т/ф: 283-80-71 (международный отдел) 2 корп.

ОГЛАВЛЕНИЕ.....	3
Введение.....	4

ЧАСТЬ – 1
РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обеспеченность России разведанными запасами полезных ископаемых.....	5
1.1 Разведка месторождений полезных ископаемых.....	6
<i>Цели и принципы разведки.....</i>	<i>7</i>
<i>Стадии разведки, их задачи.....</i>	<i>9</i>
<i>Технические средства разведки.....</i>	<i>12</i>
<i>Системы разведки. Факторы, влияющие на их выбор.....</i>	<i>13</i>
<i>Методы разведки.....</i>	<i>16</i>
<i>Ориентировка, форма и плотность разведочной сети.....</i>	<i>20</i>
<i>Понятие о математических методах оптимизации параметров разведочной сети.....</i>	<i>24</i>
1.2 Опробование полезных ископаемых при разведке.....	27
<i>Виды опробования.....</i>	<i>28</i>
<i>Способы и параметры опробования.....</i>	<i>30</i>
<i>Обработка проб.....</i>	<i>34</i>
<i>Лабораторные испытания проб.....</i>	<i>36</i>
<i>Контроль опробования.....</i>	<i>37</i>
1.3 Контрольные вопросы.....	38
1.4 Тесты для самопроверки.....	38
1.5 Задача.....	40

ЧАСТЬ 2 – ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

2.1 Подсчет запасов

Классификация запасов и прогнозных ресурсов

Геолого-экономические критерии оконтуривания запасов

Определение исходных данных к подсчету запасов

Основные методы подсчета запасов

Применение ЭВМ при подсчете запасов

Оценка точности подсчета запасов. Форма учета их движения.

Управление качеством руды

2.2 Геолого-экономическая оценка месторождений

Геолого-экономические и технологические критерии оценки

Факторы и методы оценки

Кондиции

Виды кондиций, их назначение и условия разработки

Основные параметры кондиций для рудных и угольных месторождений

Технико-экономическое обоснование параметров кондиций

2.3, 2.4 Контрольные вопросы и тесты для самопроверки

2.5 Задача

Список рекомендуемой литературы.

ВВЕДЕНИЕ

Разведка и геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых (МПИ) является прикладной дисциплиной в цикле специальных дисциплин геологического профиля. По своему содержанию пособие соответствует обязательному минимуму образовательной программы по этой дисциплине. Предметом или объектом её изучения служат стадийно-системные методы разведки, опробования, подсчёта запасов и геолого-экономической оценки МПИ. При этом общим методом исследования и источником получения информации является анализ результатов геолого-разведочных и ресурсодобывочных работ на многочисленных и ранообразных по генезису видам полезных ископаемых и промышленным типам их месторождений.

Данное учебное пособие представляет собой электронную версию одноимённой публикации [9], которая в свою очередь, является переработанной и дополненной одной из частей учебника автора "Геология и разведка МПИ" [8]. С момента его издания в России произошли глубокие преобразования в социально-экономической сфере жизнедеятельности общества, обусловленные спецификой рыночных реформ.

В целях адаптации к ним динамики изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов России возникла необходимость:

- ревизии принципов и стадийности геологоразведочных работ, как несоответствующих рыночным отношениям недропользователей с общественно-государственной системой;
- приведения классификации запасов и прогнозных ресурсов к международной рамочной классификации ООН;
- использования механизма регулирования качеством запасов полезных ископаемых и полнотой их отработки путем разработки эксплуатационных (производственных) кондиций наряду с разведочными;
- ориентирования в интересах недропользователей социально-экономических факторов при геолого-промышленной оценке месторождений полезных ископаемых;
- усиления охраны недр и рационального их использования;
- соблюдения экологической безопасности геологоразведочных работ.

Переработка и внесение дополнений в данную часть учебника касается в основном этих вопросов.

Пользуясь представившейся возможностью, автор благодарит Г.А. Порохова и Н.Н. Соловьева за критическое обсуждение рукописи учебника [8], В.И. Гончарова, Б.О. Иванюка, П.П. Пагодина, А.Н. Иванова и В.В. Швелёва, сделавших полезные замечания на страницах журнала "Колыма", "Геология и разведка". Автор выражает признательность А.Ф. Морозову, А.Е. Березий, О.В. Заборину за конструктивные советы и предоставленные публикации. Активное участие в издании данной работы принимали Т.И. Баранова и К.А. Мирная, за что автор выражает им глубокую благодарность.

ЧАСТЬ - 1

РАЗВЕДКА И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обеспеченность России разведанными запасами полезных ископаемых

Одним из основных количественных показателей состояния минерально-сырьевой базы ресурсо-добывающих производств страны является их обеспеченность разведанными запасами соответствующих видов полезных ископаемых, выраженная родолжительностью её во времени. Время или срок обеспеченности запасами отдельного производства определяется как частное отношение суммарного количества запасов различных категорий (определённого вида полезного ископаемого), подлежащих отработке, на его мощность.

При этом полностью учитывают запасы так называемых промышленных категорий А, В, С₁ и частично предварительно оценённые запасы категории С₂. Показатели обеспеченности запасами, раздельно по видам полезных ископаемых, в целом по стране обычно вычисляют по их общим - количеству и производству. Такой подход не учитывает географическое размещение значительной части запасов полезных ископаемых, находящихся в труднодоступных, экономически не развитых районах, в отдалении от перерабатывающих минеральное сырьё производств. Это относится, прежде всего, к запасам олова, ртути, сурьмы, золота и серебра.

Уникальные месторождения норильской группы за полярным кругом, обеспечивающие 65 % общероссийского производства меди, около 95 % никеля, кобальта, платины и палладия, имеют крайне ограниченные рентабельные для отработки запасы. Их экстенсивная отработка, может сократить продолжительность функционирования Норильского горно-металлургического комбината на 10-15 лет, против расчётного, и вызвать тем самым экологическую социальную напряжённость и дефицит в стране выпускаемых комбинатом металлов.

По данным Е.А. Козловского (2003), из всего количества добываемого сырья экспортируется (в %): меди 90, никеля 97, алюминия 99, нефти 57, газа 40. К началу XXI века в России сократилась добыча золота на 40 %, серебра в 2 раз, алмазов на 18 %. Добыча урана составила около 2000 т. при его потребности для АЭС около 4 тыс. т. К началу 90-х годов Россия имела на складах около 250 тыс. т. урана. Большая часть этих резервов пошла на экспорт.

Прекращены отработка запасов олова, ртути, сурьмы и производства редких металлов - Ве, Ре и редкоземельных - La, Nd.

Остродефицитными видами минерального сырья в России являются хромиты, высококачественные марганцевые руды и диоксид титана. Ниже приводятся данные по этим видам, взятые из приложения к журналу "Маркшедерия и недропользование" (выпуск 2, янв. 2003 г.).

Небольшие хромитовые месторождения: Сарановское (Средний Урал), дающие 108 тыс. т. концентрата, и вновь осваиваемые Сопчеозёрское и Большая Варака (Мурманская область), Рай-Изское (Ямало-Ненецкий автономный

округ) не могут обеспечить потребность в хромитовом сырье. Россия импортирует более 600 тыс. т. в год руды из Казахстана и Турции.

Потребность РФ в марганцевой руде составляет около 1 млн. т. в год. К 2005 году её проектная добыча на осваиваемых месторождениях в Фазуйлинской группы (Башкортостан), Берёзовских и Полуночном (урал), а также Николаевском (Иркутская область), может достигнуть 460 тыс. т. Недостающую часть товарной руды предусматривается импортировать в основном с Украины и частично из Казахстана.

Дефицит в России диоксид титана связан со спецификой его потребления: 58 % используется при производстве титановых белил и около 13 % в качестве пигмента в бумажной промышленности. В связи с этим предъявляются высокие требования к отражательной способности диоксида титана. Титановые концентраты, получаемые при отработке рассыпных месторождений, не всегда удовлетворяют этим требованиям.

Перспективными для освоения месторождениями титана являются: из россыпных – Туганское и Тарское (Западная Сибирь), Лукуяновское (Нижегородская область), Центральное (Тамбовской область); из рудных – Чинейское (Читинская область).

Из неметаллических видов полезных ископаемых дефицитом в РФ остаются щелочные бентониты, импорт которых составляет около 1 млн. т. в год.

Обеспеченность России разведанными запасами других основных видов полезных ископаемых достаточное для стабильного функционирования добывающих их производств. Так, например, разведанные запасы составляют (млрд.т.): железных руд – 57, угля - 288, торфа - 174, нефти менее 10, при их добыче соответственно (млн. т.): около 100, 220, 2, 320-380. следует отметить, что суммарные ресурсы нефти в России разведаны на 40 %. По объему неразведанных запасов нефти она занимает первое место в мире.

Разведанные запасы газа в РФ составляет около 35 % мировых запасов. При его добыче 560 млрд т. в год обеспеченность составит более 100 лет, против 60 лет в мире.

Более подробно состояние минерально-сырьевой базы в мире и РФ этих и других видов полезных ископаемых приводятся публикации автора [2].

Разведка и опробование полезных ископаемых

До 1999 г. проведение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые предусматривалось в восемь стадий, четыре из которых приходилось на разномасштабные съемки и поиски. Среди последних выделялись: общие поиски, сопровождавшие геолого-съёмочные работы масштаба 1:50000 (1:25000); поисковые и поисковочно-оценочные работы. В последующих четырех разведочных стадиях выделялись стадии предварительной и детальной разведки. Кроме того, стадия доразведки подразделялась на две подстадии (доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, или - разрабатываемого), а

эксплуатационная разведка по времени проведения относительно добычных работ могла быть опережающей или сопровождающей. Такая громоздкая стадийность разведочных работ, финансирувавшихся в основном по отраслевому принципу за счет средств госбюджета, не стала отвечать требованиям рыночных преобразований в России.

В изданном в 1999 году положении о порядке проведения геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые, разработанным Всероссийским научно-исследовательским институтом экономики минерального сырья и недропользования, выделяются две стадии разведки: *разведка месторождения* и *эксплуатационная разведка*.

В настоящей работе рассматриваются следующие стадии разведки: *начальной или предварительной, детальной, доразведки и эксплуатационной. разведки*.

Стадиям геологоразведочного процесса соответствовали определенные принципы, роль которых во многом не адекватна рыночным условиям изучения и освоения минеральных ресурсов. Не отвергая их в целом, отметим в дальнейшем возникающие противоречия с рыночными реформами. В качестве альтернативы этим противоречиям могут быть предложены дополнительные постулаты: *во всем нужна разумная достаточность, экологическая безопасность и социально-экономическая целесообразность*.

Цели и принципы разведки

Цель разведки - выявление промышленных месторождений полезных ископаемых, получение разведанных в недрах запасов минерального сырья и других данных, необходимых и достаточных для рационального проектирования и последующего функционирования горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Этой цели на каждом этапе экономического и социального развития России отвечают общие задачи.

Единый методологический подход выработан по результатам разведки и эксплуатации разнотипных месторождений. Важными являются вопросы детальности изучения месторождения, плотности разведочной сети, выбора первоочередных, наиболее рудоперспективных участков или рудных тел, глубины их разведки, оценки изменчивости основных параметров. Решение этих вопросов осуществляется в процессе разведочных работ по методике, основанной на положениях, получивших название принципов разведки. К ним относятся принципы последовательных приближений, полноты исследований, принцип равной достоверности и наименьших затрат средств и времени. А.Б. Каждан выделяет первый и кроме него принцип аналогии, выборочной детализации наблюдений, рассматривая их как принципы изучения недр.

На принципе *последовательных приближений* основано подразделение геологоразведочного процесса на стадии. Это обусловлено прежде всего неоднородностью геологических свойств изучаемых месторождений и их размерами, приращением информации в результате последовательной детализации ра-

бот, позволяющей локализовать объекты исследований и уточнить представления об этих свойствах для решения очередных практических задач.

Принцип аналогии основан на использовании в разведке накопленного опыта изучения однотипных с разведываемым месторождений, характеризующихся общими чертами сходства по геолого-структурным условиям локализации, вещественному составу руд и изменчивости распространения полезных компонентов. При достаточной степени сходства разведываемого месторождения и его аналогов обосновано использование этих главнейших критериев подобия для определения промышленного типа, систем и методов его разведки, ориентировки, формы и плотности разведочной сети. Исходя из принципа аналогии, на разведочных стадиях осуществляется прогноз оруденения за пределами продуктивных горных выработок и скважин в виде зон экстраполяции.

Принцип выборочной детализации предусматривает проведение на типичных (эталонных) участках месторождений, рудных зон или залежей более детальных работ, чем на других участках. Данные об изменчивости геологических свойств эталонных участков по принципу аналогии распространяют на остальные участки.

Принцип полноты исследований играет важную роль в обеспечении необходимой информации для подсчета запасов, составления кондиций, проектирования предприятий по добыче и переработке минерального сырья. Соблюдение этого принципа позволяет получить сведения о размерах и контурах всего месторождения, в особенности о распространении оруденения на глубину, его отдельных рудных тел, горно-геологических, гидрогеологических и других природных условиях их залегания, промышленных сортах и типах руд, их комплексном и фазовом составе, закономерности распространения в них ценных компонентов.

Степень полноты исследований зависит от детальности работ. Принимая во внимание дискретность строения тел полезных ископаемых, повышение детальности исследований следует считать целесообразным до тех пор, пока прирост информации может обеспечить при эксплуатации возмещение затрат на ее получение.

Принцип равной достоверности, или изученности, дифференцируется как по природным уровням объектов исследования, так и по отдельным их параметрам в пространстве. Он позволяет ограничить влияние субъективного фактора при изучении изменчивости геологических свойств месторождений, рассматривая ее по определенным направлениям как случайную величину. Этим принципом руководствуются при выборе величины равных расстояний между разведочными выработками и скважинами, опробуемыми сечениями по простиранию и падению тел полезных ископаемых.

Принцип наименьших затрат средств и времени выражает экономический подход к соблюдению перечисленных принципов разведки. Возникающие при этом противоречия должны быть устранены нахождением оптимального варианта разведки, удовлетворяющего всем принципам и обеспечивающего максимальную эффективность геологоразведочных работ.

Стадии разведки, их задачи

Разведочные работы более трудоемкие и дорогостоящие, чем поисковые. Для их выполнения требуется больший объем как трудовых, так и материальных и энергетических затрат, близких по структуре к затратам на горно-капитальные работы. Эти затраты должны быть увязаны с последовательным поступательным нарастанием разведочной информации до оптимальных объемов (для определенного периода), обеспечивающих качество и достоверность. Вследствие этого единый в методическом отношении разведочный процесс развивается как бы по ступеням, именуемым стадиями.

Разведочная стадия объединяет комплекс геологоразведочных работ, проводимых на месторождении в целом или на его части с целью решения поставленных проектом задач по изучению геологических неоднородностей объекта, подсчету запасов и геолого-промышленной оценке.

Как уже отмечалось, стадийность разведочного процесса вытекает из принципа последовательных приближений. В полном объеме и приведенной последовательности она осуществляется на крупных и важных для развития народного хозяйства месторождениях.

Начальная (предварительная) разведка как бы принимает эстафету геологоразведочных работ от поисково-оценочной стадии и продолжает их на более высоком качественном уровне для получения достоверной информации, способной обеспечить надежную геологическую, технологическую и экономически обоснованную оценку промышленной значимости месторождения. На этой стадии уточняются геологическое строение месторождения, общие его размеры и контуры. Завершатся начатое в период поисков изучение приповерхностной части месторождения с помощью канав, траншей шурфов и мелких скважин; составляются крупномасштабные (до 1:500) геологические карты.

Основным направлением является разведка месторождения на глубину до горизонтов, доступных для разработки. Она осуществляется преимущественно буровыми скважинами, а при сложном геологическом строении месторождения – в сочетании с подземными горными выработками. В процессе этих работ и геофизических исследований выясняются морфология тел полезных ископаемых, их внутреннее строение, условия залегания и качественный состав.

По основным природным типам руд отбирают технологические пробы для лабораторных испытаний, по результатам которых намечают выделение промышленных типов и сортов руд. Кроме того, изучают гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие природные условия, влияющие на вскрытие и разработку месторождения. Такая изученность должна обеспечить возможность подсчета запасов по категориям C_1 и C_2 . Соотношение запасов этих категорий зависит от сложности геологического строения месторождения и изменчивости основных параметров рудных тел.

По результатам предварительной разведки разрабатываются разведочные временные кондиции и составляется технико-экономический доклад (ТЭД) о

целесообразности промышленного освоения месторождения и проведения на нем детальной разведки.

Детальная разведка проводится на месторождениях, положительно оцененных предварительной разведкой и намеченных к промышленному освоению в ближайшие 5-10 лет. Она подготавливает месторождения для передачи в промышленное использование в соответствии с требованиями классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Необходимое количество детально разведанных запасов определяется исходя из производственной мощности будущего предприятия и нормального срока обеспечения его этими запасами. Детальность исследований повышается на участках первоочередной отработки.

Наряду с этими определяются запасы полезных ископаемых, залегающих совместно с основными, выявляются минеральные ресурсы для производства строительных материалов.

По результатам детальной разведки составляется технико-экономическое обоснование (ТЭО) разведочных постоянных кондиций. Согласно утвержденным кондициям, выполняется подсчет запасов полезных ископаемых с представлением его в Государственную комиссию по запасам (ГКЗ) России или территориальную комиссию по запасам (ТКЗ).

В ранее действовавшем Положении о стадийности разведочных работ предусматривалось проведение доразведочных стадий. В настоящее время необходимость доразведки определяется недропользователем.

Доразведка месторождения, не освоенного промышленностью, хотя и детально разведанного, может осуществляться для получения дополнительной информации, необходимой в связи с пересмотром проектной производственной мощности горнорудного предприятия, технологии добычи и переработки минерального сырья. Необходимость доразведки месторождения может быть также обусловлена несоответствием имеющейся геологической информации действующей классификации запасов и инструкции по ее применению. Методика и объем разведочных работ определяются вытекающими отсюда задачами. По итогам работ составляется отчет, в необходимых случаях с пересчетом запасов.

Доразведка разрабатываемого месторождения сосредотачивается на менее изученных его участках: флангах, глубоких горизонтах, обособленных рудопродуктивных телах или залежах. Она решает задачи детального изучения этих участков с восполнением отработанных запасов разведанными запасами высоких (промышленных) категорий.

Общими для доразведки могут быть следующие задачи:

- дополнительное изучение изменчивости морфологии и внутреннего строения тел полезных ископаемых;
- выявление закономерностей распространения полезных компонентов в рудных залежах;
- выделение природных разновидностей, промышленных типов и сортов руд;

- комплексное изучение основных и попутных полезных компонентов, их фазового состояния;

- уточнение горно-геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условий;

- оконтуривание без рудных участков внутри тел полезного ископаемого, а также участков интенсивного развития малоамплитудных тектонических нарушений;

- увеличение количества запасов месторождения или повышение степени их разведанности за счет изменения контуров на флангах и глубины известных залежей, а также оконтуривания вновь выявленных тел;

- изучение технологических свойств, горно-геологических и других условий эксплуатации вновь выявленных запасов полезных ископаемых; их влияние на геолого-экономическую оценку месторождения в целом.

Эксплуатационная разведка начинается с момента организации добычи полезного ископаемого и продолжается в течение всего периода разработки месторождения. По отношению к добычным работам она может быть опережающей или сопровождающей.

Опережающая эксплуатационная разведка осуществляется раньше добычных работ на 1-2 года системами подземных горных выработок небольшого сечения и неглубоких скважин в пределах этажа, горизонта, группы блоков, подготавливаемых и нарезаемых для этих работ. При открытых работах опробуют системы взрывных скважин на уступах карьеров или полигонах. Результаты этой разведки используют при текущем планировании.

Сопровождающая эксплуатационная разведка проводится в пределах блока, камеры, уступа карьера или непосредственно любого очистного забоя и служит для оперативного планирования добычи полезного ископаемого.

В процессе эксплуатационной разведки уточняются контуры тел полезных ископаемых, их условия залегания, внутреннее строение, качественная характеристика и количество запасов, пространственное положение промышленных типов и сортов руд, гидрогеологические, горно-геологические и другие факторы разработки месторождения. Полученные результаты, а также данные эксплуатационного опробования используют: для разработки эксплуатационных кондиций текущего и оперативного планирования добычи руды; пересчета запасов с переводом их в более высокие категории и выделением подготовленных и готовых к выемке запасов; определения плановых и фактических потерь и разубоживания; контроля за полнотой, качеством и технологией обработки месторождения.

Технические средства разведки

К основным техническим средствам разведки относятся горные разведочные выработки и буровые разведочные скважины, а также геофизические методы.

Горные разведочные выработки подразделяются на поверхностные (каналы, траншеи, расчистки, шурфы, дудки) и подземные (штольни, шахты, квершлаг, штреки, восстающие, рассечки).

Наиболее информативными являются горные выработки, пройденные вкрест простирания рудоносных структур, тел и залежей. Это каналы, шурфы, дудки, квершлаг, рассечки. Другие выработки (траншеи, штреки, восстающие), пройденные по простиранию или падению рудных тел, залежей, позволяют проследить по этим направлениям прерывистость оруденения, изменчивость их морфологии качественного состава. В условиях расчлененного рельефа штольни задают либо по простиранию рудных тел, либо вкрест простирания. Шахты только с целью разведки проходят редко, чаще их назначение совмещается с отбором большеобъемных технологических проб для заводских испытаний или пробной эксплуатацией. Это так называемые разведочно-эксплуатационные шахты (РЭШ). Они могут пересекать рудное тело или быть пройденными в виде наклонных или вертикальных стволов в стороне от рудного тела, с последующей проходкой из них квершлагов.

Выбор разведочных горизонтов, сечения и радиуса закругления подземных горных выработок осуществляется с учетом возможных систем разработки и объемов грузоперевозок. Эти выработки могут быть использованы при эксплуатации.

Буровые разведочные скважины являются универсальным техническим средством разведки. Они применяются либо в сочетании с горно-разведочными выработками, либо самостоятельно. Давая ограниченную информацию по сравнению с горными выработками, буровые скважины в то же время выгодно отличаются от них технико-экономическими показателями.

По способу разрушения горной породы в забое скважины различают вращательное и ударное бурение. При вращательном бурении эффективно применение наконечников буровых снарядов полых внутри, обеспечивающих получение ненарушенного столбика горной массы (керн), позволяющего составить геологическую колонку (разрез) по месторождению. Такое бурение называют *колонковым*. Оно является основным видом разведочного бурения на рудных месторождениях. Керн обычно отбирают по всей рудопродуктивной толще и частично по вмещающим породам.

Скважины колонкового бурения могут быть вертикальными, наклонными или горизонтальными. Их можно проходить по породам любой крепости. Вертикальные и наклонные скважины способны достигать больших глубин. Из этих скважин иногда ведется направленное бурение новых стволов. Угол подсечения скважиной рудного тела должен быть не менее 30°. Недостатки этого вида бурения: искривление ствола скважины, нередко достигающее в наклонных скважинах большой величины; неполный выход керна и возможность его избирательного истирания, искажающего качественную характеристику полезного ископаемого; ограниченный объем материала для технологических проб.

Выбор бурового агрегата и конструкции буровой вышки зависит в основном от проектной глубины разведочных скважин и условий (места) бурения – с

поверхности земли, в подземных выработках или с акваторий и дна различных водоемов (рек, морей и океанов).

Проектирование наклонной скважины для подсечения крутопадающего рудного тела проводят с учетом заданных координат точек его пересечения, допустимого угла встречи и возможности искривления ствола скважины. Точки встречи скважин с рудным телом должны образовать в его плоскости правильную геометрическую сеть.

Колонковое бурение скважин может осуществляться станками 300М, ЗИФ, 650М, 1200МР, СБА-800, УКБ-7 и др.

Другие виды вращательного бурения с разрушением горной породы по всему забое скважины - роторное и турбинное. Они широко применяются при разведке нефтяных и газовых месторождений.

При разведке россыпей, некоторых штокверков и пологозалегающих рудных тел применяют ударно-канатное бурение. При этом способе бурения за счет повторяющихся ударов падающего долота происходит измельчение горной массы в забое скважины. Измельченный материал периодически извлекается на поверхность и поступает в обработку. Достоинствами этого вида является высокая скорость проходки (особенно до глубины 150 м), возможность бурения без промывки, получение всего материала в пробу.

Бурение большим диаметром (до 1500 мм) позволяет получить достаточно материала для технологических проб. Отсутствие керна и ограниченность бурения только вертикальным направлением сужают границы его применения. Ударное бурение осуществляется станками УКС-22, УКС-30, УГБ-50М и др.

Системы разведки. Факторы, влияющие на их выбор

Изучение геологических свойств месторождений на разведочных стадиях проводится с применением большого объема буровых скважин и горных выработок. Этим разведочным средствам соответствуют группы систем разведки: буровая, горная и горно-буровая. Разведочные системы обеспечивают возможность неоднократных линейных подсечений рудных тел скважинами и горными выработками, образующими в плане или на вертикальной плоскости геометрически правильную сеть, узлы которой представляют место их встречи.

Понятие *линейное подсечение* определяет совокупность отдельных пересечений рудного тела скважинами или горными выработками по одному из трех направлений (мощности, простиранию и падению). Наиболее информативным, характеризующимся максимальной изменчивостью, является направление вкрест простирания рудного тела совпадающее с его мощностью. Наименьшая изменчивость параметров орудинения отмечается обычно по простиранию рудного тела и промежуточная - по падению рудного тела.

Получение разведочных данных по трем направлениям позволяет оценить объемную изменчивость геологических свойств месторождения: провести гра-

фическое и объемное моделирование, построив системы поперечных и продольных разрезов, погоризонтальных планов и блок-диаграмм.

Группа буровых систем, являясь самой универсальной и экономичной, обеспечивает получение достаточно полной и представительной разведочной информации на месторождениях, имеющих значительные размеры тел полезных ископаемых с выдержанной морфологией и невысокой степенью дискретности оруденения. Буровые скважины пересекают рудные тела преимущественно по направлению их мощности, т. е. вкрест простирания. Наблюдения за изменчивостью параметров рудных залежей по простиранию и падению осуществляется дискретно (точечно) по системам скважин, расположенным в линию с увязкой данных смежных скважин методом интерполяции.

Среди рассматриваемой группы буровых систем для разведки твердых полезных ископаемых выделяются системы скважин: ударно-канатного бурения, вертикальных и наклонных колонковых, глубоких направленных и многозабойных. В каждой из этих систем могут выделяться подсистемы, зависящие от типа буровых установок, геологических особенностей месторождения и условий залегания тел полезных ископаемых.

Группа горных систем дает возможность получить полную и более достоверную информацию об изменчивости геологических свойств разведываемых месторождений, даже несмотря на сложность их геологического строения, невыдержанную форму и прерывистость рудных тел и крайне неравномерное распределение полезных компонентов. В этой группе выделяют системы канав, шурфов, штолен, разведочных шахт. Каждая из систем имеет свои разновидности.

Группа горно-буровых систем характеризуется применением в различных сочетаниях горных выработок и буровых скважин. Их соотношение зависит от геоморфологии района, сложности геологического строения месторождения и изменчивости свойств полезного ископаемого. Наиболее распространены комбинации разведочных скважин ударно-канатного или колонкового бурения с шурфами или шахтами, играющими роль контроля и используемыми для отбора технологических проб, а также разведочных штолен или шахт в рациональном сочетании с подземными буровыми скважинами (рис. 4.1).

Факторы, влияющие на выбор систем разведки, подразделяются на геологические, горно-технологические и географо-экономические.

Определяющими из них являются геологические факторы, характеризующие структурно-морфологические особенности месторождения и слагающих его тел полезных ископаемых, их форму, размеры, строение, вещественный состав, характер и степень его изменчивости.

Горно-технологические факторы обуславливают способы вскрытия и технологию разработки месторождения, исходя из горно-геологических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. При подготовке месторождения к открытой разработке или подземной высокопроизводительными системами, а также способами подземного выщелачивания, отдается предпочтение разведке системами буровых скважин. Аналогично решается вопрос с выбором разведе-

дочных систем, когда речь идет о месторождениях с высокой обводненностью или большой мощностью рыхлых отложений, перекрывающих рудопродуктивные залежи. И, наоборот, повышенная трещиноватость и раздробленность рудовмещающих толщ являются препятствием для применения колонкового бурения, в связи с недостаточным выходом керна.

Географо-экономические факторы оказывают наибольшее влияние на выбор разведочных систем в труднодоступных или отдаленных районах с суровыми климатическими условиями, со слабым развитием производительных сил. В этих условиях максимальный упор при выборе систем разведки делается на буровые скважины, поверхностные горные выработки и при благоприятном расчлененном рельефе на штольни. В районах действующих горнодобывающих предприятий или вблизи их создаются благоприятные условия для рационального соотношения буровых и горных систем.

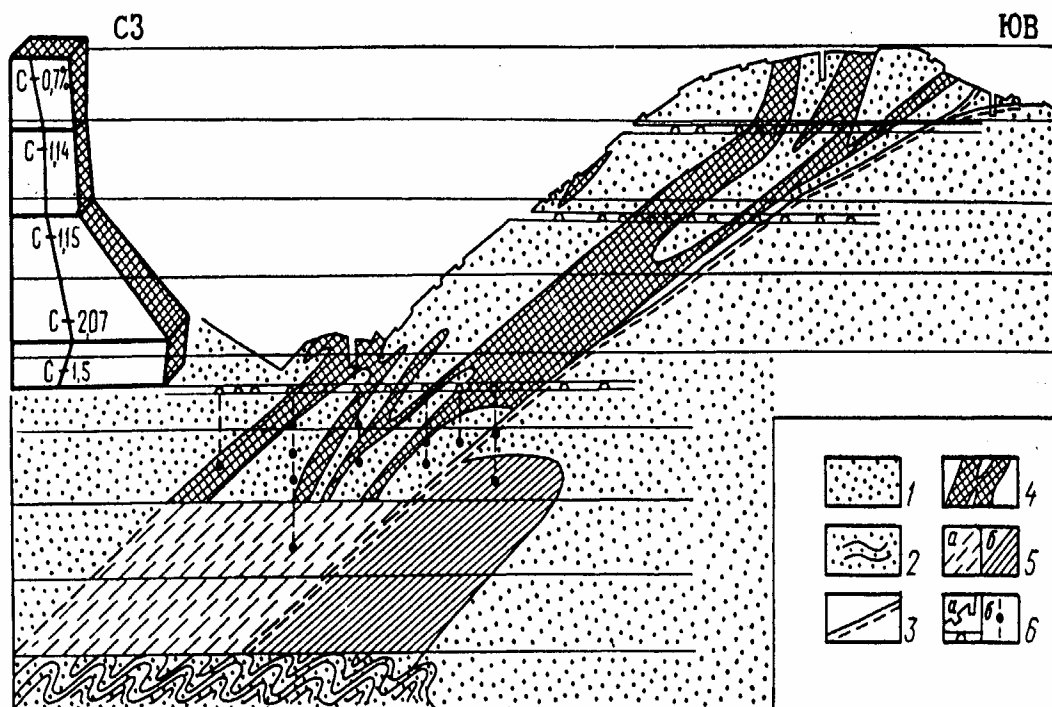


Рис. 1 Разведочные системы штолен и подземных скважин колонкового бурения на Олюторском ртутном месторождении (Коряжское нагорье).

Слева - объемная диаграмма изменчивости линейных подсечений (суммарной длины рудных интервалов, средних мощностей и содержаний ртути). Справа - проекция рудной зоны на вертикальную плоскость.

1 - аргиллиты; 2 - туфопесчаники; 3 - рудоконтролирующий надвиг; 4 - контур богатых руд; 5 - участки прогнозных ресурсов ртути: а - наиболее вероятных, б - менее вероятных; 6 - горные выработки и скважины: а - канавы, шурфы, штольни, рассечки, б - подземные скважины.

Методы разведки

Разведка месторождений – сложный и многообразный научно-производственный, с экономическим подходом, процесс изучения, в котором используются те же методы, что и при поисках, но с большей детальностью и на более высоком качественном и технологическом уровнях. Поэтому основными методами разведки следует считать:

- детальное геологическое картирование;
- линейные подсечения тел полезных ископаемых системами буровых скважин и горных выработок;
- геофизические исследования в горных выработках и скважинах;
- геохимические и минералогические исследования.

Отдельные виды исследований, проводимые при геологоразведочных работах, можно отнести к дополнительным методам разведки. К ним относятся: опробование разведочных выработок и скважин; построение разрезов и погоризонтальных планов по разведочным линейным подсечениям, так называемое графическое моделирование, а также оценочные сопоставления геологоразведочных данных.

Детальное геологическое картирование выполняется на инструментальной графической основе: топографических планах поверхности в масштабе от 1:10000 до 1:500 и маркшейдерских погоризонтальных планах масштаба 1:1000 и 1:500. Привязка обнажений, разведочных скважин и выработок на поверхности осуществляется с помощью теодолитных ходов и геометрического нивелирования, а пунктов наблюдений в подземных горных выработках к маркшейдерским точкам теодолитных и вертикальной съемок. Составление детальных геологических карт, соответствующих указанному масштабу графической основы, приходится в основном на стадии предварительной разведки.

На геологическую карту наносят маркирующие горизонты и рудоносные формации пород, контуры рудных тел, элементы тектонических дислокаций, зоны гидротермальных метасоматических изменений пород. Рабочий вариант карты должен быть составлен на начальном этапе предварительной разведки, а затем дополняться и уточняться.

На последующих стадиях разведки проводят более детальные геологические съемки на базе маркшейдерских планов и составляют погоризонтальные геологические планы.

Линейные подсечения тел полезных ископаемых осуществляются либо разведочными системами буровых скважин, либо системами горно-разведочных выработок, либо комбинированными горнобуровыми системами. Ценной для разведки является геологическая и другая информация, получаемая в процессе проходки разведочных выработок и бурения скважин, а также они имеют определенное техническое назначение.

Число необходимых линейных подсечений определяется размерами тел и изменчивостью основных параметров, используемых в подсчете запасов. Оно должно быть оптимальным, обеспечивающим выполнение задач каждой стадии и соблюдение принципов разведки.

Геофизические исследования в скважинах и горных выработках являются универсальными, по комплексу решаемых задач, и высокоэффективным методом, применяемым на всех разведочных стадиях. Они используются для корреляции геологических неоднородностей, и в том числе рудных подсечений между разведочными выработками и скважинами, определения контуров продуктивных залежей в межскважинном пространстве, качества полезных ископаемых и других параметров для подсчета запасов и оценки прогнозных ресурсов.

Широко распространены и имеют важное значение геофизические исследования в скважинах, включающие каротаж и обычно сопровождающие его контрольные измерения за техническим состоянием скважин.

Каротаж основан на воздействии локальных естественных и искусственно вызванных физических полей внутри скважин на специальный зонд, в датчиках которого возникают сигналы, передающиеся по каротажному кабелю к регистрационным и обрабатывающим наземным приборам. Локальные естественные физические поля являются производными петрофизических свойств горных пород и руд, формы тел и структурных особенностей. Природа этих полей различная. Как видно (на рис 4.2), для регистрации параметров электрического поля используют методы самопроизвольной поляризации (ПС) и кажущихся сопротивлений (КС). Радиоактивность пород в разрезе скважины фиксирует гамма-каротаж (ГК); изменение вертикальной составляющей магнитного поля измеряется с помощью магнитного каротажа (МК), тепловой режим определяют проведением термического каротажа.

Искусственно возбуждаемые физические поля качественно моделируются с учетом состава пород проектного разреза и решаемых задач. Они применяются для регистрации количественных изменений заданных свойств по разрезу скважины. На моделировании ядерно-физических процессов базируются метод плотностного гамма-гамма-каротажа (ГГК-П), различные виды нейтронного каротажа: нейтронный гамма-каротаж (НГК), нейтрон-нейтронный каротаж (ННК) и др. На модели электрических потенциалов пород основан метод вызванной поляризации (ВП).

Полнота и достоверность определения геологических характеристик (состав и свойства пород и руд, их мощность и очертания контактов, структурные особенности) обеспечиваются комплексированием различных методов и видов каротажа.

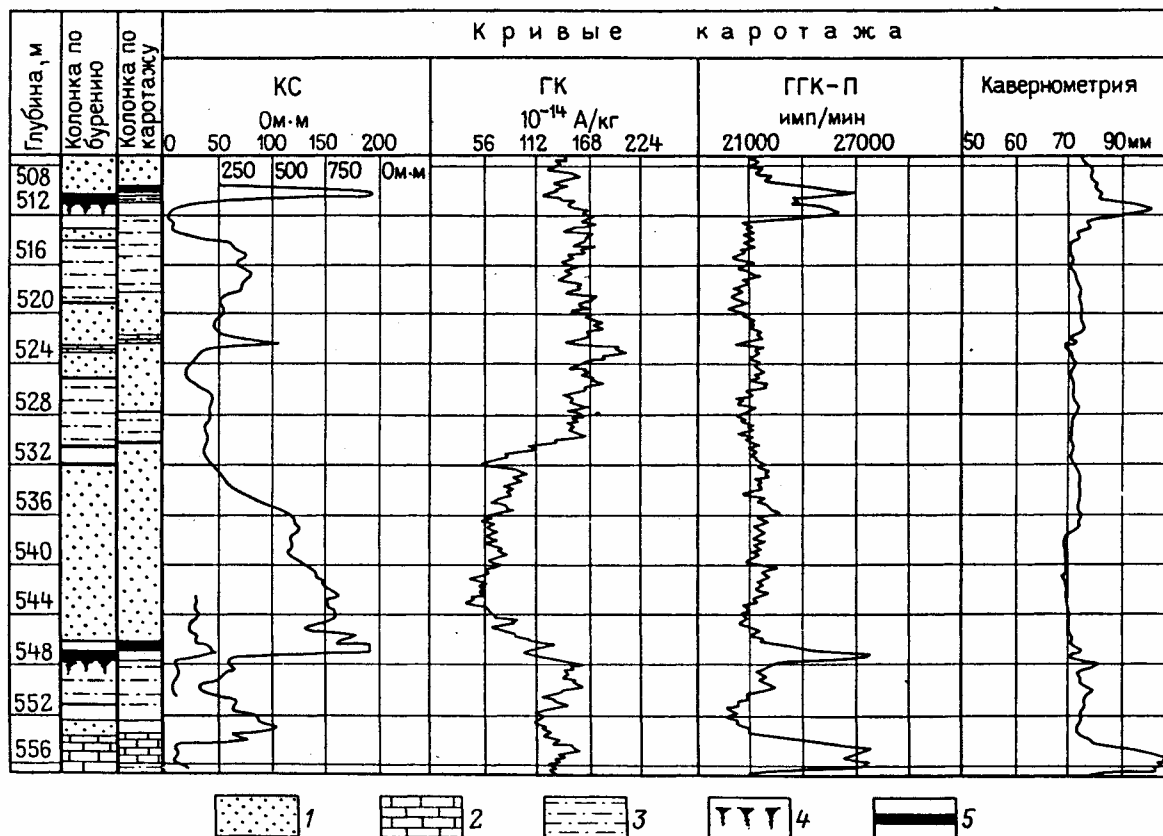


Рис. 2 Геофизические исследования (каротажные диаграммы) в разведочных скважинах:

1 - песчаники; 2 - известняки; 3 - алевролиты и аргиллиты; 4 - углистые породы; 5 - каменный уголь.

В рудных скважинах универсальными стали методы магнитного, электрического и ядерно-физического каротажа. Комплексование магнитного и электрического методов каротажа эффективно применять при разведке ликвационных сульфидных медно-никелевых, пегматитовых слюдоносных, пьезооптического кварца, скарновых магнетитовых, медных и полиметаллических, метаморфогенных железорудных и многих других месторождений. Особенно широко используется комплексование методов электрического и ядерно-физического каротажа при разведке месторождений легирующих, цветных, благородных, редких и радиоактивных металлов различных генетических и промышленных типов, а также месторождений угля.

Электрический каротаж угольных скважин позволяет коррелировать их разрезы, выявить пласты угля и оценить их мощность. Это тем более важно, что они могли быть не зафиксированы в керне. ГГК-С используют для оценки зольности углей.

Термический каротаж помогает изучить криологические условия в разрезе скважины; с помощью КС ПС, НГК и ННК расчленяют породы по пористости, проницаемости и водообильности.

К геофизическим исследованиям, контролирующим техническое состояние скважин, относятся инклинометрия и кавернометрия.

Инклинометрия служит для замера зенитных и азимутальных углов скважин. Отклонения от заданных углов называется соответственно зенитным и азимутальным искривлением. *Кавернометрия* фиксирует фактический диаметр скважины по ее разрезу.

Геофизические исследования в горных выработках проводятся преимущественно радиометрическими методами. При разведке месторождений урана, шеелита, алмазов и битуминозных образований применяют люминесцентный метод. На различных стадиях разведки рудных месторождений используется метод радиоволнового просвечивания, позволяющий получить радиоволновую тень от рудных тел, залегающих между пьезооптических датчиков.

Геохимические исследования при разведке месторождений проводятся с целью определения вероятной глубины эрозионного среза, увязки рудопродуктивных зон в смежных разведочных линейных подсечениях, экстраполяции оруденения за их пределы, оценки рудоносности глубоких горизонтов. Это достигается путем систематического отбора геохимических проб в горных выработках и по керну разведочных скважин, последующих обработки и проведения полуколичественного спектрального анализа проб, с построением по результатам анализа первичных ореолов рассеяния.

Первичный ореол рассеяния представляет собой околорудную область пород, обогащенную в процессе рудообразования элементами-индикаторами и спутниками оруденения. Первичные геохимические ореолы, образующиеся совместно с эндогенными месторождениями, называются *эндогенными* геохимическими ореолами. Для них характерна объемная зональность, выраженная в трех направлениях: продольном (по простиранию), поперечном (по мощности), по ширине (по падению). Зональность по направлению крутого падения называется *вертикальной* или осевой зональностью. Сущность вертикальной зональности заключается в избирательности элементов в определенных горизонтах месторождения.

Так, в верхних частях рудных месторождения концентрируются барий, серебро и свинец, образуя надрудные ореолы рассеяния. На нижних горизонтах устанавливаются ореолы с подрудными элементами – медью, висмутом, кобальтом, молибденом, оловом и вольфрамом (рис. 4.3).

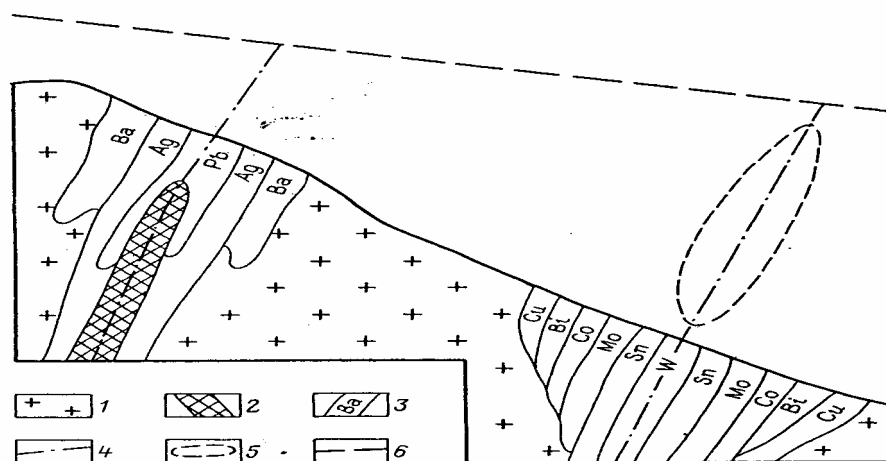


Рис. 3 Модель геохимической зональности первичных ореолов рассеяния (разрез):

1 - граниты, гранодиориты; 2 - рудное тело; 3 - первичные ореолы рассеяния; надрудные - Pb, Ag, Ba, подрудные - W, Sn, Mo, Co, Bi, Cu; 4 - тектоническая зона дробления, совпадающая с осью рудного тела; 5 - эродированное рудное тело; 6 - линия палеорельефа.

Анализ минерального и химического состава, размеров и особенностей зонального строения ореолов позволяет решать указанные выше задачи на различных стадиях разведки.

Минералогические исследования направлены на решение следующих задач:

- определение полного минерального состава руд и окolorудных метасоматитов, минеральных форм нахождения и пространственного размещения основных и сопутствующих полезных компонентов, полезных и вредных элементов-примесей;
- выделение по особенностям минерального состава, текстурам и структурам руд их природных типов;
- изучение минералогической зональности в дополнение к геохимической.

Другие виды геологоразведочных работ как дополнительные методы разведки (создание системы разрезов, опробование полезного ископаемого и оценочное сопоставление) рассматриваются далее.

Ориентировка, форма и плотность разведочной сети

Как уже отмечалось, разведочные системы скважин и горных выработок размещаются по линиям, или так называемым линейным подсечениям. Направление скважин и выработок по отношению к этим линиям и простиранию рудных тел ортогональное. Поэтому место их встречи с продольной плоскостью рудного тела проецируется на линейные подсечения в виде точек (вне масштаба) или прямолинейных интервалов (отрезков), которые в дальнейшем будем упрощенно называть *точками пересечения* (наблюдения).

По линейным подсечениям строят системы продольных разрезов, или погоризонтальных планов, а также проекции на горизонтальную или вертикальную плоскость. Линейные подсечения могут менять свое направление в соответствии с изменением простирания рудного тела. Место точек пересечения должно выбираться таким образом, чтобы можно было построить систему поперечных разрезов и получить в плане или на вертикальной плоскости геометрически правильную разведочную сеть. Таким образом, возникает вторая система линейных подсечений, совпадающая с системой поперечных разрезов, в которой изменчивость геологических свойств рудных тел и вмещающих их пород может отличаться от изменчивости по направлению основной системы.

В линейном подсечении по направлению наибольшей изменчивости расстояния между точками наблюдения принимаются меньше, чем по другому ортогональному к нему направлению. В этом случае образуется прямоугольная разведочная сеть (рис. 4.4 II) с ячейками, вытянутыми по направлению максимальной изменчивости, совпадающему обычно с простиранием –рудного тела или продуктивной залежи.

При отсутствии отчетливо выраженного направления анизотропии, когда залежь условно считается изотропной, и ее изометричной форме расстояния между точками наблюдения в линиях (и между линиями) принимаются равными - образуется квадратная сеть (рис. 4.4 I).

Наиболее экономичной считается ромбическая сеть (рис 4.4 III), которая по условиям применения является промежуточной между прямоугольной и квадратной сетью.

Указанные формы сети находят применение при разведке месторождений твердых полезных ископаемых. На месторождениях нефти и газа разведочные скважины, в зависимости от структурно-морфологических особенностей залежей, размещаются по профилям, треугольной и кольцевой системам, а также дискретной системе одиночных скважин.

Профильная система эффективна при разведке залежей, приуроченных к брахиантиклинальным структурам, зонам тектонического экранирования, стратиграфического несогласия и фациального перехода; *треугольной системой* осуществляется разведка литологически экранированных залежей; *кольцевой*- крупных изометрических ловушек; *системой одиночных скважин*- геологически обособленных неоднородных объектов.

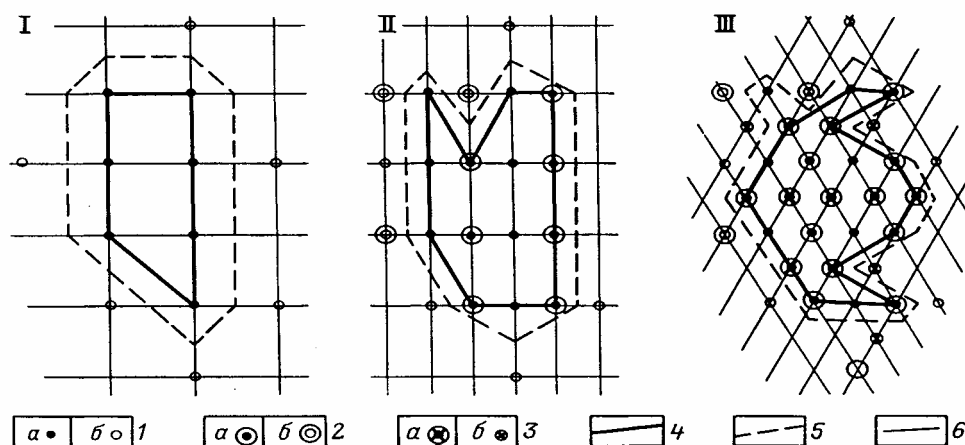


Рис. 4 Последовательное сгущение разведочной сети по стадиям разведки;

I — изначальная квадратная сеть на предварительной стадии; II — прямоугольная сеть, полученная при детальной разведке путем сокращения вдвое расстояния между скважинами по линии вкрест простирания; III — ромбическая сеть, образовавшаяся при доразведке в результате проходки скважин в центре ячеек прямоугольной сети: 1-3 - буровые скважины: 1 - предварительной разведки (a - рудные, b - безрудные), 2 - детальной разведки (a - рудные, b - безрудные), 3 - доразведки (a - рудные, b - безрудные); 4, 5 — линии контуров рудного тела: 4 - внутреннего контура, 5 - внешнего; b - линии сети, определяющие ее форму.

Последовательность бурения разведочных скважин на углеводороды может осуществляться по сгущающей или ползущей системе. При первой происходит разбуривание всей площади месторождения по редкой сети с последующим ее уплотнением на перспективных участках. Вторая развивается с последовательным бурением скважины по проектной плотности сети от изученной части к неизученной.

Многозалежные месторождения углеводородов могут разведываться по системам - сверху вниз или снизу вверх. Их выбор зависит от концентраций запасов углеводородов в разрезе. Разведка сверху вниз эффективна при их концентрации в верхних горизонтах а снизу вверх - в нижних.

При выборе в разведочной сети находят свое выражение практически все принципы разведки. Принцип равной изученности служит обоснованием размещения точек пересечения в определенном порядке, т.е. в форме сети.

Принцип аналогии позволяет использовать накопленный опыт разведки однотипных месторождений для определения ориентировки, формы и расстояний между точками пересечения. Это особенно важно для стадии предварительной разведки, когда недостаточно данных о геологии и структуре месторождения, морфологии и размерах рудных тел и изменчивости их параметров – факторах, в соответствии с которыми планируется и должна развиваться разведочная сеть. В методических указаниях ГКЗ даны рекомендации по выбору разведочных систем и определению расстояний между точками пересечения в зависимости от сложности геологического строения, морфологии и размеров рудных тел. Эти расстояния дифференцированы по категориям запасов.

В практике разведки отмечаются значительные отклонения от рекомендованных расстояний, обоснованные результатами экспериментальных исследований по оптимизации разведочной сети.

Принципы последовательных приближений и выборочной детализации дают основание для сгущения разведочной сети на участках, подготавливаемых для первоочередной отработки. По принципу аналогии полученные данные распространяют на другие участки.

При сгущении разведочной сети расстояния между точками наблюдения обычно сокращаются вдвое по одному или обоим направлениям линейных подсечений.

Принцип полноты исследования применительно к разведочной сети находит свое выражение в проходке законтурных безрудных скважин и горных выработок. Они используются для нахождения внешнего контура оруденения методом ограниченной экстраполяции.

Принцип наименьших затрат средств и времени воплощен в методике развертывания и поиска оптимальной плотности разведочной сети. Помимо геометрически правильной разведочной сети, выработки и скважины могут располагаться в линиях подсечения так, что их увязка в смежных соседних линиях не дает правильной сети. В этом случае представительной является одна система разрезов. Это так называемая разведка по профилям, применяемая при

мощных крутопадающих залежах, например медно-колчеданные месторождения, или извилистых ленточных тел, например аллювиальные россыпи.

Чем полнее соответствие формы сети, ориентировки разведочных профилей особенностям геологического строения месторождения, морфологии рудных тел и изменчивости оруденения, тем меньшей плотностью сети можно получить ожидаемые результаты.

Плотность разведочной сети выражается расстоянием между точками наблюдения (скважинами или выработками) по двум разноориентированным преимущественно взаимноортогональным системам линейных подсечений в плоскости рудного тела. Одна из них обычно совпадает с простиранием или протяженностью тела, другая – с направлением падения или шириной тела. Основными факторами, влияющими на плотность сети, являются размеры и компактность месторождения и степень изменчивости морфологии тел и качества полезного ископаемого.

Оптимальной считается такая плотность сети, которая обеспечит получение необходимой для подсчета запасов разведочной информации с минимальной погрешностью, при условии соблюдения принципов разведки и выполнения задач каждой ее стадии. Обычно оценивается погрешность определения морфологии, размеров и качества полезного ископаемого – основных параметров к подсчету запасов. Достаточно обоснованных величин предельно допустимых погрешностей не установлено.

Погрешности формы и размеров тел определяются относительно эталон-разрезов, построенных по максимальному числу точек наблюдения в линии подсечения. Их называют также ошибками аналогии, связанными с увязкой контуров тел полезных ископаемых в смежных разрезах. Погрешности качества обусловлены дискретностью или прерывистостью оруденения. За эталон качества принимается значение, вычисленное для эталонного участка с привлечением всех полных пересечений рудного тела, полученных на всех стадиях разведки и при эксплуатации.

При завершении начальной разведки проводят выборочное сгущение точек наблюдений и линий подсечения для создания эталонных разрезов и участков. Если при этом средние величины параметров для подсчета запасов, а следовательно и самих запасов меняются незначительно, то сгущение сети распространять на другие участки месторождения нецелесообразно, а при изменении более чем на 10-15% - наоборот. Такой подход к рационализации разведочной сети известен в литературе как *способ разрежения*.

На стадии доразведки эксплуатируемого месторождения или детальной разведки достаточно крупных изолированных его участков с целью оптимизации сети используют способ сравнения данных разведки с данными эксплуатации. В качестве эталонного участка принимают один или несколько эксплуатационных блоков с результатами опробования в их пределах разведочных, подготовительных и нарезных выработок, а также очистных забоев.

На всех стадиях разведочного процесса ведется поиск эффективного применения математических и горно-геометрических методов для оптимизации сети.

Понятие о математических методах оптимизации параметров разведочной сети

Математические методы рационализации разведочной сети основаны на познании пространственной изменчивости рудопродуктивных залежей, особенностях их геологического строения. Природная изменчивость геологических свойств может быть случайной и неслучайной. Случайная изменчивость оценивается вероятностно-статистическими методами.

При математическом анализе разведочной сети ориентируются на максимальный параметр изменчивости. Им чаще всего оказывается изменчивость содержания полезного компонента. Статистическими характеристиками его распределения служат: среднее содержание (C), дисперсия (σ^2), среднее стандартное отклонение или стандарт (σ), коэффициент вариации (V), асимметрия (A) и эксцесс (E). Они определяются по формулам:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i / n; \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_i - C)^2 / (n - 1)};$$

$$V = \sigma / C \cdot 100\%; \quad A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - C)^3 / \sigma^3;$$

$$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_i - C)^4 / \sigma^4 - 3$$

Здесь C_i – частные значения содержания по выборке (числу точек наблюдений) объемов в n -значений, а для логнормального – логарифмы значений.

При большой выборке значений и нормальном распределении достаточно надежно оценивается математическое ожидание случайной величины.

Дисперсия характеризует рассеяние значений случайной величины около ее математического ожидания. Она имеет размерность квадрата случайной величины, а корень квадратный из дисперсии называют *стандартом*. Его отношение к среднему значению называется *коэффициентом вариации*. Он может выражаться в процентах.

Асимметрия характеризует отклонение распределения случайной величины, например содержание полезного компонента, от симметричного нормального распределения. Показатель асимметрии может быть положительным или отрицательным, для нормального распределения он равен нулю.

Эндогенные месторождения легирующих, цветных, благородных и редких металлов обычно характеризуются логнормальным и гиперболоподобным левоасимметричным распределением полезных компонентов. Это значит, что проб с содержанием выше среднего значения встречается меньше, чем проб с

низким содержанием. Правоасимметричное (отрицательное) распределение типично для месторождений неметаллического сырья с равномерным распространением полезных компонентов и невысокими значениями стандарта.

Экссесс характеризует кривизну линии плотности распределения. Для нормального распределения он равен нулю. Кривая с более острой вершиной по сравнению с нормальной имеет положительный эксцесс; со сглаженной вершиной - отрицательный.

Оптимизация параметров разведочной сети математическими методами основана на вероятностно-статистических моделях, отражающих изменчивость геологических свойств изучаемого объекта. Конструкция таких моделей связана с особенностями изменчивости содержания полезного компонента, характеризующимися вариационными кривыми.

Для построения вариационной кривой выборку содержаний полезных компонентов по полным пересечениям группируют в классы, так, чтобы оценка математического ожидания находилась во втором или третьем классе. На графике по оси абсцисс откладывают значения этих классов, а по оси ординат - относительную частоту их встречаемости (частость). Кривые распределения имеют волнообразный вид. Среди них выделяют четыре основных типа эмпирических кривых (рис. 4.5).

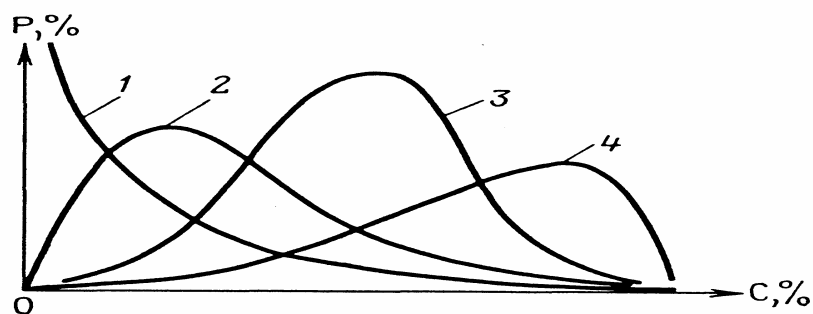


Рис. 5 Кривые распределения частот содержаний полезных компонентов. По В.Ф. Мягкову, В.В. Богацкому:

1 - гиперболическая; 2 - логнормальная; 3 - нормальная; 4 - "зеркальный" аналог логнормальной кривой. P - частость; C - содержание компонента.

При нормальной форме кривой большая частота приходится на величину среднего содержания (класса), а остальные классы содержаний располагаются относительно его симметрично. Такая кривая характеризует нормальный закон распределения случайной величины.

При асимметрии кривой различают левосимметричные и правоасимметричные распределения. Первые также называют кривыми с положительной асимметрией, вторые - с отрицательной.

Левосимметричные распределения характеризуют большую изменчивость, чем симметричные или правоасимметричные. До определенной величины изменчивости левосимметричные распределения содержаний могут стать симметричными, если их отложить в логарифмическом масштабе. Максимальное значение этой величины должно отвечать условию $C_{\max}/C \leq 11$, где C_{\max} -

наибольшее значение содержания в выборке; С-среднее содержание по выборке. В этом случае наиболее близким значением истинному среднему содержанию будет величина среднего логарифмического. При более высокой изменчивости левоасимметричное распределение приобретает вид гиперболоподобной кривой. Тогда близким к истинному среднему значению является среднее гармоническое.

Правоасимметричные кривые распределения характерны для месторождений с высокими средними содержаниями полезных компонентов и равномерным их распределением.

Статистические модели применимы для оценки рудопродуктивности залежи, крупных по размерам и площади распространения, при достаточно большом числе разобщенных и функционально не связанных между собой точек наблюдений.

При нормальном законе распределения одна из таких моделей выражается формулой:

$$n = \left(\frac{tV}{m}\right)^2, \quad (1)$$

где n- необходимое количество точек наблюдения;

V- коэффициент вариации;

$m_{\text{отн}}$ - заданная допустимая относительная погрешность;

t-коэффициент, отвечающий, с какой вероятностью погрешность не будет выше допустимой. При увеличении значения t от 1 до 2 величина вероятности возрастает с 68,3 до 95%.

Чтобы перейти к расстоянию между точками наблюдения (1), нужно разведываемую площадь репродуктивной залежи (S) разделить на

$$n, \text{ и тогда } l = \sqrt{\frac{S}{n}};$$

Сближение точек наблюдения при детализации разведки ведет к выявлению неслучайной изменчивости, характерной для рудных залежей. В этом случае модель, построенную на использовании приведенных выше формул, следует применять с поправками на смещенность статистических оценок случайных величин, вызванных асимметричным распределением полезных компонентов, а также их связью с мощностью рудных тел.

1.2 Опробование полезных ископаемых при разведке

Опробование проводится на всех стадиях геологоразведочных работ. Наибольшее значение оно имеет в разведочном процессе, когда по его результатам определяются качественный состав рудопродуктивных толщ, особенности распространения в них минеральных компонентов, контуры балансовых и забалансовых запасов минерального сырья, его природных типов и промышленных сортов, содержание и технология извлечения основных и сопутствующих по-

лезных компонентов, а также вредных примесей, технические и физические свойства руд и вмещающих пород.

Метрологию и стандартизацию опробования разрабатывают ресурсодобывающие министерства, разрабатывающие инструктивные и методические руководства, в которых указываются способы, параметры и технические средства опробования. Они также осуществляют метрологическое обеспечение управления качеством отбора, обработки и испытаний проб с регламентированной ими точностью.

Каждая проба в отдельности не отражает средних значений качественной характеристики и различных свойств опробуемой минеральной массы, поскольку строение и состав этой массы дискретны. Однако совокупность проб определенных форм, размеров и ориентировки, отобранных через равные расстояния, должна обеспечить получение данных, близких к действительным средним значениям. В этом случае пробы считаются достаточно представительными для своих размеров.

Виды опробования

Прежде чем проводить опробование, необходимо выяснить его целевое назначение. В зависимости от задач различают виды опробования: химическое, минералогическое, геохимическое, геофизическое и ядерно-геофизическое, техническое, технологическое, товарное.

Химическое опробование является основным и наиболее распространенным видом опробования. Оно проводится, главным образом, на рудных месторождениях для определения в исследуемой минеральной массе содержаний основных и попутных полезных компонентов и вредных примесей. Химические анализы характеризуются высокой точностью, при чувствительности вполне достаточной для решения практических задач, связанных с подсчетом запасов полезных ископаемых. Поэтому отбор проб на разведочных стадиях для химических анализов проводится систематически по всем рудным пересечениям и околорудным измененным породам. Как разновидность химического опробования следует считать пробирный анализ благородных металлов.

Минералогическое опробование проводится систематически в основном при разведке россыпных месторождений для определения содержания ценных минералов. При разведке месторождений твердых полезных ископаемых в коренном залегании обычно осуществляются минералогические анализы штучных или объединенных проб для изучения минерального и фазового состава руд. При этом отбираются монофракции минералов для определения их элементного состава прецизионными методами.

Геохимическое опробование, являясь наиболее высокопроизводительным и дешевым, дает возможность определять малые содержания элементов спек-

тральным, атомно-абсорбционным и другими прецизионными аналитическими методами. Помимо решения чисто геохимических задач, изучения ореолов рассеяния, оно позволяет отбраковать пробы с низким содержанием полезных компонентов и тем самым избежать проведения дорогостоящих химического или пробирного анализа, а также выявить элементы-примеси, которые могут представлять практический интерес.

Геофизическое опробование выделяется среди других видов тем, что минеральная масса исследуется геофизическими методами и не подвергается при этом ни механическому, ни химическому, ни температурному воздействию, оставаясь практически без изменения. Это дает возможность проведения повторных геофизических испытаний или других видов опробования. Геофизическое опробование проводится с целью определения содержаний полезных компонентов непосредственно в горных выработках и скважинах без отбора материала. Оно также используется для экспресс-анализа буровой пыли, навесок измельченных проб или другой минеральной массы.

Ядерно-физическое опробование, включающее гамма-гамма, нейтрон-нейтронный, рентгенорадиометрический и другие методы, широко применяется на заключительных стадиях разведки и при эксплуатации месторождений олова, вольфрама, свинца, цинка, меди, сурьмы, железа и других видов полезных ископаемых. Оно характеризуется высокой чувствительностью, экспрессностью, универсальностью, относительной простотой и легкостью проведения. Процесс опробования может осуществляться на любой технологической стадии разведки и переработки полезного ископаемого. При этом практическую ценность имеет опробование руд в естественном залегании. Для гамма-гамма и нейтрон-нейтронного опробования используется аппаратура СРП-68, РС-3, СГСЛ "Филигрань", "Фреска" и др.; при рентгенорадиометрическом опробовании – "Минерал", РРША-1 и др.

Техническое опробование позволяет изучить физико-технические свойства полезного ископаемого и вмещающих его пород. Практически по каждому месторождению твердых полезных ископаемых определяют их среднюю плотность и влажность, прочностные свойства руд и пород, кусковатость -качества, влияющие на технологию разработки месторождения и переработки минерального сырья.

На месторождениях многих видов неметаллического сырья, в том числе сырья для природных строительных материалов, техническое опробование выступает основным методом определения их промышленной ценности и проводится регулярно. Решаемые при этом задачи должны увязываться с нормативными требованиями промышленности, выраженными в соответствующих ГОСТах.

Технологическое опробование позволяет выяснить технологические свойства минерального сырья, главным из которых являются способность к обогащению, т.е. гравитационные, флотационные, электромагнитные и другие свойства, и к химическому восстановлению, а также плавкость, спекаемость и т.д.

Технологические испытания могут проходить в лабораторных условиях, на полупромышленных опытных установках или производственных линиях. Пробы для этих испытаний должны быть представительными отражать состав природных типов и промышленных сортов руд в их товарном виде, в котором они поступят на переработку. Особенно это важно при полупромышленных и заводских дорогостоящих и очень ответственных испытаниях, проводимых на стадиях детальной разведки и доразведки, когда испытывают большеобъемные технологические пробы. По результатам технологического опробования разрабатывают рациональную схему и оптимальный режим переработки минерального сырья, обеспечивающих рентабельное комплексное извлечение полезных компонентов и утилизацию отходов.

На эксплуатируемых месторождениях качество товарной руды обеспечивается с помощью геолого-технологического картирования. Оно проводится по результатам технологического опробования и служит также для разработки оптимальных технологических схем комплексного ее использования.

Товарное опробование проводится с целью определения качества поступающей на переработку или временно складированной товарной руды. При товарном опробовании устанавливается ряд технологических показателей: товарные массы отдельных поставок, допустимая погрешность отбора проб, классификация руд по вариантам качества, число и масса разовых проб в различных вариантах качества.

Способы и параметры опробования

Пробы, отбираемые при разведке месторождений твердых полезных ископаемых, называются геологическими. Геологическая проба представляет собой массу различных по составу и размерам минеральных частиц, отобранных по продуктивной залежи в естественном залегании или из технологических продуктов ее отработки. На месте отбора пробы образуется углубление объем, формы, размеры и ориентировка которого определяют понятие геометрия пробы.

Геологические пробы в зависимости от их геометрии разделяют на три группы: 1) линейные, 2) большеобъемные, 3) дискретные (точечные). Их выбор обусловлен геолого-минералогическими и морфологическими особенностями рудной залежи, видом полезного ископаемого, характером и степенью его изменчивости, техническими средствами разведки.

Линейные пробы отбираются бороздовым и шпуровым способами. Бороздовый способ опробования является наиболее распространенным, достаточно представительными и надежным. При этом способе проба отбирается так, чтобы на ее месте образовалась прямолинейная борозда геометрически правильной формы сечением (ширина x глубина): 2x2; 5x3; 10x3; 10x5 см.

Борозды выбивают преимущественно в ненарушенной горной массе по направлению максимальной изменчивости, совпадающему обычно с мощностью продуктивной залежи. Необходимо добиваться того, чтобы весь материал

из борозды поступил в пробу, не допуская засорения или обогащения ее за счет дополнительного выкрашивания минеральных частиц как из самой борозды, так и из смежных с нею участков.

Расположение борозд в горных выработках необходимо подчинить разведочному принципу равной достоверности. Пробы в кваршлагах, рассечках и ортах высекают в их стенках на высоте 1-1,2 м от почвы; в штреках борозды выбивают: при крутом залегании тел - в их забоях или кровле, а при пологом залегании - в стенках через определенные расстояния. В канавах пробы отбирают по дну, иногда по длинным стенкам, в шурфах, восстающих, уклонах по одной или двум противоположным узким стенкам, ориентированным вкрест простирания рудного тела. Опробование в забоях горных выработок должно проводиться циклично и синхронно с их проходкой и с соблюдением правил техники безопасности.

Взятие бороздовых проб в породах и руде высокой крепости - процесс исключительно трудоемкий. Он осуществляется вручную при помощи зубила и молотка или механическим способом с использованием пробоотборников режущего или ударного действия. Пробоотборники могут быть с пневматическим приводом марки ППР-2 или электроприводом (ПЭР-1). В качестве режущего инструмента используют два параллельных алмазных дисковых пробоотборника с отрезными алмазными кругами АОК, вырезающие щелевые борозды шириной от 3 до 10 см и глубиной 5 см.

Разновидностью бороздового опробования являются секционное и пунктирное (рис. 4.6). Секционное бороздовое опробование производится при наличии смежных разнотипных по минеральному составу руд и концентраций полезных компонентов, различных по характеру и интенсивности окolorудных изменений пород. Длина секции не должна быть менее 0,3 м. Способ опробования пунктирной бороздой может рекомендован к применению на месторождениях с рудными телами большой мощности и равномерным распределением в них полезных компонентов.

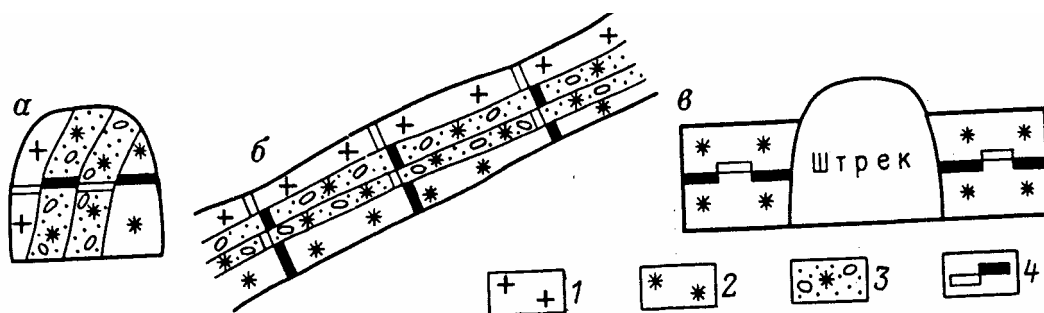


Рис. 6 Отбор проб бороздовым способом:

а-в забое штрека, *б-в* кровле штрека, *в* - по стенкам рассечек.

1 - гранодиориты; *2* - альбитизированные гранодиориты; *3* - зона интенсивно альбитизированных гранодиоритов с вкрапленностью шеелита и сульфидов; *4* - бороздовые пробы.

Шнуровой способ не имеет широкого распространения и применяется на заключительных стадиях разведки и при эксплуатации как вспомогательный для уточнения мощности рудопродуктивных залежей. В пробу отбирается бу-

ровая мука, шлам, возникающие при бурении шпуров перфораторами. Длина шпуров обычно составляет 1,5-3, реже до 4-6 м.

Большеобъемные пробы могут отбираться валовым или задиrkовым способами.

Валовый способ является самым достоверным и в то же время наиболее трудоемким. Его используют при взятии большеобъемных проб преимущественно для технологических испытаний, а также для контроля за другими способами опробования. В пробу может поступать вся отбитая горная масса или ее часть с определенных интервалов проходки горных выработок или очистных забоев. При этом в зависимости от необходимой массы пробы регулируют кратность (периодичность) поступления в нее технологических порций материала. Масса валовой пробы может достигать нескольких сотен и даже тысяч килограммов.

Задирковый способ является площадным и длительное время использовался при химическом опробовании маломощных (менее 0,3-0,4 м) тел с крайне неравномерным распределением полезных компонентов. Обработку таких тел, как правило ведут селективно. В настоящее время в связи с применением высокопроизводительных систем и технологии разработки нецелесообразно оконтуривать маломощные тела. Кроме того, этот способ требует больших затрат ручного труда, поскольку по всей мощности тела в определенном интервале по его падению (или ширине) должен сниматься ровный слой мощностью 1-3 см, минеральная масса которого поступает в пробу. Поэтому задиrkовый способ, утратив свое значение для химического опробования, может использоваться при взятии механическим способом большеобъемных проб для технологических испытаний. В этом случае глубина задирки достигает 5-10 см и более, а масса пробы - несколько сот килограммов.

Дискретные пробы отбирают точечным, горстьевым и штуфным способами.

Точечный способ заключается в отбойке в горной выработке с опробуемой поверхности по определенной сетке кусочков горной массы, составляющих пробу. Сетка разбивается мысленно или применяется трафарет. Она может быть, как и разведочная сеть, квадратной, прямоугольной или ромбической (рис 4.7). Точки отбора располагаются в узлах сетки. Расстояния между ними составляют $n \cdot 10$ см. Отбойка кусочков ведется с помощью зубила и молотка. Масса пробы составляет несколько килограммов.

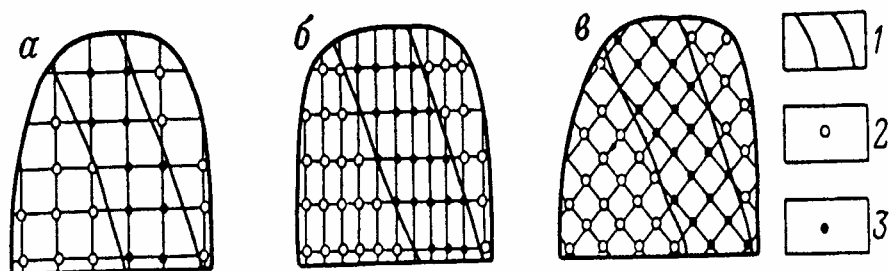


Рис. 7. Отбор проб точечным способом в забое штрека:

Сеть отбора проб: *а* - квадратная, *б* - прямоугольная, *в* - ромбическая. 1 - рудное тело; 2 - точки скола по вмещающим породам; 3 - точки скола по рудной зоне

Горстьевой способ применяется при опробовании технологической (отбитой) горной массы (рис. 4.8). Он практически не отличается от точечного способа. Оба способа связаны с химическим опробованием.

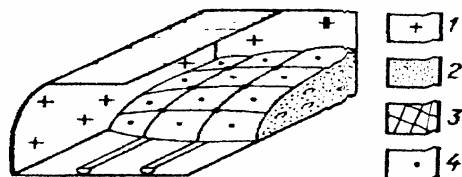


Рис. 8 Отбор проб горстьевым способом в штреке из отбитой горной массы:

1 - гранодиориты; 2 - отбитая горная масса в разрезе; 3 - прямоугольная сетка; 4 - точки скола кусочков.

Штуфной способ используют при техническом и минералогическом видах опробования. Он заключается в отборе монолитных кусков руды и вмещающих пород массой 1-2 кг, а также их сколов для изготовления прозрачных и полированных шлифов с целью микроскопического их изучения.

Опробование скважин осуществляется способами, близкими к линейным. Отбор проб при колонковом бурении производится из керна, а при его отсутствии или низком выходе - из шлама. Керн, представляющий собой столбик породы или руды, раскалывается на гидравлическом или механическом ударном керноколе вдоль оси пополам. При небольших объемах опробования раскалывание керна может выполняться вручную с помощью зубила и молотка. Одна половина столбика керна поступает в пробу, другая хранится в качестве дубликата. Пробы могут отбираться также способами распиливания и высверливания. При распиливании керна вдоль его продольной оси срезается сегмент, подлежащий хранению. Материал распила используется в качестве химической пробы, а оставшаяся часть керна может быть предназначена для других видов опробования. Способом высверливания опробуется керн, полученный при бурении соленосных толщ. Поскольку скважины ориентируются вкрест простирания рудных тел и так, чтобы угол их встречи был не менее 30° , то опробованию подлежит весь керн по всем рудным интервалам. От их мощности и внутреннего строения рудных тел и особенностей изменчивости качественного состава зависит длина проб. При значительной мощности рудных тел она составляет от 2 до 5 м.

При разведке месторождений скважинами ударно-канатного бурения опробуют шлам. При эксплуатационной разведке месторождений, обрабатываемых открытым способом, когда основным ее средством являются взрывные скважины шарошечного или пневмоударного бурения, отбор проб осуществляется из шлама или буровой мелочи. При очистке скважин воздушно-водяной

смесью опробование производится специальными шламоуловителями. При ручном или механическом ударно-вращательном бурении взятие проб осуществляется с помощью желонки, ложки, змеевика, пробоотборников и грунтоносов.

К параметрам проботора относятся геометрия и масса проб, расстояние между ними и общее число сквозных проб. вопросы геометрии и массы проб были рассмотрены раньше. Здесь коснемся остальных параметров.

Расстояния между точками отбора проб зависят от степени изменчивости оруденения. Чем больше величина коэффициента вариации содержаний полезного компонента V_c , тем меньше эти расстояния. Обычно расстояние между пробами определяется по линейному подсечению, ориентированному по простиранию рудного тела. В случае, когда рудное тело по своей мощности вписывается в сечение выработки, опробование ведут через расстояние, кратное величине продвижения его забоя. При крайне неравномерном распределении полезного компонента опробуют забой после каждой отпалки, т.е. через 1,5-2 м; при неравномерном оруденении - через 4-6 м, равномерном - 6-15 м, и весьма равномерном - 15-50 м. При значительной мощности, больших размеров сечения штрека плотность сети опробования и разведочной сети становится одинаковой, так как полные (сквозные) пересечения рудного тела по его мощности, подлежащие опробованию, совпадают с разведочными подсечениями. Это относится также к опробованию выработок, пройденных по падению (ширине) продуктивной залежи. В восстающих, пройденных по маломощным телам, по мере проходки опробуются стенки через 5-10 м.

Общее число сквозных проб зависит от расстояния между ними и определяется с учетом размеров опробуемой продуктивной залежи, вероятностного закона распределения содержаний полезных компонентов и критерия предельно допустимой погрешности оценки среднего содержания. Его можно определить по формуле (1), внося поправки в величину коэффициента вариации V_c на смещенность его оценки, исходя из расстояний между опробуемыми сечениями.

Обработка проб

Обработка проб осуществляется с целью получения в определенном физико-механическом состоянии необходимой массы минерального вещества, пригодного для лабораторных и технологических испытаний. При химическом и геохимическом видах опробования в процессе обработки проб получают навеску для анализа, представляющую собой тонко измельченный порошок (с диаметром частиц $< 0,1$ мм) массой от первых граммов (для спектрального анализа) до $n \cdot 100$ г. Начальная масса пробы обычно в несколько раз превосходит массу навески, а размер слагающих ее частиц на 2-3 порядка выше. Поэтому процесс обработки включает последовательные операции дробления и измельчения, грохочения и просеивания, перемешивания и сокращения, составляющие стадию. Содержание в навеске компонентов, подлежащих аналитическому определению, должно соответствовать их содержанию в исходной пробе и в ее сокращенной массе на любой стадии обработки.

Обработка проб ведется преимущественно в три стадии (рис 4.9). На первой стадии материал пробы подвергается крупному дроблению (до 10 мм). Для этого используют лабораторные щековые дробилки типов 58-ДР и 40-ДР. На второй стадии проводят мелкое измельчение. В завершающую стадию осуществляют тонкое измельчение (истирание) до 0,07мм (в случае большой массы пробы - на дисковом истирателе типа 60-ДР, а пробы до 50г- на вибрационном истирателе типа 75-БДР-4). Для истирания проб используют также стержневые или шаровые мельницы и механический истиратель СМБ.

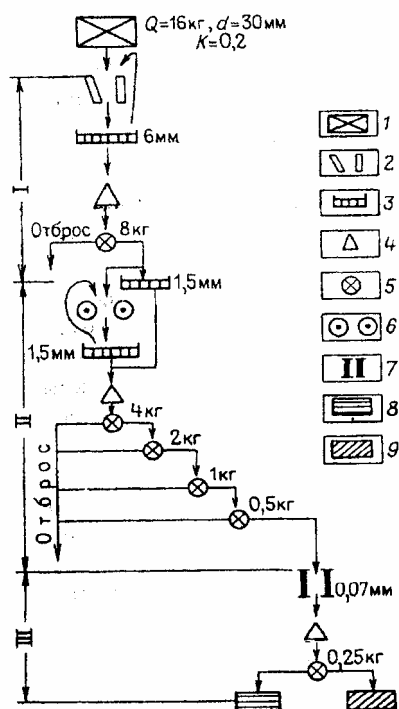


Рис. 9 Схема обработки проб:

1 - исходная проба; 2 - крупное измельчение на щековой дробилке; 3 - поверочное грохочение на грохотах или ситах; 4 - перемешивание; 5 - сокращение; 6 - измельчение на валковой дробилке; 7 - истирание пробы до 0,07 мм; 8 - лабораторная проба; 9 - дубликат пробы. I, II, III - стадии обработки.

При грохочении и просеивании происходит разделение частиц пробы по классам крупности. Перед дроблением и измельчением, чтобы не дробить лишнего, проводят вспомогательное грохочение: отделяют более мелкие классы, используя для этого соответствующие грохоты и сита. После этих операций производят контрольное грохочение и просеивание. Частицы, не прошедшие через контрольное сито, возвращаются на повторную операцию. Разделение частиц по крупности осуществляется на ручных или лабораторных механических грохотах, например, типа 138-Гр, и ситовых анализаторах типа 71б-Гр.

Истертый материал пробы грохочению и просеиванию не подлежит, так как наличие значительной доли пылеватых частиц делает этот процесс в воздушной среде практически неосуществимым. Конструкции щековых и валковых дробилок, истирателей, грохотов и ситовых анализаторов разработаны в институте Механбор.

Оптимальные соотношения массы пробы (Q), до которой она может быть сокращена, и размеров ее наиболее крупных частиц (d) на начало каждой стадии рассчитывают по формуле Ричардса-Чечотта

$$Q=kd^2,$$

где коэффициент k зависит от характера распределения полезного компонента в массе пробы. Он принимается по аналогии или определяется экспериментальным путем. Его значения при равномерном распределении - 0,1-0,2, неравномерном - 0,3-0,4 весьма неравномерном - 0,5-1,0.

Определив надежную массу пробы по этой формуле, проводим ее сокращение, предварительно подвергнув пробу перемешиванию. Перемешивание большеобъемной пробы осуществляют путем перелопачивания ее материала на твердой и гладкой горизонтальной площадке. Смешивание пробы небольшой массы выполняют способом кольца и конуса. Сокращение пробы производят квартованием или на желобковом (струйчатом) делителе. При последнем квартовании две противоположные доли пробы объединяют в пробу для анализа, остальные две образуют дубликат, подлежащий хранению.

Из дубликатов индивидуальных (рядовых) проб, входящих в контур отдельных тел природных типов промышленных сортов минерального сырья, составляются групповые пробы. Массы отбираемого материала должны быть пропорциональны длинам проб. Сокращенная минеральная масса пробы может быть использована для формирования технологической пробы.

Лабораторные испытания проб

При отборе и обработке проб необходимо иметь четкое представление о том, какие предстоит выполнить аналитические, технические и технологические исследования. Вид испытаний проб и специфика их проведения обусловлены видами опробования, минеральным и химическим составом полезного ископаемого, областью его применения, детальностью выполняемых работ и целым рядом других факторов. В процессе аналитических испытаний проб определяют: спектральными анализами -приблизительно количественный поэлементный состав полезных ископаемых; химическими анализами -количественные соотношения этих элементов; фазовыми анализами - форму их нахождения.

Приблизительно количественные спектральные анализы обладают высокой чувствительностью, но недостаточной точностью. Поэтому рекомендуется направлять на этот анализ пробы, не вошедшие в контур запасов полезных ископаемых. Для спектрального анализа требуются навески массой в первые граммы. В последние три десятилетия получили распространение количественные спектральные методы, включающие фотометрию и спектрометрию пламени, эмиссионный анализ, и рентгеноспектральные методы, не уступающие по точности химическим.

Химическим анализам подвергается большинство рядовых проб. Для них характерно снижение относительной случайной погрешности по мере увеличе-

ния содержания определяемого компонента. Масса пробы на химический анализ должна составлять 50-100г, а для пробирного анализа – 250-500 г и более.

Фазовыми анализами выявляют распределение элементов по минеральным формам. Для этого используют химические, рентгенографические и термографические методы исследований.

Техническими испытаниями проб определяют горнотехнические, сортовые и маркировочные свойства полезных ископаемых и вмещающих пород как в естественном залегании, так и на технологических стадиях их разрушения. Из горнотехнических свойств важное значение имеют плотность и влажность руд, пористость нефтегазоносных толщ, зольность и калорийность угля и горючих сланцев, гранулометрический состав продуктивных песков россыпи. Испытание проб на эти свойства проводят в полевых условиях на всех стадиях разведки. Определение сортности и марок различных видов минерального сырья проводится в специальных стационарных лабораториях с учетом требований соответствующей отрасли промышленности.

При технологических испытаниях определяют химический, минеральный и гранулометрический состав минерального сырья, его главные физико-технические свойства. В характеристику химического состава входят содержания порообразующих оксидов, основных и сопутствующих компонентов; полезных и вредных примесей.

Минеральный состав изучается с помощью минералогопетраграфического и минераграфического методов, шлихового, термического, люминесцентного и других анализов. При этом выясняют состав и количественные соотношения минералов, структурные и текстурные особенности руд.

Гранулометрический состав, характеризующийся количественным распределением минеральных зерен по крупности, определяется как в исходной пробе, так и на различных технологических стадиях ее дробления. Важными физико-механическими свойствами минерального сырья, влияющими на технологию ее переработки, являются кусковатость, средняя плотность, твердость, хрупкость, магнитность и др.

Контроль опробования

Контроль опробования осуществляется в процессе отбора, обработки и аналитических исследований проб.

Наиболее сложным, слабо освещенным в литературе и недостаточно регламентированным инструктивными положениями является контроль отбора проб. Это объясняется, с одной стороны, дискретностью полезной минерализации, а с другой – определенной закономерностью ее распространения. Расхождения в значениях основных и контрольных проб в каждом отдельном случае будут свидетельствовать о степени изменчивости оруденения, но не о погрешностях отбора определенной пробы. Поэтому контролируют не отдельно взятую пробу, а принятый способ отбора проб. С этой целью проводят экспериментальные исследования по отбору проб на опытном участке различными спо-

собами. Отбор проб необходимо вести под наблюдением техника-геолога. После взятия пробы можно проконтролировать ее соответствие принятой геометрии проб и правильность привязки, т.е. пространственное положение.

Контроль обработки проб осуществляется в порядке экспериментальных исследований по определению величины коэффициента неравномерности k по установленной методике.

Наиболее важным является контроль химических анализов. Он должен проводиться систематически и охватывать различные классы содержаний полезных компонентов. Выборки содержаний по классам, участвующим в подсчете запасов, должны быть представительными. Как известно, ошибки определения содержаний подразделяются на случайные и систематические. Случайные погрешности, различные по знаку, могут быть выявлены в процессе внутреннего контроля работы лаборатории. Для этого 5-10 % от общего числа проб, но не менее 25-30 проб, направляют на повторный (контрольный) анализ под другими номерами в ту же лабораторию.

Обработка результатов основных и контрольных анализов позволяет выявить относительную среднеквадратичную погрешность анализов, (P , %) по классам содержаний полезных компонентов. В инструкциях ГКЗ приводят предельно допустимые величины таких погрешностей (P_{\max} , %). Путем сравнения фактических погрешностей с допустимыми дается оценка качества работы внутренней лаборатории.

Систематическая ошибка одного знака (положительная или отрицательная) может быть выявлена при контрольных анализах, выполненных в другой (внешней) лаборатории. Такой контроль называют внешним. Наличие систематической погрешности проверяется контрольными анализами в специализированной арбитражной лаборатории.

1.3 Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте цель разведки, перечислите её принципы.
2. Какие выделяются стадии разведки?
3. Как осуществляется выбор технических средств разведки?
4. Какое влияние оказывают геологические и горно-технические факторы на выбор систем разведки?
5. Перечислите методы разведки.
6. Что представляют собой разведочная сеть?
7. Какие применяют методы оптимизации и её параметров?
8. Какие применяют виды опробования и способы отбора проб?
9. От чего зависит повторяемость операций обработки проб?
10. С какой целью проводятся различные испытания проб?

1.4 Тесты для самопроверки:

1. На каком графическом материале проектируется правильная геометрическая сеть разведочных пересечений рудного тела буровыми скважинами?

- на плане (карте) поверхности
- на продольной плоскости рудного тела
- в поперечном разрезе рудного тела

2. Укажите основные факторы, влияющие на выбор разведки?

- социальные, политические, конъюнктурные
- изменчивость геологических свойств тел полезных ископаемых, условия их залегания
- стратиграфические, геодинамические

3. Что является основным методом разведки?

- опробование разведочных выработок и скважин
- геохимические и минералогические исследования
- линейные подсечения разведочных тел системами буровых скважин, либо горных выработок
- построение разрезов
- оценочные сопоставления геологоразведочных данных

4. Какую группу разведочных систем следует применить при разведке глубокозалегающих пластовых залежей с равномерным распределением полезных компонентов?

- группа буровых систем
- группа горных систем
- группа горно-буровых систем

5. Какая форма разведочной сети применяется при изотропном строении продуктивной залежи?

- прямоугольная
- треугольная
- квадратная

6. Когда проводится разведка по профилям?

- изометричная в плане залежь
- извилистые ленточные тела
- рудный шток изотропного строения

7. Какой постулат является альтернативой традиционным принципам?

- аналогии
- последовательных приближений
- выборочной детализации
- полноты исследований
- разумной достаточности, экономической целесообразности и экологической безопасности
- равной достоверности

8. На чем основана оптимизация параметров разведочной сети?

- универсальные (альтернативные традиционным принципам) положения разведки
- традиционные принципы разведки

- вероятностно-статистические модели, отражающие изменчивость геологических свойств объекта разведки
 - технические средства разведки, разведочные системы
9. **Какой вид опробования характеризуется высокой точностью?**
- минералогическое
 - техническое
 - геофизическое
 - химическое
 - геохимическое
10. **Укажите дискретный способ опробования.**
- линейный
 - объемный
 - точечный
 - шпуровой
11. **Укажите величину коэффициента неоднородности (K) при составлении схемы обработки проб для весьма неравномерного распределения полезного компонента.**
- 0,5 – 1,0
 - 0,1 – 0,2
 - 0,3 – 0,4
12. **Что определяют при технологических испытаниях проб?**
- горно-технические, сортовые и маркировочные свойства полезных ископаемых
 - химический, минеральный и гранулометрический состав минеральности сырья
 - геофизические, геохимические, радиометрические параметры (характеристики).

1.5 Задача.

Составьте схему обработки пробы массой (Q_n) 8 кг, с максимальным размером частиц (d) 25мм, при коэффициенте неравномерности (k) 0,3. Конечные параметры пробы: масса 0,25 кг, размер частиц 0,07 мм. Предусмотрите необходимые оборудование и приборы.

Рекомендации к решению задачи

Составление схемы должно соответствовать формуле:

$$Q \geq k d^2 \text{ (см. в разделе «Обработка проб»)}$$

Там же приводиться примерная схема обработки проб.

Обработку пробы следует вести в три стадии: в 1-ой стадии производится крупное дробление материала пробы, на 2-ой стадии – мелкое измельчение, на 3-ой – истирание. На 1-ой и 2-ой стадиях осуществляют грохочение и просеивание. На всех стадиях предусматривается перемешивание и сокращение пробы до надежной массы. На заключительной 3-ей стадии часть сокращенного мате-

риала направляется на исследования, другая часть – на хранение в качестве дубликата пробы.

ЧАСТЬ – 2 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ И ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Основу этой части составляют исключительно важные вопросы подсчета запасов полезных ископаемых, кондиций и геолого-экономической оценки. Полезные ископаемые, являясь природным образованием материализуются в процессе геологоразведочных работ в запасы. Требования промышленности к их качеству, количеству, к горно-геологическим и другим условиям их залегания определяются кондициями, основанными на геолого-экономической оценке.

В 2000 г. завершена апробация на мировом уровне проекта Международной рамочной классификации ООН запасов (ресурсов) месторождений твердых горных ископаемых и минерального сырья, квалифицированных по трем укрупненным характеристикам:

- степени геологической изученности;
- уровню технико-экономической изученности;
- степени экономической эффективности.

Основным продуктом поисковых и разведочных работ является прогнозные ресурсы и запасы полезных ископаемых. Их обновленное описание приводится в соответствии с классификацией утвержденной приказом Министра природных ресурсов РФ от 07.03.1999г. №40 и проектом Российской классификации, идентифицированной с Международной рамочной классификацией ООН.

2.1 Подсчет запасов

Классификация запасов и прогнозных ресурсов

В Российской Федерации установлены единые принципы подсчета, оценки и государственного учета запасов и прогнозных ресурсов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых в недрах, отраженные в их *классификации*. На основе этой классификации разработаны и утверждены Государственной комиссией по запасам (ГКЗ) Министерства природных ресурсов РФ инструкции по ее применению к месторождениям различных видов полезных ископаемых.

Согласно одному из положений *классификации*, государственному учету подлежат выявленные и экономически оцененные запасы полезных ископаемых, количество и качество которых, хозяйственное значение, горнотехнические, гидрогеологические, экологические и другие условия добычи подтверждены государственной экспертизой [19].

Подсчет запасов полезных ископаемых осуществляется недропользователями по результатам геологоразведочных и эксплуатационных работ. На их основе ведется проектирование ресурсодобывающих и перерабатывающих предприятий. Подсчету подлежат запасы, залегающие в природных условиях, без учета потерь и разубоживания при их добыче. Такие запасы называются *геоло-*

гическими. Наряду с основными компонентами подсчитываются попутные полезные компоненты, если их извлечение технически возможно, экономически целесообразно и экологически безопасно.

Прогнозные ресурсы полезных ископаемых оцениваются в пределах перспективных территорий и отдельных частей месторождений по благоприятным геологическим предпосылкам, выявленным в процессе регионального геологического и другого картирования, результатам поисков и методом законтурной экстраполяции запасов на флангах и глубину, а также по аналогии с разведанными месторождениями.

Классификация предусматривает:

- группировку месторождений по степени их изученности и сложности геологического строения;
- подразделение запасов по степени разведанности и прогнозных ресурсов - их обоснованности;
- группировку запасов по их экономическому значению.

По степени изученности месторождения подразделяются на *оцененные и разведанные*.

К первым относятся месторождения с прогнозными ресурсами и предварительно оцененными запасами, по своим параметрам (качественной характеристике, технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям переработки) позволяющими принять решение о целесообразности или нецелесообразности проведения разведочных работ.

Ко вторым относятся месторождения с разведанными горными выработками и скважинами запасами с полнотой изученности указанных выше параметров достаточной для технико-экономического обоснования их промышленного освоения.

По сложности геологического строения месторождения твердых полезных ископаемых подразделяются:

металлических и неметаллических на 4 группы, угля и горючих сланцев на 3 группы;

1-ая группа месторождений характеризуется простым геологическим строением. Запасы заключены преимущественно в простых по форме, внутреннему строению телах, с выдержанной мощностью и равномерным распределением основных полезных компонентов.

2-ая группа объединяет месторождения сложного геологического строения с изменчивыми мощностью и внутренним строением тел полезного ископаемого, невыдержанным качеством и неравномерным распределением основных ценных компонентов. Сюда же относятся месторождения углей и ископаемых солей простого геологического строения с очень сложными горно-геологическими условиями разработки.

3-ая группа месторождений определяется очень сложным геологическим строением с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения тел полезного ископаемого и весьма неравномерным распределением основных ценных компонентов.

4-ая группа включает месторождения металлов и неметаллического сырья весьма сложного геологического строения с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения, с прерывистым гнездовым распределением основных компонентов.

Если на месторождениях 1-й группы тела полезных ископаемых с ненарушенным или слабонарушенным залеганием и выдержанным качеством, то на месторождениях 2-й и 3-й групп они характеризуются нарушенным и даже интенсивно нарушенным залеганием или невыдержанным качеством полезных ископаемых. Для месторождений 4-й группы эти характеристики проявляются одновременно с крайне отрицательными значениями.

При распределении месторождений по группам учитываются также количественные показатели оценки изменчивости основных свойств продуктивных тел, например по коэффициентам вариации их мощности и содержаний полезных компонентов.

По сложности геологического строения и характеристике коллекторов выделяются месторождения (залежи) нефти и газа: простого и сложного строения соответственно с выдержанностью и невыдержанностью толщин и коллекторских свойств продуктивных пластов по площади и разрезу. Кроме того, выделяют месторождения очень сложного строения, характеризующиеся как наличием литологических замещений или тектонических нарушений, так и невыдержанностью толщин и коллекторских свойств пластов [4].

Категории запасов и прогнозных ресурсов

Запасы твердых полезных ископаемых по степени разведанности подразделяются на категории A_1 B_1 C_1 и C_2 . Запасы первых трех категорий относятся к разведанным, запасы категории C_2 -к предварительно оцененным. *Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых* подразделяются по степени их обоснования на категории P_1 P_2 и P_3 .

Наиболее детально изучают запасы категорий А и В. Контур запасов категории А определяется в соответствии с требованиями кондиций по скважинам или горным выработкам. При этом необходимо: выявить размеры, форму и условия залегания тел полезных ископаемых; оконтурить внутри их безрудные и некондиционные участки; изучить характер и особенности изменчивости морфологии и внутреннего строения этих тел, технологические свойства полезных ископаемых, гидро-, инженерно- и горно-геологические и другие условия с детальностью, необходимой для составления проекта разработки месторождения. Кроме того, определяют природные разновидности, промышленные типы и сорта полезного ископаемого, их состав, свойства и распределение ценных и вредных компонентов по минеральным формам.

Запасы категории В должны близко удовлетворять указанным для категории А требованиям. Однако в отличие от них при изучении формы, условий залегания и внутреннего строения тел полезных ископаемых устанавливается лишь их основные особенности и изменчивость. При выдержанных мощностях

тел и качестве полезного ископаемого, допускается включение в контур запасов категории В. В ограниченной зоне экстраполяции, обоснованной геологическими предпосылками, интерпретацией геофизических и геохимических данных.

К запасам категории C_1 предъявляются более низкие требования, чем к запасам категории В. Их отличие от запасов категории В заключается в степени изученности внутренних неоднородностей и технологических свойств полезных ископаемых, гидрогеологических и других природных условий. Технологические свойства запасов категории C_1 изучаются в степени, достаточной для обоснования их промышленной ценности; гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные основные показатели оцениваются предварительно.

От рассмотренных запасов так называемых промышленных категорий А, В и C_1 принципиально отличаются предварительно оцененные запасы категорий C_2 . Их контур определяют на основании единичных рудопродуктивных скважин, горных выработок и естественных обнажений с учетом геофизических и геохимических данных, с использованием метода экстраполяции. Качество и технологические свойства полезного ископаемого выявляют по результатам исследований лабораторных проб. Гидрогеологические, инженерно-геологические, горно-геологические и другие условия оцениваются по отдельным точкам наблюдения и по аналогии с подобными участками и месторождениями.

Запасы комплексных руд и содержащихся в них основных полезных компонентов учитывают по одинаковым категориям, а запасы попутных компонентов могут относить к более низким категориям.

На месторождениях 1-ой группы в процессе разведки выявляют запасы категорий А, В, C_1 . На месторождениях 2-ой группы разведка осуществляется по категориям В и C_1 ; разведка по категории А нецелесообразна вследствие неоправданно высоких затрат. На месторождениях 4-ой группы запасы подлежат разведке, по категории C_1 и C_2 . При этом дальнейшая разведка месторождений 4-ой группы часто совмещается с их вскрытием и подготовкой к разработке.

До проведения рыночных реформ подготовленными для промышленного освоения считались месторождения, имеющие утвержденные в ГКЗ балансовые запасы основных полезных компонентов различных категорий в соотношениях, указанных в таблице 1.

Таблица 1. Требуемое соотношение различных категорий балансовых запасов, используемых при проектировании предприятий по их добыче.

Категория запасов	Металлы и неметаллические	Угли и горючие
		ископаемые

	Группы						
	1-я	2-я	3-я	4-я	1-я	2-я	3-я
A+B	30	20	-	-	50	50	-
В том числе:							
A не менее	10	-	-	-	20	-	-
C1	70	80	80	20-50	50	50	100
C2	-	-	20	80-50	-	-	-

Нецелесообразно без обоснования превышать количества запасов по категориям А и В. На разведанных и разрабатываемых месторождениях соотношение балансовых запасов различных категорий, используемых при проектировании, реконструкции предприятия по их добыче или дальнейшем развитии горно-эксплуатационных работ, устанавливается недропользователем.

Запасы нефти, газа и конденсата, а также сопутствующие им компоненты (этан, бутан, пропан, сера, гелий) подразделяются также на категории А, В, С₁ и С₂.

Категория А - запасы залежи, изученной с детальностью, обеспечивающей полное определение ее типа, формы и размеров, эффективной нефте- и газо-насыщенной толщины, типа коллектора, характера изменения коллекторских свойств, состава и свойств нефти, газа и конденсата, а также основных особенностей геологического строения залежи, определяющих условия ее разработки.

Запасы рассчитываются по залежи, разбуренной в соответствии с утвержденным проектом ее разработки.

Категория В - запасы залежи, нефтегазоносность которой установлена на основании промышленных притоков нефти или газа, полученных в скважинах на различных гипсометрических уровнях. Указанные для категории А параметры должны быть изучены в степени, достаточной для составления проекта разработки залежи.

Категория С₁ - запасы залежи, установленные при разведочном и эксплуатационном бурении скважин на основании промышленных притоков нефти или газа и положительных результатов геологических и геофизических исследований в неопробованных скважинах. Изученность запасов должна быть достаточной, чтобы обеспечить получение исходных данных для составления технологической схемы разработки месторождения нефти или проекта опытно-промышленной разработки месторождений газа.

Категория С₂ - запасы залежи, подсчетные параметры которых определены в общих чертах по результатам геологических и геофизических исследований с учетом данных по более изученной части или по аналогии с разведанными месторождениями.

Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых

Прогнозные ресурсы - это потенциальные запасы полезных ископаемых как уже известных, так и предполагаемых месторождений. Их количественная оценка основывается на рудоконтролирующих факторах, аналогия с известными в районе месторождениями того же промышленного или генетического типа, а также на благоприятных геологических предпосылках, геофизических и геохимических данных. Оценка прогнозных ресурсов проводится до глубин, доступных для эксплуатации при современном и на ближайшую перспективу технико-экономическом уровне разработки месторождений. При этом учитываются особенности качества и свойств оцениваемого вида минерального сырья.

Прогнозные ресурсы категории P_1 оценивают вероятностный прирост запасов при будущей разведке путем увеличения площади и глубины их распространения за пределы внешнего контура, обычно отождествляемого с контуром запасов категории C_2 , а также за счет тел полезных ископаемых, выявленных ранее при поисках и ожидаемых при разведке.

Прогнозные ресурсы категории P_2 оценивают потенциальные запасы вероятных для открытия месторождений в пределах рудоносной территории: рудном поле, узле и т.д.

Прогнозные ресурсы категории P_3 в отличие от P_2 оценивают потенциальные запасы предполагаемых месторождений на основе благоприятных геологических предпосылок, выявленных при средне и мелкомасштабном геологическом картировании, дешифрировании космических снимков, анализе результатов геофизических и геохимических исследований.

Перспективные и прогнозныe ресурсы нефти и газа подразделяются на категории C_3 , D_1 и D_2 .

Категория C_3 -перспективные ресурсы оцененные на основании геолого-геофизических данных и сложившихся представлений о геологическом строении и нефтегазоносности, изучаемой провинции или области.

Категория D_1 -прогнозные ресурсы углеводородов стратиграфо-формационных комплексов, оцениваемых в пределах региональных структур с доказанной промышленной нефтегазоносностью.

Категория D_2 - прогнозные ресурсы оцененные в пределах региональных структур, промышленная нефтегазоносность которых еще не доказана.

Запасы твердых полезных ископаемых и содержащихся в них полезных компонентов по их экономическому значению подразделяются на две группы: *балансовые и забалансовые*. Такие названия связаны с формой учета. По каждому виду полезного ископаемого составлен баланс запасов с их количественной и качественной оценкой. Запасы, составляющие его основу, стали называть балансовыми.

Блансовые (экономические) запасы подразделяются:

- на запасы, разработка которых экономически эффективна в условиях конкурентного рынка, при соблюдении требований по использованию недр и охране окружающей среды.

- на гранично-экономические запасы, освоение которых возможно при специальной поддержке со стороны государства недропользователя в виде налоговых льгот, дотаций и т.п.

К забалансовым (потенциально экономическим) относятся:

- запасы отвечающие по своим параметрам балансовым запасам, но отработка которых на момент оценки невозможна по горнотехническим или технологическим или правовым или экологическим или другим обстоятельствам.
- запасы, отработка которых на момент оценки экономически нецелесообразна, но может стать экономически эффективной в ближайшем будущем при благоприятной рыночной конъюнктуре или при значительном снижении эксплуатационных производительных затрат на их добычу и переработку, обусловленном техническим прогрессом.

Учету подлежат забалансовые запасы при условии их сохранности в недрах или складировании с целью использования в будущем. Запасы, заключенные в охранных целиках капитальных сооружений, сельскохозяйственных, жилищных и других объектах, относятся к балансовым или забалансовым с учетом затрат на перенос сооружений или специальные способы отработки этих запасов.

Геолого-экономические критерии оконтуривания запасов

Оконтуривание запасов полезных ископаемых осуществляется преимущественно на разведочных стадиях, когда по результатам проходки горных выработок и скважин, а также геофизических исследований проводятся линии контуров месторождений, участков, рудных тел (залежей) и отдельных блоков. При этом руководствуются геолого-статистическими и экономико-технологическими критериями оконтуривания.

Под геолого-статистическими критериями оконтуривания рудных залежей понимается характеристика их геологической и статистической неоднородности. *Геологическая неоднородность выражена анизотропией и зональностью, а статистическая - дискретностью оруденения.*

Элементы геологической неоднородности больше размеров проб, а статистической меньше. По мере сгущения разведочно-эксплуатационной сети скважин и горных выработок часть элементов статистической неоднородности переходит в геологическую неоднородность.

С анизотропией и зональностью связано понятие о неслучайной изменчивости. Анизотропия рудоносных структур и вмещающих их толщ пород может быть проявлена закономерной изменчивостью одного или большего числа признаков (свойств) в любых направлениях пространства. За меру анизотропии принимают частное от деления среднего числа элементов неоднородности на длину пересекающей их линии. На большинстве месторождений снижение меры анизотропии рудных тел происходит последовательно по трем направлениям: по их мощности, падению и простиранию. С ними чаще всего совпадают основные направления зональности оруденения.

Дискретность оруденения коррелируется с изменчивостью по характеру и степени проявления почти на всех уровнях строения природных образований полезных ископаемых - от их локальных обособлений до минерализованной зоны. Однако наибольшее практическое значение изучение дискретности имеет на уровне строения тел полезного ископаемого, когда дискретность характеризует степень насыщенности тела участками полезной минерализации.

Экономико-технологические критерии базируются на геолого-статистических отличительных признаках, требованиях кондиций и методах рационализации качественных кондиционных показателей по стадиям перехода геологических запасов из недр в товарную руду.

На всех стадиях геологоразведочных работ главнейшими оценочными показателями служат минимальное промышленное и бортовое содержания, а также минимальное содержание полезных компонентов по пересечению рудного тела и минимальное содержание забалансовых руд. Другими кондиционными показателями для оконтуривания руд служат минимальная (рабочая) мощность тел полезных ископаемых, максимальная мощность прослоев пород и т.п.

По геолого-статистическим критериям через опорные точки проводят линии естественного контура. Использование экономических критериев позволяет оконтурить запасы с определенными, заранее заданными качественными и технологическими параметрами. Однако вопросы обоснования кондиций рассматриваются после ознакомления с методикой подсчета запасов. Это объясняется тем, что сами кондиции устанавливаются на основе предварительно подсчитанных запасов в геологических (естественных) границах с одновременным использованием при этом различных вариантов кондиционных показателей.

Оконтуривание запасов проводится по трем направлениям: мощности, простиранию (длине) и падению (ширине) рудной залежи.

Исходными материалами для оконтуривания по разведочному пересечению (мощности) служат данные геологической документации и опробования разведочных скважин и горных выработок. Оконтуривание по мощности осуществляется по бортовому содержанию либо в геологических границах. Оконтуривание по простиранию и падению может проводиться путем непрерывного прослеживания рудного тела или с использованием приемов интерполяции и экстраполяции. Интерполяция данных между двумя смежными разведочными пересечениями дает возможность провести внутренний контур. При экстраполяции контур запасов проводится за пределами разведочных пересечений и называется внешними (см. рис. 4.4). Площадь, заключенная между внутренним и внешним контурами, называется *межконтурной полосой*. Экстраполяция будет ограниченной, если ее опорная точка является промежуточной между кондиционным (минимальным промышленным содержанием полезного компонента) и безрудным разведочными пересечениями и неограниченной, если отсутствует крайнее безрудное пересечение.

Положение опорной точки при ограниченной экстраполяции может приниматься на половине, трети или четверти расстояния между разведочными пе-

ресечениями или быть определенным по естественным формам выклинивания тел полезных ископаемых.

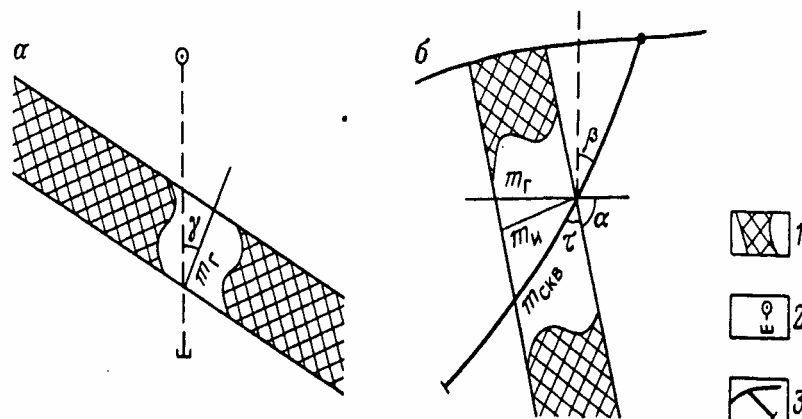


Рис. 10 Параметры крутопадающего рудного тела в плане (а) и разрезе скважины (б):

1 - рудное тело; 2 - устье скважины и горизонтальная проекция ее ствола; 3 - ствол скважины; $m_{скв}$ - длина пересеченного скважиной рудного интервала; $m_{г}$ - горизонтальная мощность рудного тела; $m_{и}$ - истинная мощность рудного тела; α - угол падения залежи; β - зенитный угол наклона скважины на участке пересечения рудного тела; γ - угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения рудного тела; τ - угол "встречи" (подсечения) скважины с рудным телом.

Сначала выделяются контуры запасов в поперечных разрезах, затем они увязываются между собой в продольной плоскости. Для этого составляются погоризонтальные планы и проекции на вертикальную плоскость. Оконтуривание на планах, поперечных и продольных разрезах должно вестись с учетом геолого-структурных и литолого-фациальных особенностей месторождения, морфологии тел, изменения элементов их залегания, пострудных тектонических дислокаций. Особенно ответственной операцией является оконтуривание рудного тела на глубину, когда количество разведочных пересечений резко сокращается. В этом случае большую роль играют рудоконтролирующие факторы: используется также градиент зональности, или градиент изменчивости оруденения, до минимальных промышленных значений.

Как во внутреннем, так и внешнем контурах может проводиться блокировка запасов. Выделенные блоки могут различаться по морфологии и внутреннему строению рудного тела (залежи), вещественному составу, условиям залегания, степени разведанности и другим природным и технологическим характеристикам.

Определение исходных данных к подсчету запасов

Основными параметрами при подсчете запасов твердых полезных ископаемых являются площадь (S) и мощность (m) рудных тел, средняя плотность руды (d), содержание в ней полезных компонентов (C) и поправочные коэффициенты.

Площади возникают в результате оконтуривания рудных тел в целом или их отдельных частей (блоков) на топографических и маркшейдерских планах, вертикальных или горизонтальных проекциях. Проекция рудных тел на горизонтальную плоскость осуществляется при их пологом залегании, а на вертикальную - при крутом падении.

Измерение площадей требует повышенного внимания исполнителей, обычно маркшейдеров. Площади со сложными очертаниями замеряются планиметром либо курвиметром, либо палеткой. Простые по конфигурации площади измеряются как геометрические фигуры. С целью избежания грубых ошибок измерение одних и тех же площадей выполняется двумя исполнителями, каждый из которых для большей точности производит несколько повторных измерений. При вычислении средних значений частные замеры с отклонением более чем на 3-5 % не учитываются.

Мощность рудных тел или рудопродуктивных залежей определяется по материалам опробования и геологической документации горных выработок и скважин, а также данными их каротажа. При пологом залегании рекомендуется замерять вертикальную мощность (m_v), а при крутом падении - горизонтальную (m_r). По керну или каротажу скважин мощность рудопродуктивной залежи ($m_{скв}$) определяется длиной интервала ее подсечения. Эти так называемые наблюдаемые мощности отличаются от истинных мощностей ($m_{и}$) и приводятся к ним по тригонометрическим формулам: $m_{и} = m_r \sin \alpha$; $m_{и} = m_v \cos \alpha$; $m_{и} = m_{скв} \cos(\alpha - \beta) \cos \gamma$, где α - угол падения залежи, β - зенитный угол наклона скважины в месте пересечения залежи; γ - угол между азимутальным направлением скважины и азимутом падения залежи (рис. 4.10). средняя мощность залежи определяется как среднее арифметическое значение частных замеров мощностей по сквозным сечениям залежи, если точки замеров распределены равномерно. При неравномерном распределении она может определяться как средневзвешенное на площади или на длину влияния частных замеров.

Средняя плотность руды определяется в ненарушенном залегании, непосредственно на месте, путем выемки определенного объема горной массы и последующего ее взвешивания, а также по результатам испытаний лабораторных проб. При этом вводится поправка на естественную влажность. Каждая проба представляет собой штафф (образец) руды с естественной влажностью, пористостью, кавернозностью и трещиноватостью. Такие пробы отбираются по различным минеральным типам и сортам руд в количестве, исключающем возможность погрешности в десятых долях г/см³.

Средняя плотность (d) штаффа вычисляется как отношение его массы в воздухе к разности масс в воздухе и воде. Пористые трещиноватые штаффы предварительно опускают в расплавленный парафин.

Естественная влажность (ω , %) определяется как отношение потери массы образца в результате высушивания к массе влажного образца. И тогда средняя плотность образца с учетом поправки за влажность определяется по формуле

$$d_{сух} = d_{вл} (100 - \omega) / 100$$

Такой пересчет необходим в связи с тем, что аналитические исследования проводятся с предварительно высушенными навесками и содержание полезного компонента дается на воздушно-сухую массу.

Содержание полезных компонентов (С) является качественной характеристикой, позволяющей определить их запасы или только промышленную ценность полезных ископаемых без подсчета запасов ценных компонентов. Последнее относится, например, к железным, марганцевым, хромитовым рудам, бокситам, углю, известнякам, глинам.

Содержание полезных компонентов может приводиться на химические элементы (Au, Cu, Ni и т.д.) или оксиды элементов (WO_3 , TiO_2 , Cr_2O_3 и т.п) в процентах и массовых единицах (миллиграммах, каратах, граммах, килограммах) на 1 т или $1 м^3$ руды или песков.

Среднее содержание определяется как среднеарифметическое или средневзвешенное последовательно по опробуемому сечению, горной выработке или скважине, горизонту, блоку, участку и, наконец месторождению. Выбор зависит от величины дисперсии содержаний и наличия их корреляции с мощностью, плотностью, площадью или длиной влияния пробы. Лучшим считается способ, дающий наименьшую дисперсию средних содержаний. Чаще всего содержание взвешивают только на мощность по формуле

$$C_{\text{ВЗВ}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i m_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i},$$

где C_i - содержание в частных пробах; n- число проб; m- мощность (длина) частных проб.

Высокая дисперсия средних содержаний обусловлена наличием так называемых “ураганных” проб с выдающимся содержанием полезных компонентов, нуждающимся в ограничении зоны их влияния. С учетом морфологии рудных тел, текстур руд, закономерностей распределения полезных компонентов и технологии отработки эмпирически определены различные приемы выявления и замены ураганных проб.

Наибольшее распространение получил прием, основанный на выделении проб, повышающих средние содержания по разведочному пересечению более чем на 20 %, а по подсчетному блоку на 10 % и более. Значения таких проб рекомендуется заменять ближайшими к ним по величине содержаниями в рядовых пробах, расположенных в одних и тех же разведочных пересечениях или в смежных по простиранию.

Поправочные коэффициенты, учитывающиеся при подсчете, могут существенно изменить наши представления о количественной и качественной характеристике запасов и повлиять на технологию их отработки. К уменьшению запасов полезных компонентов приводят поправки на дискретность оруденения (рудноносность), наличие безрудных даек или ксенолитов вмещающих пород,

валунистость, закарстованность, льдистость. Увеличение запасов может быть связано с введением коэффициентов, учитывающих избирательное истирание зерна или намыв ценных компонентов при разработке россыпей. Кроме того, может возникнуть необходимость введения поправок на систематические погрешности химических анализов проб, замеров мощностей в буровых скважинах, на расхождение их данных с горными выработками.

Наиболее практически важной является поправка на дискретность оруденения или рудоносность. Чтобы оценить рудоносность, необходимо определить характер дискретности и количественно оценить ее степень. Характер дискретности зависит от соотношения размеров и количества рудных и безрудных интервалов. При очень сложном характере дискретности оруденения селективная выемка может стать практически неосуществимой. В то же время валовая отработка привела бы к резкому снижению качественных показателей товарной руды. Степень дискретности (D) выражается через стандарт, коэффициенты вариации и рудоносности (r). Последний устанавливают как отношение суммы длин рудных интервалов (или площадей, объемов, масс), несущих промышленную минерализацию, к общей длине (или площади, объему, массе) рудной зоны. Чтобы при разработке месторождений избежать негативных явлений, вызываемых крайне дискретным характером оруденения, следует минимальные значения коэффициента рудоносности обосновать проектом, сравнивая варианты селективной и валовой разработки. При $D_{\max} r \rightarrow 0$; при $D_{\min} r \rightarrow 1$.

На разведочных стадиях обычно определяют линейный коэффициент рудоносности: $r = \sum l_i / L$, где l_i - длина частных рудных интервалов, L - суммарная длина пересечений рудной хоны, включая рудные и безрудные прослои. По мере сгущения разведочно-эксплуатационной сети скважин и горных выработок, как правило, проявляется скрытая дискретность (обнаружение безрудных участков больше допустимых кондициями размеров). С ее учетом эмпирическая формула определения фактического коэффициента рудоносности примет вид

$$r_{\phi} = \sum l_i / (L + \sqrt{L})$$

Основные методы подсчета запасов

Запасы месторождений твердых полезных ископаемых подсчитывают в основном методом геологических и эксплуатационных блоков или методом разрезов. Другие методы подсчета оказались не адекватными применяемым системам разведки, характеризуются громоздкими геометрическими построениями и повышенной дисперсией средних подсчетных параметров, усложняют обоснование и применение кондиций.

Метод *геологических блоков* является универсальным для подсчета запасов плоских тел полезных ископаемых, разведанных как по геометрически правильной, так и неправильной сети. При этом методе выделяются равновеликие (рис. 4.11) блоки, различные по степени разведанности, мощности, содержанию полезных основных и попутных компонентов, природным типам и сортам руд,

технологическим свойствам, гидрогеологическим и горнотехническим условиям залегания. Запасы каждого блока подсчитываются по формулам:

$$V=Sm; Q=Vd; P=Q C/100,$$

где V - объем тела полезного ископаемого; S - площадь тела на проекции; m - средняя горизонтальная или вертикальная мощность тела; Q - запасы полезного ископаемого; C - среднее содержание полезного компонента в объеме тела (%). Частным случаем этого метода является метод среднего арифметического, когда все тело полезного ископаемого представляет собой один подсчетный блок.

Метод *эксплуатационных блоков* применяется для подсчета запасов плоских тел, разведанных и расчлененных горными выработками и скважинами на части, эквивалентные по форме и размерам эксплуатационным блокам (см. рис. 11). Обычно на разведочных стадиях наряду с эксплуатационными блоками - объектами первоочередной отработки оконтуривать геологические блоки. Для крутопадающих тел такие блоки находятся на нижних горизонтах.

Оконтуривание и подсчет запасов проводится по каждому блоку, аналогично методу геологических блоков. Подсчет запасов методом эксплуатационных блоков повышает эффективность проектирования и отработки запасов, позволяет на примере этих блоков проводить сравнения данных разведки и эксплуатации.

Метод *разрезов* применяется для подсчета запасов изометричных, трубообразных и сложных по форме тел полезных ископаемых, преимущественно разведанных буровыми или горно-буровыми системами, дающими возможность построить разрезы (рис. 4.12) они могут быть вертикальными или горизонтальными. Заключенная между смежными разрезами часть тела полезного ископаемого представляет собой призму, объем которой определяется по формуле $V=S_1+S_2/2 \cdot l$, где S_1 и S_2 -площади смежных сечений; l - длина между ними, или усеченную пирамиду с объемом $V= S_1+S_2+\sqrt{S_1S_2}/3l$. Эта часть тела может рассматриваться в качестве одного блока или разделяться на несколько блоков, отличных друг от друга вещественным составом руд, степенью разведанности и т.п. Объем крайних блоков, каждый из которых опирается на один разрез, в зависимости от формы выклинивания тела определяется по формулам клина или пирамиды.

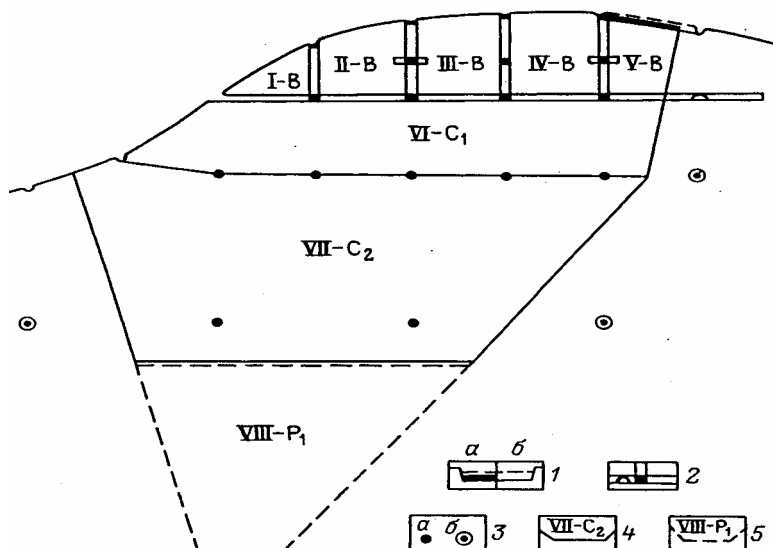


Рис. 11 Проекция рудной зоны на вертикальную плоскость с блокировкой запасов и прогнозных ресурсов:

1 - каналы и траншеи (*a* - рудные, *b* - безрудные); 2 - штольня, восстающие и рассечки (полные рудные пересечения затушеваны); 3 - пересечения скважинами рудной зоны (*a* - скважины с кондиционным содержанием полезного компонента, *b* - с некондиционным содержанием); 4 - геологические блоки запасов (римскими цифрами указаны номера блоков, латинскими буквами - категории запасов); 5 - контур прогнозных ресурсов категории P_1 .

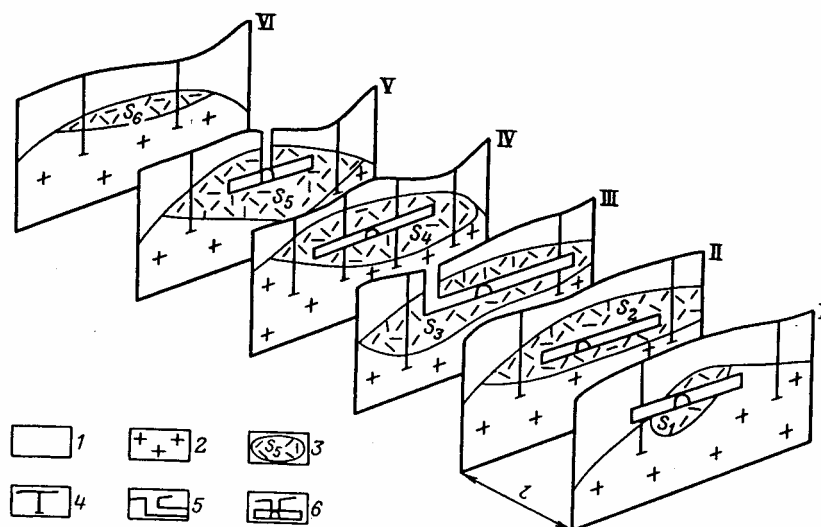


Рис. 12 Модель подсчета запасов методом вертикальных разрезов:

1 - надрудная (надынtrizивная) толща пород; 2 - граниты; 3 - рудный грейзен; 4 - разведочные буровые скважины; 5 - б - разведочные горные выработки: 5 - шахта и кварцшлаг, б - штрек, орты и восстающий. Римскими цифрами указаны номера разрезов; l - площадь на разрезе, l - расстояние между разрезами.

При непараллельных разрезах вносятся соответствующие поправки к подсчету объемов. Среднее содержание полезного компонента определяют вначале для каждого разреза в блоке, ограниченном двумя разрезами, оно вычисляется как среднеарифметическое или средневзвешенное на площади сечений.

При подсчете запасов россыпных месторождений применяют линейный способ, являющийся разновидностью метода разрезов. Вначале определяют за-

пасы полезных ископаемых и ценных компонентов в лентах шириной 1м по разведочным линиям, а затем на всю длину между ними.

При крайне дискретном оруденении подсчет запасов проводят статистическим методом. Это относится в основном к месторождениям 4-й группы, когда совмещаются разведочные и эксплуатационные работы. По результатам этих работ оценивается средняя продуктивность исследуемого участка и распространяется на менее изученную потенциально рудоносную часть месторождения.

Подсчет запасов нефти и газа осуществляется в основном объемным методом. Вспомогательными методами являются: для нефти – статический и материального баланса, для газа – по падению давления.

Объемный метод - применяется на месторождениях различной степени изученности (опроискованности) и разведанности, при проявлении большинства режимов нефтегазоносных пластов. Его выражением являются формулы:

$$\text{для нефти} - Q_{\text{из}} = F \cdot H \cdot k_n \cdot \Theta \cdot \rho \cdot \eta$$

$$\text{для газа} - V_{\text{из}} = F \cdot H \cdot k_n \cdot k_r \cdot (P_n l_o - P_k l_k) \cdot f \cdot \eta$$

где: $Q_{\text{из}}$, $V_{\text{из}}$ – извлекаемые запасы соответственно нефти (т), газа, м³

F - площадь нефтегазонасыщенности залежи, м²;

H - средняя эффективная нефте- и газонасыщенная мощность, м;

k_n - средний коэффициент объемной площади нефтесодержащих пород (емкости коллектора);

k_n, k_r - средние коэффициенты нефте- и газонасыщенности;

Θ - пересчетный коэффициент, учитывающий "усадку" нефти ($1/\rho$ плотность пластовой нефти), связанную с ее переходом из условий пластового давления в условия поверхности;

P_n, P_k - средние абсолютные пластовые давления в газовой залежи

(P_n – начальное, P_k – остаточное при установлении на устье скважин давления 0,1 мПа);

l_o, l_k - поправочные коэффициенты на отклонения углеводородных газов при P_n и P_k ;

ρ - плотность нефти в поверхностных условиях, кг/м³;

f - коэффициент приведения объема газа к стандартной температуре;

η - коэффициент извлечения нефти и газа;

Подсчет запасов газа по падению давления применяется при отсутствии водонапорного режима газонасыщенных залежей.

Применение ЭВМ при подсчете запасов

Электронно-вычислительные машины используются при оценке прогнозных минеральных ресурсов и подсчете запасов. Оценка прогнозных ресурсов с применением ЭВМ осуществляется по различным программам. Одна из них - программа "Космос", позволяет количественно оценить роль рудоконтролирующих признаков на основе их многофакторной корреляции.

Методика оценки разработана в Институте литосферы РФ О.Г. Шереметом и др. На Камчатке по этой методике с использованием космогеологических критериев прогнозирования Н.К. Андросовой выделены рудоперспективные территории. Вначале определяют оптимальный размер осредняющий квадратной палетки, сторона которой обычно составляет 1 см. Затем исследуемую территорию разбивают на квадраты и формализуют признаки по группам, учитывающим долю распространения геологических и рудных формаций, параметры структурных элементов, число их пересечений и другие факторы. С помощью алгоритмов аппарата кластерного анализа на ЭВМ осуществлялись поиск информативных признаков и их количественная оценка.

ЭВМ при подсчете запасов может выполнять двоякую функцию: либо на основе типовых алгоритмов и программ производить расчетные операции по известным методам подсчета, либо на основе многофакторного корреляционного анализа исходной геологоразведочной информации произвести количественную и качественную оценку запасов.

В первом случае эта оценка не должна существенно отличаться от оценки, полученной при подсчете без применения ЭВМ. Здесь ЭВМ облегчает и ускоряет выполнение вычислительных операций, особенно при большом массиве цифровых данных на стадии эксплуатационной разведки. Варианты подсчета запасов с использованием ЭВМ могут выполнять функции контроля подсчета обычными методами.

Во втором случае автоматизированная обработка позволяет использовать весь банк исходной геологоразведочной информации, чем достигается более высокая достоверность подсчета запасов. При этом применяют специальные способы подсчета запасов, основанные на методах множественной корреляции, сглаживания или нелинейной аппроксимации полученных параметров. Использование ЭВМ дает возможность по координатам точек пересечения скважинами лежащих и висячих боков залежи определить ее объем; расчет средних содержаний провести с помощью уравнений множественной регрессии. Эффективно применение ЭВМ при многовариантных подсчетах запасов по различным значениям кондиционных показателей. Многие вопросы, связанные с автоматизированными системами подсчета запасов, находятся в стадии разработки и совершенствуются.

При подсчете запасов с использованием ЭВМ необходимо обосновать применяемые алгоритмы и программы, дать их описание, а также привести данные, обеспечивающие возможность проверки промежуточных и окончательных результатов с помощью обычных методов подсчета запасов.

Оценка точности подсчета запасов. Формы учета их движения. Управление качеством руды

Оценка точности подсчета запасов зависит от того, насколько построенная по результатам разведки геологическая модель месторождения близка к его реальному выражению (параметрам). Наибольшее подобие модели объекту и наименьшая погрешность оценки запасов на определенной стадии разведки будет

для месторождений с простым геологическим строением (1-ая группа). Подобие моделей месторождения сложного (2-ая группа), очень сложного (3-я группа) и весьма сложного (4-я группа) геологического строения последовательно снижается, а погрешность увеличивается. Величина погрешности зависит также от степени соответствия формы, ориентировки и плотности разведочной сети, геолого-статистической неоднородности месторождения.

При подготовке исходных материалов к подсчету запасов невозможно избежать технических погрешностей, а при создании самих моделей месторождения, участка и отдельных рудных тел неизбежны погрешности их геометризации (ошибки аналогии), оценки дискретности и среднего содержания полезных компонентов.

Технические погрешности, связанные с проведением геологической документации и опробования горных выработок и скважин, как и последующим нанесением полученных данных на планы и разрезы, могут взаимно компенсироваться. Систематические погрешности данных бурения и химических анализов корректируются введением поправочных коэффициентов к подсчету запасов.

Погрешности геометризации связаны с геологической неоднородностью изучаемого объекта, которая характеризуется анизотропией и зональностью. Эти свойства, определяющие неслучайную изменчивость, становятся известными с достаточной полнотой лишь на завершающих стадиях разведки и в процессе эксплуатации месторождения. Погрешности геометризации запасов могут быть самыми различными по абсолютному значению. Они, как правило, отклоняются в сторону отрицательных величин и достигают кратности целых чисел. Средние их значения в месторождениях различных рудных формаций в зависимости от сложности морфологии продуктивных залежей и их внутреннего строения изменяются от 10-15 до 50%. Погрешности геометризации находятся в прямой зависимости от дискретности оруденения.

Существенное расхождение величин фактических и подсчитанных запасов может привести к соответствующим изменениям производственной мощности предприятия или срока его существования.

Погрешности оценки среднего содержания полезных компонентов более опасны, чем ошибки подсчета количества запасов, так как непосредственно отражаются на технологии производственного процесса и в конечном итоге на себестоимости продукции с момента эксплуатации месторождения.

Запасы полезных ископаемых подлежат государственному и текущему учету. Государственным учетом предусматривается составление их ежегодных балансов, используемых при перспективном планировании. Отчетность предприятий и организаций предварительно проходит проверку и анализ в ЦКЗ соответствующих департаментах добывающих министерств. Порядок ведения ежегодного учета движения разведанных запасов, их погашения, списания не подтвердившихся запасов, потерь и разубоживания определяется формами - 5-ГР и 5-ГР (уголь), разработанными Госкомстатом РФ. Их заполнение обяза-

тельно для геологоразведочных организаций и горнодобывающих предприятий и производится на основе текущего учета.

Под движением запасов понимается изменение их количества в результате добычи, разведки или переоценки за определенный период.

Текущий, или так называемый геолого-маркшейдерский, учет состояния и движения разведанных запасов эксплуатируемых месторождений заключается в подготовке исходных материалов для текущего и оперативного планирования горнопроходческих и добычных работ. Он составляется по данным доразведки и эксплуатационной разведки, месячных замеров выполненных горных работ, эксплуатационного и товарного опробования, технологических и товарного балансов.

Сопоставление баланса запасов, погашенных в недрах, с учетом потерь и разубоживания, к товарному балансу запасов служит контролем за ведением горных работ.

Показатели полноты и качества выемки руд предусматриваются в перспективных, текущих и оперативных планах объема добычи минерального сырья. При перспективном планировании по данным детальной разведки определяют объемы добычи сырья с заданными качественными показателями по годам. При текущем планировании, охватывающем годовой, квартальный и месячный объемы, эту задачу решают по результатам эксплуатационной разведки и эксплуатационного опробования. Оперативное планирование позволяет непосредственно влиять на ведение горных работ в течение декады, суток и смены. Оно базируется на эксплуатационной разведке.

Оперативно используя данные эксплуатационного опробования, можно систематически снижать уровень потерь и разубоживания, эффективно управлять качеством товарной руды, повышать достоверность учета ее добычи, движения и списания запасов.

2.2 Геолого-экономическая оценка месторождений

Геолого-экономические и технологические критерии оценки

Оценка полезных ископаемых предусматривается на всех стадиях геологоразведочных работ. Как известно, на стадиях, предшествующих разведке, оценивают прогнозные минеральные ресурсы, а по результатам разведочных стадий подсчитывают запасы полезных ископаемых. Такая оценка называется геологической.

Разведанные запасы минерального сырья подлежат сравнительной экономической оценке, определяющей техническую возможность и целесообразность их добычи и переработки. Таким образом, оценка становится комплексной геолого-экономической. При ее проведении желательно руководствоваться принципами, позволяющими обеспечить максимальное удовлетворение потребностей народного хозяйства в минеральном сырье с минимальными общественно

необходимыми затратами на его производство, и соблюдением законодательных положений об охране недр и природных ресурсов.

Геологические критерии представляют собой рудоконтролирующие факторы, используемые как при оценке прогнозных ресурсов, так и при подсчете запасов. Однако при оценке прогнозных ресурсов они являются определяющими, в то время как на разведочных стадиях важную роль в оценке запасов играют экономические и технологические критерии.

Критерием экономической оценки является мера отличия основных стоимостных показателей от их среднеотраслевых значений. Эти показатели отражают затраты живого и овеществленного труда на производство единицы продукции из сырья оцениваемого месторождения. Лучшими на данный момент считают месторождение, позволяющее получать продукцию с минимальными затратами такого труда. К числу этих показателей относятся ожидаемая себестоимость продукции, удельные капитальные затраты на единицу годовой мощности предприятия по добыче руды или выпуску конечной продукции, уровень рентабельности к основным производственным фондам и приведенные затраты. Последние служат основными показателями при сравнительной экономической оценке (ранжировании) месторождения и определяются по формуле:

$$Z_{пр} = P + k\Phi/A,$$

где P- общие годовые эксплуатационные затраты, руб; Φ - основные производственные фонды, руб; k- коэффициент рентабельности; A - годовая производственная мощность предприятия по выпуску продукции, т. Другими показателями, учитываемыми при сравнительной оценке, служат: запасы руды и полезных компонентов, годовая производственная мощность предприятия по добыче и переработке руды и выпуску продукции, годовая прибыль и сроки окупаемости капитальных затрат. В этих показателях произведенные до исходного момента планирования затраты не принимают во внимание, а учитывают только предстоящие. Такая оценка месторождений проводится по принципу минимизации затрат. Она приводит к обоснованию использования худших месторождений, участков, рудных тел и блоков. В этом случае приведенные затраты играют роль замыкающих, т.е. предельно допустимых.

Технологические критерии оценок определяют техническую возможность отработки разведанных запасов минерального сырья и его переработки наиболее эффективными способами. Технологическими показателями отработки месторождений являются параметры и пространственное положение рудных тел, их качественная характеристика, горнотехнические, инженерно-геологические и криологические условия, способ и системы разработки, предельные глубина карьера и коэффициент вскрыши, величины потерь и разубоживания и т.п.

Показателями технологической оценки переработки минерального сырья служат степень извлечения основных и сопутствующих полезных компонентов, качественный состав концентратов (промпродуктов) и конечных продуктов, охрана окружающей среды и т.д.

Факторы и методы оценки

Промышленная ценность месторождения обусловлена разнообразными факторами, которые объединяются в основные три группы: социально-экономические, горно-геологические и экономико-географические.

Социально-экономические факторы определяют потребность народного хозяйства в определенном виде минерального сырья и пути ее удовлетворения с учетом состояния и развития производительных сил региона, в котором находится оцениваемое месторождение. При этом рассматриваются: современный уровень производства данного вида минерального сырья; возможности попутного получения его из комплексных месторождений или замены более экономичным и экологически чистым видом сырья.

Горно-геологические и технологические факторы обуславливают количество и качество минерального сырья, возможности его добычи и переработки с использованием прогрессивной техники и технологии. Анализ состояния баланса запасов с учетом социально-экономических факторов позволяет выделить месторождения для первоочередной отработки или рекомендовать увеличение производственной мощности действующих предприятий за счет их реконструкции.

Экономико-географические факторы определяются административным и географическим положением месторождения, его границами и площадью, климатическими и мерзлотными условиями, особенностями орографии, сейсмичностью района, транспортными связями, наличием населенных пунктов и сырья для производства строительных материалов, обеспеченностью рабочей силы, состоянием энергетической базы, источниками хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения. Эти факторы обуславливают величину поясных коэффициентов на капитальное и жилищное строительство, прокладку транспортных магистралей и т.п.

Оценка месторождения может проводиться на различных технологических уровнях. Это зависит от видов полезного ископаемого, способов его добычи и переработки. Для одних оценка возможна на уровне добычи руды, для других осуществляется оценка затрат на получение продуктов обогащения или конечных товарных продуктов, пригодных для использования в народном хозяйстве.

Стоимостные показатели при предпроектной оценке определяют либо по методу аналогии, либо методом прямых расчетов по укрупненным показателям затрат, либо по совокупности этих методов. В первом случае среди эксплуатируемых или находящихся в стадии проектирования объектов выбираются аналогичные оцениваемому месторождению по виду полезного ископаемого, размерам, морфологии и условиям залегания рудных тел, качеству руд. Стоимостные показатели выбранного проекта-аналога в целом по промышленному комплексу или по его части переносятся на оцениваемый объект с введением необходимых поправок на географо-экономические условия. Второй метод более точен, чем метод аналогии. Однако выполнение его в полном объеме сопряже-

но с большими затратами труда. Поэтому эффективно проведение оценки по обоим способам: для одной части промышленного комплекса подбирается проект-аналог, стоимостные показатели другой части определяются прямым расчетом.

Кондиции

Кондиции на минеральные сырье являются синтезирующими показателями геолого-экономической оценки. Они представляют собой технико-экономические требования к качеству и количеству минерального сырья, его горно-геологическим, гидрогеологическим и другим природным условиям. Соблюдение этих требований должно обеспечить наиболее полное комплексное и безопасное использование недр на эколого-экономической основе.

Виды кондиций, их назначение и условия разработки

Кондиции могут быть *разведочными* и *эксплуатационными*. Первые обусловлены стадийностью разведочного процесса. Они служат для оконтуривания и подсчета запасов полезных ископаемых и их промышленной оценки. Вторые связаны с эксплуатацией месторождения и предназначены для корректировки разведочных кондиций на основе реально сложившихся производственно-экономических условий и рыночной конъюнктуры. **Разведочные кондиции** подразделяются на *временные* и *постоянные*. Временные разведочные кондиции разрабатываются по результатам либо оценочных работ, либо начальной стадии разведки, постоянные - по результатам завершенных разведочных работ.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) временных разведочных кондиций может составляться различными организациями недропользования по согласованию с Департаментом геологии и освоения минеральных ресурсов Министерства природных ресурсов и утверждается заинтересованными департаментами других министерств.

Основой кондиций являются запасы категорий C_1 и C_2 . В составленном технико-экономическом докладе (ТЭД) или ТЭО наряду с кондиционными параметрами определяются: производственная мощность будущего предприятия, объем капитальных вложений, их удельные значения, ожидаемая себестоимость продукции и прибыль от ее реализации. На основе технико-экономических показателей с учетом рыночной конъюнктуры дается обоснование целесообразности инвестирования на объекте дальнейших разведочных работ. Соотношение по категориям устанавливаются недропользователем с учетом геологических особенностей месторождения, условий финансирования и строительства горнодобывающего предприятия и принятого предпринимательского риска капиталовложений.

ТЭО постоянных разведочных кондиций освоения месторождения, материалы подсчета запасов и результаты геолого-экономической оценки подлежат государственной геологической, экономической и экологической экспертизе.

Эксплуатационные кондиции разрабатываются недропользователем для обособленных участков продуктивных залежей и тел с целью приведения параметров разведочных кондиций к горно-геологическим условиям и реальным технико-экономическим показателям их эксплуатации.

Поскольку ТЭО таких кондиций чаще всего распространяются на подготовленные, нарезанные и готовые к выемке запасы, но разрабатывается на ограниченный срок, связанный с их отработкой.

При расчете геолого-экономических параметров (минимального промышленного и бортового содержания) эксплуатационных кондиций следует учитывать результаты опробования как разведочных выработок и скважин, так и горно-подготовительных, нарезных выработок, очистных забоев и взрывных скважин.

Основные параметры кондиций для рудных и угольных месторождений

Среди параметров разведочных кондиций для подсчета балансовых запасов металлов и нерудного сырья выделяют группу универсальных. Эта группа включает: минимальное промышленное содержание полезного компонента, бортовое содержание полезных компонентов в пробе, минимальные мощности тел полезных ископаемых, максимально допустимую мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд.

Синтезирующим экономическим параметром из этой группы служит минимальное промышленное содержание полезного компонента (или приведенное к содержанию условного компонента) C_m . Запасы с таким содержанием имеют извлекаемую промышленную ценность $C_{пр}$, зависящую от оптовой цены за единицу полезного компонента в товарной продукции C , единого (сквозного) коэффициента его извлечения при добыче, обогащении и металлургическом пределе K_i и коэффициента разубоживания K_p . Таким образом

$$C_{пр} = C_m C K_i (1 - K_p) / 100,$$

Величина промышленной ценности, заключенная в 1т руды, должна обеспечить полное возмещение эксплуатационных расходов P на ее добычу P_d и переработку P_n при нулевой рентабельности, а также погашение затрат на геологоразведочные работы, т.е $C_{пр} > P$. Заменяя в формуле (1) $C_{пр}$ на P и выполнив преобразования, получим

$$C_m = P / C K_i (1 - K_p) \cdot 100\%.$$

Для полиметаллических руд рассчитывают C_m условного полезного ископаемого компонента, используя соответствующие переводные коэффициенты. Обычно C_m устанавливают применительно к подсчетному блоку. Для месторождений дефицитных видов минерального сырья, характеризующихся высокой дисперсией содержаний полезных компонентов, допускается использование величины C_m для группы блоков или в целом по месторождению. В единичных блоках минимальное содержание полезного компонента может быть даже меньше минимального промышленного содержания. Такие отклонения воз-

можно в случае несущественного снижения экономических показателей по месторождению в целом.

Минимальное промышленное содержание служит не только для выделения балансовых запасов. Его величину используют и для их оконтуривания по простиранию (длине) и на глубину (по ширине). При высокой дискретности оруденения или нахождения месторождения в трудных географо-экономических условиях для оконтуривания запасов используют величину минимального содержания полезного компонента по пересечению рудного тела выработкой. Эта величина меньше минимального промышленного содержания. Ее применение позволяет сохранить целостность рудных тел с балансовыми запасами или избежать неоправданные потери в краевых частях подсчетных блоков, где содержание полезных компонентов несколько ниже минимального промышленного.

Бортовое содержание полезного компонента (или условного компонента) в пробе-наименьшее содержание в крайних пробах, оконтуривающих рудное тело по его мощности. Оно определяется методом повариантных технико-экономических расчетов во взаимосвязи с минимальным промышленным содержанием. Для выбора наилучшего (оптимального) варианта рекомендуется принимать не менее трех вариантов. Разность в значениях смежных вариантов дает величину "шага", которая также должна быть оптимальной. Малые значения "шага" принимаются на месторождениях с постепенным затуханием рудной минерализации при переходе руды во вмещающие породы. В этом случае значения бортового и минимального промышленного содержаний могут настолько сблизиться, что надобность в одном из этих показателей отпадает. Не требуется бортовое содержание для оконтуривания рудных тел с четкими геологическими границами (контактами). Обычно это рудные жилы кварцевого, кварц-карбонатного, флюоритового, баритового и другого состава, пегматитовые тела, пласты каменного угля, каменной и калийной солей и т.п.

Условия оконтуривания рудных тел в геологических границах, должны содержать описание критериев, по которым устанавливаются геологические границы полезного ископаемого.

Минимальные мощности тел полезных ископаемых лимитируют включение в контур запасов сечений с мощностью меньше той, которая может обеспечить возможность эффективного применения определенной системы разработки. Величина минимальной мощности зависит от морфологии и условий залегания рудных тел, изменчивости мощности по простиранию и падению, дискретности оруденения, а также факторов, обуславливающих повышенное разубоживание. При мощности сечения меньше минимального метропроцента (метрограмма). Его величина должна быть не меньше произведения минимального промышленного содержания полезного компонента и минимальной мощности тел полезных ископаемых.

Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур подсчета балансовых запасов, зависит от способа и технологии разработки. Для открытых работ ее величина уста-

навливается значительно выше, чем для подземных. При этом исходят из того, что при мощности большей, чем максимально допустимая, эти породы или некондиционные руды могут быть оставлены в целиках или селективно отработаны.

Иногда в кондициях предусматривают максимально допустимые по простиранию рудного тела безрудные интервалы или участки некондиционных руд, находящиеся внутри контура полезного ископаемого.

Другие специфические (частные) кондиционные параметры включают технологические требования к качеству руд и условиям их обработки. Из числа частных параметров кондиций устанавливаются только те, которые необходимы для геолого-экономической оценки конкретного месторождения, исходя из горно-геологических условий его разработки и состава полезного ископаемого.

Коэффициенты для приведения содержаний полезных попутных компонентов к содержаниям условного основного компонента определяются с учетом минимального содержания компонентов, величины их извлечения в товарную продукцию и оптовой рыночной цены.

Максимально допустимое содержание вредных примесей, отрицательно влияющих на технологию переработки минерального сырья и способных перейти в концентрат или конечную продукцию, может устанавливаться для подсчета блока, либо по пересечению рудного тела, интервалу или в пробе.

Минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке вводится для месторождений с прерывистым или гнездовым распределением полезного компонента, когда невозможно оконтурить рудные тела, а подсчет запасов производится в контурах рудоносной зоны и статически. При этом должна быть обоснована целесообразность селективного способа разработки рудных обособлений.

Минимальные запасы в изолированных (обособленных) телах полезные ископаемые обычно рассматривают на стадиях, следующих после детальной разведки, исходя из окупаемости прямых затрат на добычу и переработку руд при нулевой рентабельности.

Максимальная глубина подсчета запасов, предельный коэффициент вскрыши предусматриваются для месторождений, подлежащих разработке открытым способом. Подсчет запасов проводится в установленных ТЭО контурах разработки; намечаются границы участков первоочередной обработки.

Кондиции для подсчета балансовых запасов углей (горючих сланцев) отличаются от рассмотренных кондиций на металлические и неметаллические полезные ископаемые перечнем основных кондиционных параметров и их значимостью. Основными показателями кондиций являются максимальная зольность угля A^d (для сланцев-минимальная теплота сгорания в пересчете на сухое топливо Q^d_s), минимальная истинная мощность пластов угля (сланцев), максимальная или минимальная мощность природных прослоев, включаемых в пласт сложного строения соответственно при валовой или селективной его выемке. Кроме того, предусматриваются специальные требования к качеству углей и сланцев, такие как спекаемость, выход смол, содержание серы и фосфора. Дру-

гие частные параметры кондиций могут быть общими с кондициями для рудных месторождений. Они обосновываются геологическими, горнотехническими и экономическими факторами.

Для подсчета забалансовых запасов устанавливается перечень параметров кондиций, аналогичных перечню, используемому для балансовых запасов, исключая минимальное промышленное содержание полезного компонента.

Согласно ГКЗ [19], эксплуатационные кондиции могут обосновывать новые по сравнению с разведочными кондициями величины минимального промышленного и бортового содержаний, а также другие параметры с целью получения минимально-необходимого уровня прибыли.

Технико-экономические обоснования параметров кондиций

Технико-экономические обоснования *разведочных* кондиций составляют с учетом особенностей экономико-географического положения месторождения, горнотехнических, гидрогеологических и других природных условий месторождения, качественной и количественной характеристики разведанных запасов полезных ископаемых, содержащихся в них полезных компонентов и др. При этом необходимо обосновать: оптимальную производственную мощность будущего предприятия, его структуру и технологический режим работы; наиболее рациональный способ вскрытия и разработки месторождения (участка); принятую прогрессивную оптимальную технологию добычи полезного ископаемого (глубина разработки, углы наклона бортов карьера) и комплексную переработку данного вида минерального сырья - технологическую возможность и экономическую целесообразность промышленного извлечения попутных полезных ископаемых и компонентов, а также отходов рудосортировки и обогащения; оптимальные размеры потерь, разубоживания, показателей качества добываемого сырья и продуктов обогащения;

- принятую систему осушения месторождения, возможности использования водоотлива

- мероприятия по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

При повариантных расчетах и обосновании кондиций технико-экономические показатели определяются по каждому из вариантов за год и за весь период эксплуатации. Принимается вариант, обеспечивающий максимальное использование разведанных запасов.

В основу ТЭО кондиций принимают балансовые запасы руды Q и полезного компонента M , последовательно переходящие в процессе технологического проектирования и отработки в промышленные и эксплуатационные. *Промышленными* являются такие запасы, которые попадают в контуры отработки. *Эксплуатационные запасы* руды Q_3 и полезного компонента M_3 , кроме того определяются полнотой извлечения полезного компонента K_n и коэффициентом разубоживания K_p . Определение потерь и разубоживания может быть рас-

четным, конструктивным и статистическим. Преимуществом пользуется расчетный метод, осуществляемый по вариантам отработки с учетом геологического строения, горнотехнических условий, технологии и экономических факторов отработки.

Эксплуатационные запасы и содержание в них полезного компонента C_3 определяется по формулам:

$$Q_3 = Q(1 - K_n) / (1 - K_p);$$

$$M_3 = M(1 - K_n);$$

$$C_3 = M_3 / Q_3 * 100 \%$$

Трансформация геологических запасов в эксплуатационные происходит скачкообразно по технологическим стадиям по мере проведения горнопроходческих и добычных работ. Минимальное эксплуатационное содержание $C_{\text{обл}}$ для различных стадий целесообразно рассчитывать с учетом только предстоящих затрат. Его можно вычислить исключив из общей суммы затрат произведенные эксплуатационные затраты.

По данным ГКЗ [19], экономической основой ТЭО кондиций является чистый дисконтированный доход, приведенный к начальному году и рассчитанный на период отработки месторождений без учета налога на добавленную стоимость. При этом экономические показатели рассматриваются в базовом и коммерческом вариантах.

При *базовом варианте* оценки в состав затратных показателей не включают налоговые и иные платежи, а также платежи по кредитам банков и льгот. Расчетная ставка дисконта принимается равной 10 %.

На основе базовой оценки определяются общие геологические (потенциальные) запасы месторождения.

В *коммерческом варианте* в затраты на добычу и переработку сырья включают налоги, сборы и платежи, не учитываемые при базовом варианте, при норме дисконта не ниже 15 %. Коммерческая оценка позволяет определить ту часть запасов, дифференцированных по блокам, которая в данный момент может быть экономически эффективно отработана в условиях конкурентного рынка. Она составляет балансовые запасы.

Сопоставление запасов, подсчитанных в базовом и коммерческом вариантах, позволяет выявить целесообразность государственной поддержки недропользователя с целью рационального и комплексного их использования.

Основными технико-экономическими показателями проекта разведочных кондиций являются:

Разведанные геологические запасы, положенные в обоснование ТЭО кондиций:
категории $A+B+C_1$ тыс. т (m^3)

категории C_2 тыс. т (m^3)

Промышленные запасы	тыс. т (м ³)
Эксплуатационные запасы	тыс. т (м ³)
Разведанные запасы компонентов	тыс. т (м ³)
Промышленные запасы компонентов	тыс. т (м ³)
Эксплуатационные запасы компонентов	тыс. т (м ³)
Средние содержания компонентов в этих запасах	тыс. т (м ³)
Потери	%
Разубоживание	% (г/т)
Годовая производительность предприятия:	
• по горной массе	
• по добыче полезного ископаемого и переработке (обогащению) минерального сырья	тыс. т (м ³)
Коэффициент вскрыши	м ³ /т; м ³ /м ³
Извлечение при обогащении	%
Срок обеспеченности предприятия запасами	лет
Кап. вложения, в т. ч. затраты на природоохранные мероприятия	млн. руб.
Оборотный капитал	млн. руб.
Общие кап. вложения, в т.ч. затраты на природоохранные мер.	млн. руб.
Удельные капиталовложения в рудник на 1т (м ³) годовой добычи полезного ископаемого	млн. руб.
Годовые эксплуатационные затраты	млн. руб.
Эксплуатационные затраты на 1т(м³) полезного ископаемого в т.ч.:	
• на добычу	
• на обогащение (рудосортировку)	руб.
• на транспортировку руды (концентратов)	
• на заводскую переработку, включая природоохранные работы	

Себестоимость единицы товарной продукции	руб.
Цена единицы (г, т, м ³) товарной продукции (цена реализации)	руб.
Стоимость товарной продукции, общая и отдельно для каждого основного и попутного полезного ископаемого и компонента (доход):	млн. руб.
• годовой выпуск	
• за весь период разработки	
Прибыль	млн. руб.
Плата за недра	%
Отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы	%
Плата за воду, землю, дорожный налог и т.д.	%
Чистый дисконтированный доход (при ставке дисконтирования 10%)	млн. руб.
Индекс доходности	млн. руб.
Внутренняя норма рентабельности	%
Срок окупаемости капитальных вложений	лет

В ТЭО эксплуатационных кондиций в качестве выемочной единицы принимается эксплуатационный блок (участок). Запасы в контуре которого, на основе выше изученной методики, подразделяются на:

- балансовые экономически эффективные;
- балансовые –гранично экономические, для отработки которых необходима государственная поддержка;
- забалансовые запасы, отработка которых по ряду причин нецелесообразна.

Как указано в руководстве [19], основным квалификационным критерием отнесение оцениваемых в ТЭО эксплуатационных кондиций запасов выемочных единиц (участков) к балансовым является возможность их отработки с минимально необходимым уровнем рентабельности на основе сопоставления предстоящих затрат и стоимости извлекаемой продукции.

2.3 Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какие категории используют при оконтуривании запасов?
2. Перечислите методы подсчета запасов твердых полезных ископаемых?
3. Какие возможности использования ЭВМ при подсчете запасов и оценке прогнозных ресурсов?

4. Что выражают экономические и технологические критерии оценки?
 5. Как определяется промышленная ценность месторождений РФ?
 6. Сформулируйте понятия "кондиции на минеральное сырье".
 7. В каком случае составляют временные кондиции, когда – постоянные?
 8. Перечислите основные параметры кондиций.
 9. Какие показатели рассматриваются в ТЭО кондиций?
 10. Как выявляют случайные и систематические погрешности анализов?
 11. Какие выделяют категории запасов и прогнозных ресурсов?
 12. Чем отличаются балансовые запасы от забалансовых запасов?
- На какие группы подразделяются разведанные месторождения по сложности геологического строения по подготовительности для промышленного освоения?

2.4 Тесты для самопроверки:

1. На какие группы подразделяются месторождения (ресурсы, запасы) полезных ископаемых по степени изученности?
 - балансовые, забалансовые
 - металлические, неметаллические
 - оцененные, разведанные
 - сложные, простые
2. Определите 4-ю группу месторождений твердых полезных ископаемых по сложности геологического строения.
 - очень сложное
 - весьма сложное
 - сложное
 - простое
3. Укажите группу полезных ископаемых при требуемом соотношении (в %) категорий балансовых запасов $(A+B)/C_1 = 1$
 - металлы и неметаллы
 - угли и горючие сланцы
 - нефть и газ
4. Укажите ряд категорий, выделяемый по степени разведанности.
 - P_1, P_2, P_3
 - C_3, D_1, D_2
 - A, B, C_1, C_2
5. Какие запасы полезных ископаемых являются потенциально экономическими?
 - балансовые
 - забалансовые
 - гранично-экономические
6. Чем выражается геологическая неоднородность тел полезных ископаемых?
 - анизотропия, зональность
 - дискретность оруденения
 - экономико-технологические критерии
7. Каким методом определяется внешний контур запасов?

- интерполяция
 - экстраполяция
 - произвольно
- 8. Какой параметр рудного тела является основным при определении средне-взвешенных содержаний полезных компонентов?**
- трещиноватость
 - мощность
 - влажность
 - элементы залегания
- 9. Какая корреляционная связь между степенью дискретности оруденения и величиной коэффициента рудоносности?**
- прямая (положительная)
 - обратная (отрицательная)
 - неопределенная
- 10. Для каких групп полевых ископаемых применим объемный метод подсчета запасов?**
- металлические
 - неметаллические
 - углеводороды
 - твердые каустобиолиты
- 11. С какими факторами связаны погрешности геометризации (ошибки аналогии) тел полезных ископаемых?**
- геологическая документация
 - опробование
 - геологическая неоднородность
- 12. Что представляют собой геологические критерии оценки месторождений?**
- стоимостные показатели
 - рудоконтролирующие факторы
 - технологические показатели
- 13. Что является методом оценки месторождения?**
- определение стоимостных показателей
 - рассмотрение социально-экономических показателей
 - изучение горно-геологических факторов
 - учет экономико-географических условий
- 14. Что является основой разведочных кондиций?**
- запасы полезных ископаемых
 - прогнозныe ресурсы полезных ископаемых
 - перспективные ресурсы
- 15. Какой параметр (показатель) кондиций служит для оконтуривания рудного тела по его мощности?**
- минимальное промышленное содержание
 - минимальный коэффициент рудоносности
 - бортовое содержание полезного компонента

16. Для какого вида полезного ископаемого основным кондиционным показателем является максимальная зольность?

- сера
- нефть
- угли
- горючие сланцы

17. Какие запасы определяются в коммерческом варианте экономической оценки?

- общие геологические запасы
- балансовые запасы
- забалансовые запасы

2.5 Задача

Определить минимальное промышленное содержание ртути в руде (C_m), в базовом и коммерческом вариантах.

Затраты на 1 т руды составляют (руб):

добыча – 300

транспортировка – 50

металлургический передел – 250

природоохранные мероприятия – 100

расчетная ставка дисконта при базовом варианте – 10 %; при коммерческом – 20 %

налоги и другие платежи – 10 % от суммы эксплуатационных затрат;

разубоживание (K_p) - 15 %

сквозное извлечение (K_n) – 80 %

цена (C) - 4,3 тыс дол/т

Рекомендации к решению задачи:

Расчет вести по формуле:

$$C_m = P / C K_n (1 - K_p) \cdot 100 \%$$

Определяем эксплуатационные затраты на 1 т руды (P) путем суммирования затрат на добычу, транспортировку, металлургический передел, включая также расчетную ставку дисконта. Для коммерческого варианта, кроме того учитываем затраты на налоги, плату за использование недр (роялти) и другие платежи, в размере 10 %. Цену на ртуть переводим в рубли по курсу дол. Полученное значение минимального промышленного содержания должно соответствовать богатым рудам (содержание ртути более 1 %) месторождений Тамватнейское и Олюторское в Корякском нагорье.

Список рекомендуемой литературы

1. Бакиров А.А. Геология и геохимия нефти и газа.- Учебник для вузов.- М.:Недра, 1995.
2. Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы./ Под. Ред. А.И. Кривцова, И.Ф. Мигачева, Г.В. Ручкина.- М.: ЦНИГРИ, 1993.
3. Заборин А.В., Коткин В.А. Российская классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и международная рамочная классификация ООН. – Ж-л "Минеральные ресурсы России", № 2 1999, с 29-37.
4. Каждан А.Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ. – М.:Недра, 1985.
5. Милютин А.Г. Геология и разведка месторождений полезных ископаемых. – Учебник для вузов. – М.:Недра, 1989.
6. Милютин А.Г. Экология недропользования. – Учеб. пособие для вузов. – М.: 2000.

7. Милютин А.Г., Андросова Н.К., Калинин И.С. Основы дипломного проектирования (Бурение скважин. Геоэкология). – Учеб. пособие для вузов. – М.: 2000.
8. Положение о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твёрдые полезные ископаемые).- ВИЭМС М-ва природных ресурсов РФ. – М.: 1999.
9. Сборник нормативно-методических документов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. – М.: Изд. ГКЗ М-ва природных ресурсов РФ, 1999.
10. Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. – Т. 1,2 – М.: Изд. ГКЗ СССР, 1985.