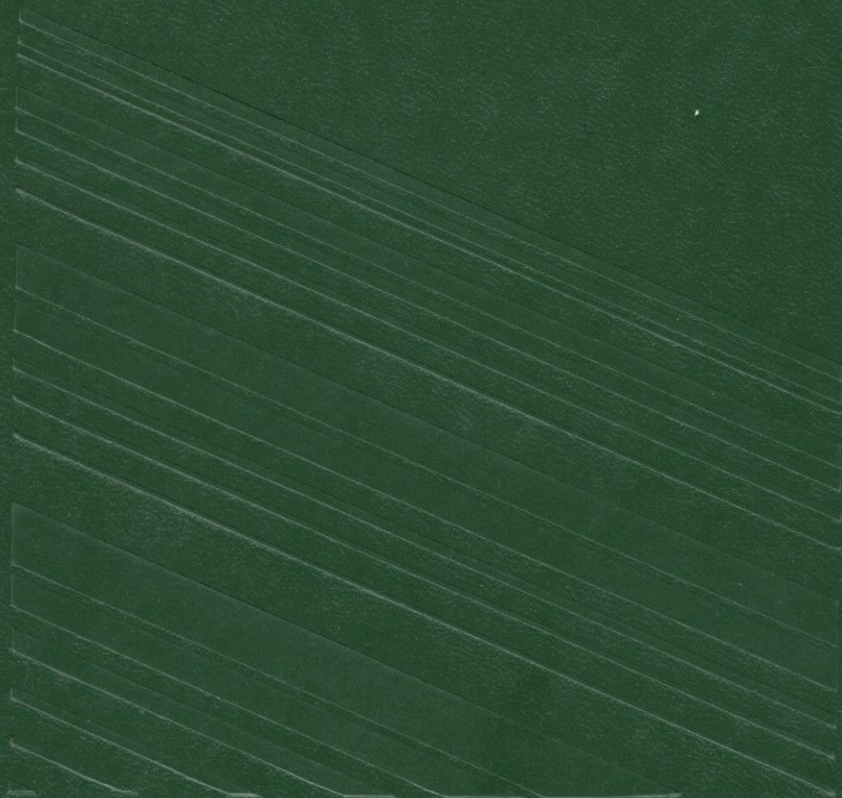


В. М. БОРЗУНОВ

РАЗВЕДКА  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ОЦЕНКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ



В. М. БОРЗУНОВ

РАЗВЕДКА  
И ПРОМЫШЛЕННАЯ  
ОЦЕНКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕРУДНЫХ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ

3691



МОСКВА «НЕДРА» 1982

**Борзунов В. М.** Разведка и промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых. М., Недра, 1982. 310 с.

Дана промышленная классификация нерудного минерального сырья, генетическая классификация месторождений нерудных полезных ископаемых; впервые разработаны основные направления разведочных работ; изложена методика разведки месторождений, их опробования и изучения качества сырья. Даны рекомендации по удешевлению и сокращению сроков разведки. Особое внимание уделено проблеме комплексного использования минерального сырья, мерам по охране окружающей среды. Проанализированы ошибки при разведке, подсчете запасов и геолого-экономической оценке месторождений, даны рекомендации по их устранению.

Для геологов, занимающихся нерудными полезными ископаемыми, работников проектных институтов и организаций. Может быть использована как учебное пособие для студентов вузов геологического профиля.

Табл. 18, ил. 59, список лит.— 50 назв.

Рецензент — канд. геол.-минер. наук  
*И. Н. Леоненко* (ПГО Мингео РСФСР).

## ВВЕДЕНИЕ

Растущая потребность промышленности в нерудных полезных ископаемых, расширяющийся круг их потребителей приводят к постоянному увеличению объемов геологоразведочных работ на неметаллические полезные ископаемые и затрат на их проведение. Вследствие этого возникает проблема разработки новых прогрессивных методов разведки месторождений, которые позволили бы при наименьших затратах средств и времени решать поставленные задачи.

Вопросы разработки рациональной методики разведки месторождений нерудных полезных ископаемых на основе новейших достижений науки и техники будут постоянно в центре внимания научных и производственных организаций и решение их потребует длительного времени.

Свою задачу автор видит в обобщении и передаче имеющегося передового опыта разведки и промышленной оценки месторождений нерудных полезных ископаемых, освещении современных требований к рациональному и комплексному изучению месторождений полезных ископаемых, охране недр и окружающей среды, подготовленности месторождений для промышленного освоения.

Месторождения нерудных полезных ископаемых характеризуются многообразием условий образования, форм тел полезного ископаемого и их вещественного состава. Поэтому современный разведочный процесс должен строиться на основе глубокого научного обоснования. Условия образования месторождений полезных ископаемых во многом определяют их форму и условия залегания, парагенезис минералов, состав и качество минерального сырья, что, в свою очередь, обуславливает выбор системы разведки месторождений и способы их промышленной оценки. Все это указывает на необходимость изучения разведочного дела в тесном сочетании с основами учения о полезных ископаемых.

Предлагаемая в книге генетическая классификация месторождений нерудных полезных ископаемых представляет собой обобщение разработанных в последнее время различными исследователями частных классификаций месторождений отдельных видов неметаллических полезных ископаемых. При составлении промышленной классификации нерудных полезных ископаемых автор учитывал направление использования минерального сырья, состав, свойства и вид, в котором находится полезное ископаемое в недрах, характер его технологического передела. Разработанная промышленная классификация, по мнению автора, будет способствовать рациональному и комп-

лексному использованию минерального сырья и правильному его изучению при разведке месторождений неметаллических полезных ископаемых.

Промышленное освоение месторождений полезных ископаемых невозможно без решения ряда сложных технических вопросов. К таким вопросам относятся: выбор системы вскрытия и подготовки месторождения к разработке, определение возможной производительности горнодобывающего предприятия, обеспечение бесперебойного снабжения сырьем обогатительных фабрик и перерабатывающих заводов, установление сроков строительства и очередности ввода предприятия в эксплуатацию, комплексность и рациональность использования сырья и отходов производства, водоснабжение, защитные гидрогеологические и инженерно-геологические мероприятия, выбор площади под жилищное и капитальное строительство, охрана недр и окружающей среды и др.

Правильное решение этих вопросов при проектировании горнодобывающего предприятия во многом зависит от полноты и качества материалов, собранных в процессе разведки и изучения месторождения. Поэтому геолого-промышленная оценка месторождения, производимая при детальной разведке, не только предусматривает правильное определение количества и качества разведанных запасов, но требует сбора и обработки такого материала, который был бы достаточным для составления технически правильного и экономически наиболее выгодного проекта промышленного освоения месторождения. Разведка и геолого-промышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых имеет свои особенности.

Нерудное минеральное сырье в значительной своей части представлено широко распространенными горными породами, возможность промышленного использования которых определяется их физико-механическими и технологическими свойствами, и пока эти свойства не изучены, горная порода не может рассматриваться как полезное ископаемое.

Вследствие невысокой стоимости многих видов нерудных полезных ископаемых, экономической целесообразности перевозки их на значительные расстояния большое, а в ряде случаев решающее значение для определения их промышленной ценности приобретают вопросы экономики и прежде всего горнотехнические условия разработки месторождения и наличие потребителя в том административно-экономическом районе, в котором находится месторождение.

Многообразие нерудного минерального сырья, возможность замены в некоторых случаях одного полезного ископаемого другим, большие затраты на строительство горнодобывающих и перерабатывающих сырье предприятий обуславливают необходимость тщательного выбора сырьевых баз и научно обоснованной их разведки. Полевые разведочные работы должны

тесно увязываться с лабораторными испытаниями, а те и другие — с глубоким минералого-петрографическим изучением сырья, геологических условий его залегания и образования. Чтобы обобщать и интерпретировать разведочные данные, необходимо хорошо знать геологию месторождения, так как без знания ее, основываясь только на разведочных данных, нельзя установить характер изменения форм тел полезных ископаемых и качества слагающего их минерального сырья. Какую бы густую сеть разведочных выработок не приняли, без знания генезиса месторождения, его геологического строения и структуры нельзя ответить на те вопросы, которые составляют основы геолого-промышленной оценки месторождения.

Трудности разведки и промышленной оценки месторождений нерудных полезных ископаемых в значительной мере обусловлены широким диапазоном горных пород, используемых как нерудное минеральное сырье, разнообразием генетических типов месторождений и, как следствие этого, различием методики разведки и промышленной оценки их.

Большое значение в настоящее время приобретают вопросы охраны недр и окружающей среды, неправильное решение которых может нанести народному хозяйству большой ущерб.

При составлении книги автор стремился осветить основные вопросы методики разведки и геолого-промышленной оценки месторождений нерудных полезных ископаемых на основе современных представлений об условиях их образования и с учетом передовых достижений науки как в области совершенствования методических приемов, так и в области технических средств разведки.

## ГЛАВА I

### НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ И ЕГО ПРОМЫШЛЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

В настоящее время все твердые полезные ископаемые принято разделять на рудные (металлические), нерудные (неметаллические) и горючие. Однако такое подразделение является весьма условным, и эта условность по мере развития науки и техники и расширения областей использования минерального сырья непрерывно увеличивается.

Горючие полезные ископаемые (уголь, горючие сланцы, торф) все чаще стали использоваться как химическое и агрохимическое сырье, некоторые их разновидности (гагат, липтобиолиты) — в качестве поделочного материала, зола топлива — для производства строительных материалов, а при содержании в ней 25—30 %  $Al_2O_3$  она может служить сырьем для получения алюминия по способу спекания.

В последние десятилетия ряд металлов (литий, уран, торий) применяются в качестве источников энергии.

Если исходить из современных представлений молекулярной химии, согласно которым разграничение между металлами и неметаллами связано с величиной первых ионизационных потенциалов атомов, то ряд химических элементов (мышьяк, сурьма, теллур и др.) можно отнести как к металлам, так и к неметаллам, а издавна считавшиеся неметаллическими элементами кремний и бор — к металлам и, напротив, ртуть, обладающую резко выраженными металлическими свойствами, — к разряду неметаллов. Кроме того, основной составной частью многих неметаллических полезных ископаемых (солей, магнетита, доломита, известняков и т. д.) являются типичные щелочные и щелочно-земельные металлы (Na, K, Ca, Mg). Некоторые соли и магнетит в настоящее время являются источниками получения металлического магния и, наоборот, такие металлические полезные ископаемые как боксит и хромит используются в качестве типичного неметаллического сырья для производства абразивов и огнеупоров.

Условность и несовершенство классификации твердых полезных ископаемых наиболее резко проявляются при попытке классифицировать полезные ископаемые, относящиеся к группе неметаллических или нерудных. Даже единого, общепринятого термина, обобщающего эту группу полезных ископаемых, не существует.

На неудачность термина «неметаллы» обращал внимание еще в 1929 г. академик А. Е. Ферсман. Вслед за ним Р. Бейтс

[4] также подчеркивал, что термин «неметаллы» не отражает сущности группы полезных ископаемых, объединяемых им, и предложил новое название — промышленные породы и минералы. И. Ф. Романович [45], рекомендуя отказаться от термина «неметаллы», считал целесообразным расширить понятие «рудные месторождения», включив в них все месторождения полезных ископаемых, из которых добываются различные руды элементов и минералов.

В. М. Борзунов [8], отмечая неудачность термина «неметаллы», в то же время обращал внимание на то, что термин «нерудные полезные ископаемые» также не является совершенным. Однако, несмотря на это, он предлагал сохранить этот термин, чтобы не вводить новых понятий и определений.

В настоящее время в литературе используется как тот, так и другой термин. В последнем издании Геологического словаря [14] рассматриваемая группа полезных ископаемых называется неметаллическими (нерудными), т. е. используются два термина.

К неметаллическим (нерудным) полезным ископаемым относится «обширная группа полезных ископаемых, весьма разнообразных по своей природе и свойствам, из которых не извлекают металлы». Из изложенного видно, что данное в Геологическом словаре определение не всегда правильно, так как из типично нерудных полезных ископаемых (солей, магнезита и доломита) извлекается магний, являющийся характерным металлом.

Приведенное в Геологическом словаре определение термина «руда» также не дает ответа на преимущество какого-либо из рассматриваемых терминов. Под рудой, согласно Геологическому словарю, понимается «минеральное вещество, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать валовым способом металлы или минералы для использования их в народном хозяйстве». Приводится противопоставление руды металлической, в которой полезной составной частью является какой-либо металл, используемый промышленностью, руде неметаллической (фосфоритовой, баритовой и т. д.).

Все это свидетельствует о том, что на современном этапе нельзя отдать предпочтение какому-либо термину из числа указанных. В то же время нет основания вводить новую терминологию (горные породы и минералы), так как она еще в большей степени не позволяет отделить рассматриваемую группу полезных ископаемых от других.

По-видимому, разнообразие свойств и особенностей данной группы полезных ископаемых не может быть охарактеризовано одним обобщающим термином. Исходя из этого в предлагаемой работе термины «нерудные» и «неметаллические» полезные ископаемые рассматриваются как равноценные.

Многоотраслевое использование нерудного (неметаллического) минерального сырья, разнообразие их технических и технологических свойств, позволяющее получать широкий ассортимент продукции, затрудняют разработку промышленной классификации исходя из какого-либо одного принципа.

В большинстве литературных источников нерудное минеральное сырье разделяют по принципу его использования в промышленности. При этом выделяют четыре группы: горнохимическое, нерудное металлургическое сырье, строительные материалы и так называемое горнорудное, или индустриальное сырье. Последняя группа включает слюду, асбест, тальк, графит и другие полезные ископаемые, используемые различными отраслями промышленности. Отдельными авторами производится более дробное деление нерудного сырья. Так, например, Б. Я. Меренков и М. В. Муратов [31] выделяют 14 групп: сырье для химической и туковой промышленности, дорожно-строительные и декоративно-строительные материалы и камни, сырье для керамической и стекольной промышленности, огнеупорное сырье, абразивные материалы, флюсы, наполнители и утяжелители, сырье для производства вяжущих веществ, электроизоляционные материалы, тепло- и звукоизоляционные материалы, кислотоупорное сырье, драгоценные и технические камни, отбеливающие земли, литейное сырье и сырье для новых отраслей промышленности.

Классификация нерудного (неметаллического) сырья по принципу промышленного его использования имеет ряд существенных недостатков. Такая классификация обуславливает необходимость относить одно и то же полезное ископаемое к разным классификационным группам. Так, например, известняки должны быть включены в группу каменных строительных материалов, а также в группу сырья для производства вяжущих материалов, флюсов и сырья для химической промышленности. С другой стороны, совершенно различные по составу и характеру переработки полезные ископаемые объединяются в одну группу. Так, в группу сырья для химической промышленности включаются сера, идущая для производства серной кислоты, и известняк, из которого путем простого помола получают известняковую муку, употребляющуюся для нейтрализации кислых почв. Таким образом, объединение минерального сырья по принципу его промышленного использования не характеризует ни самого сырья, ни способа его технологического передела. Вследствие этого в последнее время появились попытки разработки промышленных и технологических классификаций.

В 1959 г. Р. Бэйтс [4] предложил классификацию, в которой все месторождения неметаллических полезных ископаемых, которые он называет «промышленными породами и минералами», разделяются на две большие группы: 1) месторождения промышленных горных пород и 2) месторождения промышленных

минералов. Дальнейшее, более дробное деление групп производится по генетическому принципу.

Классификация Р. Бэйтса критически рассмотрена И. Ф. Романовичем [45]. Он справедливо отмечает в ней ряд существенных недостатков. В классификации весьма неудачно произведено разделение промышленных минералов. Р. Бэйтс совершенно не учитывает то обстоятельство, что одни и те же минералы нередко имеют различное происхождение. Например, все месторождения слюды он относит к пегматитовым, хотя промышленные месторождения флогопита не имеют прямого отношения к пегматитам. Крупные месторождения вермикулита также нельзя связывать с пегматитами. Алмаз помещен в группу осадочных месторождений, хотя большую роль играют и его магматические месторождения (в кимберлитах). Классификация Р. Бэйтса не учитывает наличия скарновых месторождений бора, осадочных — барита и т. д. В группе промышленных пород месторождения строительного камня попадают в разные классификационные ячейки: гранит — в группу изверженных пород, мрамор — метаморфических, известняк — осадочных. Все месторождения фосфатных пород относятся к группе осадочных, хотя промышленные месторождения апатита никакого отношения к ним не имеют.

И. Ф. Романович [45] в подтверждение своей ранее опубликованной (1956 г.) группировки месторождений полезных ископаемых предложил новую классификацию, в которой выделяет три класса месторождений: элементов, минералов и горных пород.

В класс месторождений элементов он включил все металлические полезные ископаемые, а также месторождения бора, калийных солей, апатитов, фосфоритов и серы. Среди месторождений минералов он выделяет два подкласса: кристаллов и собственно минералов. К горным породам он относит строительные материалы, сырье для химической промышленности, горючие полезные ископаемые.

Эта классификация, несмотря на ряд достоинств, имеет и существенные недостатки. В ней отсутствует четкий классификационный принцип; подразделение минералов на два класса (элементов и собственно минералов) методически неверно, так как самородные элементы также являются минералами. Ошибкой является и включение в класс элементов — фосфоритов и калийных солей, которые по существу представляют собой горные породы и минералы.

В классе месторождений горных пород выделяются месторождения строительных материалов и пород как горнохимического сырья. Месторождения металлургического нерудного сырья (флюсовые известняки, огнеупорные глины и т. д.) и сырья для каменного литья классификацией не охватываются.

Определенный интерес представляет классификация

Н. П. Ермакова [16]. В ней делается попытка совместить промышленную и генетическую классификации. Эта классификация составлена для всего минерального сырья в целом. Неметаллические полезные ископаемые расчленяются на четыре класса: элементов, кристаллов, аморфных веществ и минеральных агрегатов горных пород. В классе элементов Н. П. Ермаков выделяет промышленное и сельскохозяйственное химическое сырье; в классе кристаллов — пьезооптическое кристаллосырье, технические и драгоценные кристаллы; в классе аморфных веществ и минеральных агрегатов поделочные и цветные камни, флюсы и термостойкие минералы, в классе горных пород — сырье для разных производств и сооружений, а также строительные материалы.

Предложенная Н. П. Ермаковым классификация не полностью устраняет недостатки классификаций, построенных по принципу промышленного использования полезных ископаемых, а нередко вносит еще и дополнительную неясность. В частности вызывает возражение отнесение к классу элементов (например, галита, гипса, флюорита и апатита). Все эти минералы представляют собой химические соединения и в качестве таковых обнаруживаются в природе. Используются они в основном также в виде соединения.

В 1966 г. была опубликована работа М. Б. Григоровича [15], в которой приводится технологическая классификация минерального сырья. Автор классифицирует лишь те полезные ископаемые, которые используются промышленностью строительных материалов, т. е. горные породы. В основу разделения горных пород М. Б. Григорович положил характер технологической обработки минерального сырья. По этому принципу горные породы подразделяются им на две группы: 1) применяемые в промышленности после механической обработки и 2) являющиеся сырьем для получения различных строительных материалов после технологической обработки. В числе пород второй группы М. Б. Григорович выделяет шесть подгрупп: 1) вспучивающиеся при обжиге; 2) схватывающиеся после обжига; 3) пластичные, твердеющие в процессе обжига; 4) обломочные и массивные; 5) расплавляемые при обжиге и твердеющие с приобретением новых свойств; 6) обломочные и массивные, вводимые в качестве добавки для улучшения качества шихты и продуктов обжига.

Классификация М. Б. Григоровича, как технологическая, существенных возражений не вызывает, но она не охватывает не только всего разнообразия неметаллических полезных ископаемых, но даже всего класса горных пород.

Построение общей классификации нерудных полезных ископаемых по характеру технологического передела приведет к неопределенности в распределении минерального сырья по принципу его нахождения в природе и промышленного исполь-

зования. Промышленная же классификация должна рационально сочетать геологическую и промышленную характеристику полезных ископаемых. Вследствие этого В. М. Борзунов [8] при построении классификации исходил из обоих этих принципов. Рассматривая нерудные полезные ископаемые, с одной стороны, как минеральное образование, а с другой,— как минеральное сырье, он разделил их на две группы. К первой группе автор относил горные породы, сами по себе не являющиеся полезным ископаемым, а предназначенные для извлечения из них полезного компонента. Ко второй группе — горные породы, представляющие сами по себе полезные ископаемые. В зависимости от формы нахождения полезного ископаемого в горной породе и вида, в котором оно используется в пределах каждой группы, им выделялись классы, а дальнейшее разделение внутри классов производилось по принципу использования полезного ископаемого в народном хозяйстве.

Указанный принцип построения промышленной классификации нерудных (неметаллических) полезных ископаемых сохраняется и в настоящей работе, однако в саму классификацию вносится ряд изменений.

В группе минералов выделяется четыре класса: 1) самородные элементы, 2) кристаллы, 3) собственно минералы и 4) минеральные агрегаты. К классу самородных элементов отнесена лишь одна самородная сера, хотя по существу к этому классу относятся также алмаз и графит. Однако по форме минеральных обособлений, определяющих промышленную ценность алмаза, его целесообразнее отнести к классу кристаллов. Характер нахождения графита в природе делает более целесообразным отнесение его к классу минеральных агрегатов.

Класс кристаллов представляет собой минеральные индивиды. В таком виде они и используются в народном хозяйстве. Ценность их определяется размерами, цветом, прозрачностью, рисунком, наличием дефектов и т. д. Механическое их разрушение приводит к обесцениванию кристаллов как полезного ископаемого.

Класс собственно минералов представлен полудрагоценными, цветными и поделочными камнями, не имеющими кристаллического облика. Промышленную ценность их определяет цвет и рисунок, а не форма кристаллов и их прозрачность.

Класс минеральных агрегатов представляет собой по существу руды неметаллических элементов. Их промышленная утилизация требует в большинстве случаев отделения от вмещающих пород, т. е. обогащения. Ценность сырья этого класса определяется не формой и свойствами каждого минерального индивидуума, а содержанием в агрегате полезного компонента и технологическими особенностями его извлечения.

В группе горных пород в предлагаемой классификации, как и прежде, выделяется два класса: 1) горные породы, исполь-

Промышленная классификация нерудных (неметаллических) полезных ископаемых

Группа	Класс	Вид сырья	Полезное ископаемое
Минералов	Самородных элементов	Химическое	Самородная сера
	Кристаллов	Драгоценные камни	Алмаз (ювелирный), изумруд, рубин, турмалин, топаз, берилл, благородный опал, аметист и др.
		Технические кристаллы	Алмаз (технический) пьезокварц, исландский шпат, мусковит, флогопит, гранат и др.
	Собственно минералов	Полудрагоценные, цветные и поделочные камни	Агат, опал, халцедон, малахит, бирюза, хризопраз, гематит (красавик) и др.
	Минеральных агрегатов (неметаллических руд)	Химическое	Апатит, фосфориты, целестин, боросиликаты, калийные и магниевые соли и др.
		Абразивное	Корунд, наждак, бокситы
		Огнеупорное и кислотоупорное	Магнезит, асбест, кианит, андалузит, силиманит, диаспор
Звуко- и теплоизоляционные материалы		Вермикулит	
	Комплексное	Флюорит, барит, витерит, графит, тальк, каменная соль, волластонит и др.	
Горных пород	Используемых в естественном виде или после механической обработки	Цветные, поделочные и декоративно-облицовочные камни	Яшма, роговик, гранит амазонитовый, офикальцит, змеевик, агальматолит, родонит и др.
		Строительные и облицовочные камни	Гранит, лабрадорит, диорит и другие изверженные породы, известняки, доломиты, мрамор, туфы и др.
		Наполнители бетона, строительные и дорожно-строительные материалы	Галечник, щебень, гравий, строительные пески

Группа	Класс	Вид сырья	Полезное ископаемое
Горных пород	Требующие термической или химической обработки	Керамическое и стекольное	Стекольные пески, полевошпат и пегматиты, легкоплавкие и тугоплавкие глины, каолины
		Для производства вяжущих материалов Огнеупорное	Мергель, гипс, легкоплавкие глины, гаж, трепел, диатомиты Огнеупорные глины, кварциты, оливиниты, дуниты
		Для каменного литья Пигментное Комплексное	Базальт, диабаз и др.  Охры, мумин, сурики и др. Известняки, доломиты, мел, пески, глины, гипс и др.

зубые в естественном виде или после механической обработки, и 2) горные породы, используемые после термической или химической обработки.

Разделение полезных ископаемых внутри классов сохраняется прежнее — по характеру использования полезного ископаемого в народном хозяйстве, обусловленного природными свойствами минерального сырья. Однако такое подразделение в ряде случаев является условным, что объясняется многоотраслевым характером использования многих видов нерудных полезных ископаемых. Для некоторых полезных ископаемых, таких как известняки, доломиты, глины, пески, флюорит, барит, графит, тальк, бентонитовые глины и другие, практически невозможно установить основное направление их использования. Для того чтобы подчеркнуть возможность использования этих полезных ископаемых во многих отраслях производства, они расцениваются как комплексные.

Сводная промышленная классификация нерудных полезных ископаемых приведена в табл. 1.

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

В учении о месторождениях полезных ископаемых большое значение имеет генетическая их классификация. Такая классификация, в основу которой положен принцип разделения месторождений по характеру образующих их процессов, содействует пониманию причинной связи явлений и использованию установленных закономерностей для прогнозной оценки отдельных регионов, поисков и геологического изучения конкретных месторождений. К сожалению, многими специалистами, роль генетической классификации при разведке месторождений полезных ископаемых недооценивается и закономерности изменения геологических параметров, обусловленные генезисом месторождения, при его разведке и промышленной оценке не используются. Между тем, современный разведочный процесс не может нормально развиваться без глубокого научного геологического обоснования.

Условия образования месторождений полезных ископаемых во многом определяют их форму и условия залегания, парагенезис минералов, состав и качество минерального сырья, что в свою очередь определяет систему разведки месторождений и способы их промышленной оценки. Генетические классификации, обобщающие многосторонние исследования в области закономерностей образования, изменения и пространственного размещения полезного ископаемого являются той научно-теоретической основой, на которой должен базироваться геолого-разведочный процесс. Генетические классификации, дающие возможность раскрыть сущность основных взаимоотношений различных факторов, обуславливающих геологическое строение месторождения, во многом способствуют правильному геологическому построению разрезов и планов, геометризации запасов, особенно слабо разведанных и экстраполируемых. Все это указывает на необходимость тесного сочетания разведочного дела с основами учения о полезных ископаемых.

Необходимость учета при разработке системы разведки месторождений, условий их образования можно хорошо показать на примере месторождений талька. Наиболее крупные залежи, достигающие мощности десятков и сотен метров, присущи апогипербазитовым тальк-брейнеритовым и тальк-хлоритовым сланцам, возникшим за счет осадочных пород. Большие размеры залежей и простота их строения обуславливают возможность проведения разведочных работ наиболее редкой сетью

выработок. Апоманезитовые и апогипербазитовые талькиты слагают тела мощностью преимущественно первые метры и десятые доли метра. Морфология залежей изменчива. Все это предопределяет необходимость их разведки наиболее плотной сетью выработок. Порошковатые элювиальные и делювиально-элювиальные талькиты, связанные с кальций-магниевыми карбонатными породами, обладают высоким качеством, но содержат много кремнезема, связанного с примесью порошкового кварца и обломков кварцита. Для удаления их в ряде случаев требуется обогащение. Зная это, уже на стадии проектирования разведки месторождения и исходя из области предполагаемого использования талька можно предусмотреть объем технологических исследований. Целиком переотложенные (делювиальные) порошковатые талькиты нередко содержат значительную примесь загрязняющего их глинистого материала, образуют маломощные залежи и не представляют промышленного интереса. Следовательно, проектировать работы даже по предварительной их разведке нецелесообразно.

Приведенное наглядно свидетельствует о необходимости учета генетических факторов при проведении разведочных работ.

Попытки классифицировать месторождения по генетическому принципу предпринимались неоднократно.

Широкую известность в свое время получила классификация В. Линдгрена [29]. В этой классификации все месторождения полезных ископаемых разделены на две группы: 1) образованные механическими процессами и 2) образованные химическими процессами. В зависимости от среды, в которой образовались месторождения, В. Линдгрэн в каждой группе выделил три класса: 1) образовавшиеся в поверхностных водах; 2) образовавшиеся в горных породах и 3) образовавшиеся из магмы путем ее дифференциации. С. С. Смирнов подверг классификацию Линдгрена серьезной критике. Он отметил, что эта классификация в отношении гидротермальных месторождений основана на температуре образования, а деление месторождений на гипо-, мезо- и эпитеpmальные является ошибочным как по терминологии, так и по существу. Кроме того, С. С. Смирнов указал на ряд других недостатков этой классификации.

Генетические классификации М. А. Усова, П. Ниггли, Г. Шнейдерхена характеризуются чрезвычайной сложностью, в особенности для эндогенных месторождений. Эти классификации, вследствие ряда серьезных недостатков, широкого распространения не получили.

В 1922 г. В. А. Обручевым была предложена генетическая классификация месторождений, которая заняла ведущее положение в отечественной литературе по месторождениям полезных ископаемых. Согласно этой классификации, несколько измененной им в 1934 г. [34], В. А. Обручев разделил месторож-

дения полезных ископаемых на три группы: 1) глубинные (эндогенные); 2) поверхностные (экзогенные) и 3) измененные (метаморфогенные). Эти группы, в свою очередь, подразделялись на категории. Среди эндогенных месторождений выделялись магматические, эманационные и гидротермальные. Экзогенные месторождения подразделялись на осадочные, инфильтрационные, остаточные и обломочные; метаморфогенные — на динамо-, пиро- и гидатометаморфические. Далее производилось более дробное деление на классы и типы.

Как указывал сам автор, эта классификация в отношении экзогенных месторождений оригинальна, а в части эндогенных — заимствована у В. Линдгрена и вследствие этого, естественно, повторяет ее недостатки.

В 1946 г. была опубликована классификация А. Г. Бетехтина, которая мало отличается от классификации В. А. Обручева.

С. С. Смирнов справедливо отмечал, что в будущем в основу генетической классификации месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых должны быть положены выделенные тектономагматические комплексы пород, характерные для определенных крупных структурных единиц земной коры, с присущим каждому из них комплексом месторождений, а последующее разделение должно быть проведено по физико-химическим факторам рудообразования и по минеральным формациям или семействам, слагающим месторождения.

Попытки построить классификации по рудным формациям или семействам были сделаны Е. Е. Захаровым [17] и Г. И. Магакьяном [30].

По мнению П. М. Татарина [48], классификации И. Г. Магакьяна и Е. Е. Захарова приводят, с одной стороны, к возрождению классификации по минералогическому принципу, а с другой — оказываются чрезмерно громоздкими, со многими десятками и даже сотнями классификационных ячеек.

В 1953 г. П. М. Татарин предложил свою классификацию, в которую в 1963 г. внес некоторые изменения. В этой классификации наиболее полно учтены особенности образования месторождений нерудных полезных ископаемых, вследствие чего она широко используется в геологической литературе по нерудному сырью.

По классификации П. М. Татарина (1963 г.) все месторождения полезных ископаемых, как и по классификации В. А. Обручева, делятся на три группы: эндогенные, экзогенные и метаморфогенные. Среди экзогенных месторождений выделяются: собственно магматические, пегматиты, карбонатиты, постмагматические. Магматические месторождения подразделяются им на раннемагматические, позднемагматические и ликвационные. Среди постмагматических месторождений выделяются: 1) скарновые; 2) гидротермальные; 3) эксгаляционные и

вулканогенно-осадочные. Экзогенные месторождения П. М. Татариновым разделяются на месторождения выветривания и осадочные.

В числе месторождений выветривания им выделяются обломочные, остаточные и инфильтрационные, а в числе осадочных месторождений — механические и химические осадки. Метаморфогенные месторождения подразделяются на метаморфизованные и метаморфические.

Оригинальную классификацию пневматолито-гидротермальных месторождений предложил И. И. Бок [7]. Эта классификация, основанная на достижениях физической химии, охватывает только одни постмагматические месторождения. Классификацию рудных и частично нерудных месторождений опубликовал в 1961 г. С. А. Вахрамеев [10].

1599  
Указанные классификации исходят в основном из условий образования рудных минералов, рассматривая горные породы не как полезные ископаемые, а как породы, их вмещающие. Попыток создания генетической классификации нерудных полезных ископаемых немного. Обобщающая классификация месторождений нерудных полезных ископаемых была разработана Б. Я. Меренковым и М. В. Муратовым [31]. В основу классификации, как они сами указывают, были положены принципы В. Линдгрена, В. А. Обручева, В. И. Зверева — по рудным месторождениям и А. Е. Ферсмана — по пегматитам. Эта классификация, созданная более 35 лет тому назад, естественно не отражает состояния геологической науки в настоящее время.

В последние десятилетия были разработаны и опубликованы частные классификации почти всех месторождений нерудных полезных ископаемых, на основе которых В. М. Борзуновым [8] была составлена обобщающая классификация месторождений неметаллических полезных ископаемых.

При составлении сводной классификации В. М. Борзунов обратил внимание на тот факт, что большинство обобщающих классификаций магматических и постмагматических месторождений разрабатываются по признаку глубины и температуры образования, тогда как классификация отдельных видов полезных ископаемых — по принципу состава вмещающих пород. Объясняется это тем, что в условиях практической работы по поискам и разведке конкретных месторождений отнесение месторождения к типу, характеризующемуся определенными условиями образования, является чрезвычайно трудным и мало влияет на выбор методики поисков и разведки. В то же время отнесение месторождения к типу по составу вмещающих пород сразу же определяет генетический тип месторождения и позволяет геологу легко определить его непосредственно в полевых условиях. Разделение магматических и постмагматических месторождений в зависимости от состава вмещающих

## Генетическая классификация месторождений нерудных полезных ископаемых

Группа	Категория	Класс	Тип	Месторождения	Основные неметаллические полезные ископаемые	Возможные сопутствующие металлические полезные ископаемые		
А	I			<b>Эндогенные</b>				
				<b>Магматические</b>				
				1	Генетически связанные с кислыми и средними породами	Граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, перлиты, апатит	Железо	
				2	Генетически связанные с основными породами	Габбро, нориты, анатозиты, диабазы и др.	Титан, ванадий, медь, никель, кобальт, платина, железо	
	II				<b>Пегматитовые</b>			
					3	Генетически связанные с ультраосновными породами	Дуниты, перидотиты, пироксениты, алмаз, хризолит, пирит	Платина, хром, медь, редкие земли
					4	Генетически связанные со щелочными породами	Сиениты, апатит, нефелин, графит, сфен	Железо
					1	Генетически связанные с гранитными комплексами	Полевой шпат, кварц, мусковит, пьезокварц, оптический флюорит, турмалин, берилл, топаз	Редкие земли, торий, уран, ванадий, литий
					2	Генетически связанные с основными и ультраосновными породами	Корунд, изумруд	Редкие земли
	III				<b>Постмагматические</b>			
					1	Контактово-метасоматические (скарновые)	Полевой шпат, вермикулит, изумруд, сапфир	Редкие земли, тантал, ниобий, церий, гафний
					2	Гидротермальные	Графит, апатит, асбест, тальк, бор, нефрит, хризолит	Железо, вольфрам, олово, молибден, медь
					a	Высокотемпературные (обычно связанные с кислыми интрузивными породами)	Графит, флогопит, изумруд, топаз, берилл, корунд (?), силлиманит (?), кианит (?)	Золото, мышьяк, олово, вольфрам, молибден, свинец, цинк, медь, железо
				b	Среднетемпературные (связанные с интрузивными породами)	Асбест, тальк, магнезит, горный хрусталь, флюорит, барит, ма-	Свинец, цинк, медь, молибден, олово; золото, серебро, уран,	
				в	разнообразного состава от кислых до ультраосновных)	лахит (?)	кобальт, железо	
Б	I			<b>Экзогенные</b>				
				<b>Осадочные</b>				
				3	Низкотемпературные (связь с интрузивными породами обычно отсутствует)	Исландский шпат, агат, флюорит, барит, гипс, аметист, бирюза (?)	Ртуть, сурьма, золото, теллур, селен, медь, серебро, мышьяк, марганец, свинец, цинк	
					Вулканогенные (образовавшиеся в областях современной вулканической деятельности)	Сера, бор	Ртуть, мышьяк	
				1	Морские	Тугоплавкие и легкоплавкие глины, пески, фосфориты, ископаемые соли, гипс, ангидрит, известняки, доломиты, мел.		
				a	Платформенные	Доломиты, известняки, фосфориты		
	II				b	Геосинклинальные	Пески, гравий, легкоплавкие глины, алмаз, корунд, гранаты	Золото, платина, олово, вольфрам, титан
					a	Континентальные	Огнеупорные и тугоплавкие глины, пески	
					b	Аллювиальные	Пески, гравий	
					в	Озерно-болотные	Пески	
				г	Ледниковые			
					Эоловые			
				1	Выветривания			
				a	Остаточные			
				b	Элювиально-делювиальные	Пески, барит, корунд, хризолит, гранаты	Золото, титан, платина, олово, хром	
					Коры выветривания	Глины, каолины, фосфориты, гипс, ангидрит, бирюза (?), хризопраз, малахит (?)	Алюминий, железо	
В				2	Инфильтрационные	Барит, фосфориты, гипс, бор, магнезит, сера самородная	Железо, марганец, медь, ванадий, уран	
				<b>Метаморфогенные</b>				
	I			Метаморфические	Кровельные сланцы, мрамор, графит, наждак, кианит, силлиманит, андалузит			
				II	Метаморфизованные	Апатит	Железо, марганец, золото	

пород имеет большое значение для правильного направления разведочного процесса и промышленной оценки месторождений. В равной степени это относится и к пегматитам, с которыми они связаны. По составу пород можно легко судить о возможном парагенезисе минералов и, следовательно, научно обоснованно направлять разведочные работы. Однако, несмотря на важное значение вмещающих пород как классификационного признака, основываться только на нем не всегда представляется возможным. На отсутствие достоверности связи многих месторождений с определенными породами обращал внимание А. Г. Бетехтин еще в 1953 г., вследствие чего ряд месторождений по этому принципу классифицированы быть не могут. Исходя из этого в настоящее время температура образования остается, по-видимому, единственным признаком для классификации гидротермальных месторождений.

Среди экзогенных месторождений в классификации выделяются две большие группы: осадочные и выветривания. Осадочные месторождения в свою очередь разделяются на морские и континентальные, обладающие характерными чертами. Месторождения морского генезиса имеют пластовую форму залегания, распространены на значительной площади, обладают выдержанной мощностью и составом сырья. Континентальные месторождения, как правило, имеют линзовидную или другую, более сложную форму, сравнительно ограничены по площади и менее выдержаны по составу и мощности.

Среди морских осадочных месторождений в классификации выделяются месторождения платформенного и геосинклинального типов.

Для платформенных месторождений важнейшими факторами образования являются условия, обеспечивающие: 1) привнос обломочного материала и возможность образования химических концентраций элементов; 2) наличие больших площадей с однообразными и вместе с тем благоприятными условиями отложения (угли, фосфориты); 3) отсутствие метаморфизма и слабое развитие эпигенетических процессов.

Для геосинклинальных месторождений такими факторами являются: 1) возможность поступления в море большого количества обломочного материала, представленного сравнительно редкими минералами; 2) устойчивая во времени концентрация отложений на ограниченной площади; 3) разнообразный метаморфизм.

Подразделение метаморфогенных пород на метаморфические и метаморфизованные в предлагаемой классификации сохраняется. К метаморфическим относятся месторождения полезных ископаемых, возникшие в процессе метаморфизма (например, графит за счет каменного угля под воздействием высокой температуры). Метаморфизованные месторождения первоначально образовались осадочным путем и претерпели изменения в про-

цессе метаморфизации (например, апатиты за счет фосфоритов).

Сводная генетическая классификация месторождений нерудных (неметаллических) полезных ископаемых приведена в табл. 2.

К сожалению, ее, как и всякую другую, нельзя признать всеобъемлющей. Эта классификация не учитывает месторождения, имеющие переходный или смешанный генезис, и в ряде случаев носит условный характер. В таких случаях представляется целесообразным относить месторождение к тому или иному типу на основании процесса, обусловившего образование промышленных концентраций основного полезного ископаемого.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ НА НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Направление и объемы производства геологоразведочных работ определяются прежде всего состоянием сырьевой базы промышленности, использующей минеральное сырье, ее размещением по отношению к перерабатывающим сырье предприятиям и потребителям, использующим получаемую продукцию. Анализ состояния минерально-сырьевой базы промышленности показывает, что по всем видам нерудных полезных ископаемых сырьевая база полностью обеспечивает промышленность на ближайшие годы.

Устойчивая сырьевая база промышленности определяет и главное направление разведочных работ на ближайшее время. Целью геологоразведочных работ сейчас является не простое наращивание разведанных запасов, а создание таких минерально-сырьевых ресурсов, которые бы оказывали прогрессивное влияние на развитие соответствующей отрасли промышленности. К сожалению, во многих геологических организациях геологоразведочные работы проектируются без достаточного анализа состояния и перспектив развития сырьевой базы, без учета возможности удовлетворения потребности в сырье за счет уже разведанных месторождений и за счет попутной добычи вмещающих пород, отходов обогатительных фабрик, шлаков металлургических переделов, золы теплоэлектростанций и др. Нередко министерства и ведомства, ведущие добычу сырья, дают необоснованные заявки на разведку месторождений, которые не улучшают структуру сырьевой базы отрасли, а часто ее ухудшают, запрашивают объемы запасов, значительно превышающие реальную потребность. Геологоразведочные организации и планирующие органы не всегда критически оценивают эти заявки и принимают их к исполнению. В результате такого положения многие месторождения длительное время не вовлекаются в промышленное освоение, а часть их впоследствии снимается с баланса как утратившая практическое значение. Достаточно сказать, что в последнее десятилетие разведано и передано промышленности более 3,5 тыс. месторождений строительных материалов. В то же время из числа их на балансе 15 тыс. месторождений эксплуатируется только около 6 тысяч. В Киргизской ССР не намечается к отработке 54, в Туркменской ССР — 34, в Нижне-Волжском экономическом районе — 51, в Дальневосточном — 51, в Северо-Кавказском — 50 % всех разведанных месторождений. Аналогичное положение наблюдается и во мно-

гих других экономических районах и по ряду других полезных ископаемых.

Наличие достаточной для развития промышленности сырьевой базы обуславливает необходимость уже на стадии проектирования геологоразведочных работ устанавливать влияние намечаемого к разведке месторождения на структуру сырьевой базы отрасли и каждого конкретного предприятия, возможность удовлетворения потребности за счет уже разведанных месторождений и отходов производства, правильно определять объемы геологоразведочных работ.

Несмотря на общую высокую степень обеспеченности промышленности разведанными запасами нерудных полезных ископаемых, ряд горнодобывающих и перерабатывающих минеральное сырье предприятий не имеют надежной сырьевой базы. Вследствие этого одной из первоочередных задач геологической службы является выявление и разведка запасов минерального сырья для действующих предприятий, недостаточно обеспеченных ими. Решение этой задачи связано нередко с большими трудностями и требует пересмотра установившихся представлений об условиях локализации полезного ископаемого в известных районах, деления руд на богатые и бедные, разработки новых прогрессивных методов добычи, обогащения и переработки минерального сырья. В ряде случаев принципы оценки месторождений полезных ископаемых исходя из традиционной технологии их переработки, на которую ориентируются проектные организации, уже не применимы из-за отсутствия геологических предпосылок выявления месторождений с заданным качеством сырья.

Для решения задачи обеспечения надежной сырьевой базой действующих предприятий необходимо критически анализировать степень геологической изученности района работ, пересмотреть теоретические представления об условиях локализации полезного ископаемого в нем, использовать передовой опыт добычи, обогащения и переработки минерального сырья как нашей страны, так и промышленно развитых капиталистических стран.

Научно-технический прогресс в геологоразведочных работах на нерудное минеральное сырье тесно связан с разработкой рациональных комплексов геофизических методов и приборов, причем главное место должно быть отведено созданию аппаратных комплексов, включающих электронно-вычислительные машины, позволяющие оперативно обрабатывать получаемую информацию.

Внедрение геохимических методов в геологоразведочный процесс требует коренного улучшения аналитической службы производственных геологических организаций и научно-исследовательских институтов, создания надежных теоретических основ интерпретации выявленных аномалий.

Ускорение и удешевление геологоразведочного процесса невозможно без повышения технической оснащенности его, создания и внедрения в производство нового высокопроизводительного оборудования, автоматизированных буровых установок, аппаратуры, приборов. Для успешного решения этой задачи необходимо ускорить разработку принципиально новых эффективных способов бурения, геофизических, геохимических и других исследований.

Важное народнохозяйственное значение имеет полное, комплексное и рациональное использование минерального сырья. Несмотря на то что Советский Союз располагает богатейшими природными ресурсами нерудных полезных ископаемых, эти ресурсы не безграничны, поэтому к их использованию необходимо относиться бережно. Мнение о том, что Советский Союз обладает неисчерпаемыми ресурсами минерального сырья, требует пересмотра.

Полезные ископаемые в СССР являются источником 95 % потребляемой в народном хозяйстве энергии, сырьем для производства более 90 % продукции тяжелой промышленности и 17 % товаров народного потребления. За последние 25 лет доля СССР в мировой добыче полезных ископаемых возросла с 10 до 25 % и в дальнейшем будет расти. Поэтому уже сейчас необходимо принимать меры к сохранению минерального сырья, наращиванию и улучшению структуры минерально-сырьевой базы промышленности.

Большое значение в рациональном использовании минерального сырья приобретает утилизация отходов производства. Общий экономический эффект от переработки отходов в девятой пятилетке составил 400 млн. руб., при этом переработано было всего лишь около 2 % ежегодно получаемых отходов. Общий экономический эффект от комплексного использования сырья Ф. С. Татарским (1979 г.) в той же пятилетке оценивается в 7 млрд. рублей. Если реализовать те возможности, которые уже сейчас имеются по комплексному использованию сырья и утилизации отходов, то потенциал горной промышленности страны, по его мнению, увеличится на одну четверть, объем выпуска дополнительной продукции составит 25 млрд. рублей в год.

Утилизация отходов производства имеет большое значение и с точки зрения охраны окружающей среды. В настоящее время ежегодно в отвалы поступает 2000 млн. м<sup>3</sup> различных пород от вскрышных работ на месторождениях полезных ископаемых и отходов обогащения, по 100 млн. т шлаков и угольной золы, около 140 млн. т улавливаемой пыли.

Все это обуславливает острейшую необходимость (при разведке месторождений) изучать возможность полного, комплексного использования полезного ископаемого и отходов его технологического передела.

Рассмотренные проблемы и определяют главные направления геологоразведочных работ на ближайшее будущее и в обозримой перспективе.

Эти направления сводятся к следующему.

1. Расширение сырьевой базы действующих предприятий, повышение полноты, комплексности изучения минерального сырья и отходов производства.

2. Разведка и подготовка для промышленного освоения новых крупных месторождений высококачественного сырья, улучшающих структуру сырьевой базы отрасли.

3. Интенсивные научные и экспериментальные работы в области освоения месторождений со сложными горнотехническими условиями, расположенных в районах с дефицитом сырья.

4. Разработка эффективных способов обогащения минерального сырья, позволяющих вовлечь в промышленное освоение значительные разведанные запасы бедных или технологически не освоенных руд.

5. Разработка новых технологических схем переработки отходов производства, позволяющих возможно полно их утилизировать.

Для успешного выполнения работ в указанных направлениях необходимо проведение широкого фронта исследований, основными из которых являются: 1) установление и обоснование как общих, так и локальных закономерностей геологического строения месторождений, разработка и конкретизация на этой основе методики их разведки и промышленной оценки; 2) разработка на формационной основе генетических классификаций, способствующих правильной промышленной оценке месторождений на ранних стадиях их изучения; 3) всестороннее изучение вещественного состава минерального сырья, технологии обогащения и переработки, обеспечивающее выявление и утилизацию всех компонентов, представляющих практический интерес; 4) совершенствование методики разведки месторождений, направленное на повышение эффективности геологоразведочных работ, качества и надежности получаемой информации; 5) повышение достоверности данных бурения и опробования, точности аналитических работ, широкое применение геофизических методов при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых; 6) разработка методики эксплуатационной разведки, учета потерь и разубоживание сырья при добыче; 7) совершенствование систем вскрытия и разработки месторождений, внедрение принципиально новых способов добычи минерального сырья; 8) всесторонняя полная оценка пород вскрыши и отходов.

Из изложенного видно, что перед геологами нашей страны стоят большие задачи, решение которых требует коллективных усилий не только геологов, но и технологов, горных инженеров, работающих в области создания и развития сырьевой базы промышленности, потребляющей нерудное минеральное сырье.

## ГЛАВА IV

### ГРУППИРОВКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПО ФАКТОРАМ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИМ МЕТОДИКУ ИХ РАЗВЕДКИ

Установление принадлежности разведываемого месторождения к определенному генетическому и промышленному типу в определенной степени облегчает выбор системы его разведки. Вследствие этого уже на стадии предварительной разведки следует собрать необходимые данные для надежного определения генетического и промышленного типа месторождения.

Однако большое разнообразие генетических и промышленных типов месторождений полезных ископаемых, наряду с многочисленными специфическими особенностями отдельных их представителей, обуславливает трудности выбора методики разведки каждого конкретного месторождения. Объясняется это тем, что месторождения одного и того же генетического типа нередко характеризуются различными размерами и формами тел полезного ископаемого, разной сложностью внутреннего их строения. Наоборот, месторождения разного генезиса нередко по показателям, определяющим методику их разведки, весьма близки.

Установление промышленного типа месторождения на ранних стадиях геологоразведочного процесса само по себе вызывает трудности. Кроме того, в последние годы все больше и больше выявляются и разведываются месторождения новых генетических и промышленных типов, опыта разведки которых еще не накоплено.

Вследствие этого для правильного выбора системы разведки месторождений возникла необходимость их группировки по факторам, определяющим методику разведки. К числу таких факторов относятся размер месторождений, форма и сложность внутреннего строения тел полезного ископаемого, условия их залегания, степень изменчивости качества полезного ископаемого.

Первую попытку сгруппировать месторождения по факторам, определяющим методику их разведки, сделал В. М. Крейтер [28] для рудных месторождений. За основу группировки он принял форму рудных тел и размер месторождения. По этим признакам он разделил все рудные месторождения на пять групп: 1) пластовые и пластообразные тела, занимающие стратиграфический горизонт; 2) очень крупные залежи, неправильные тела и минерализованные массивы штокверкового и гнездового распределения, залегающие в различных крепких по-

родах; 3) жилы и линзовидные тела в различных породах; 4) трубчатые и ветвящиеся залежи небольшого масштаба; 5) мелкие гнезда, штоки, линзы, карманы и трубки в различных породах.

Разработанные В. М. Крейтером принципы группировки месторождений по факторам, определяющим методику их разведки, легли в основу большинства последующих группировок. Однако В. И. Смирнов (1962 г.) при группировке рудных месторождений факторы, определяющие систему их разведки, учитывал через кондиции. Он предложил выделить четыре группы месторождений: 1) непрерывные по кондициям и равномерные по распределению компонентов; 2) прерывистые по кондициям, но равномерные по распределению компонентов; 3) непрерывные по кондициям, но неравномерные по распределению компонентов; 4) прерывистые по кондициям и неравномерные по распределению компонентов.

В настоящее время используется группировка месторождений, приведенная в классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (1981 г.). Согласно классификации все месторождения подразделяются на четыре группы: 1) месторождения (участки) простого строения с выдержанной мощностью тел полезного ископаемого и равномерным распределением полезных компонентов; 2) месторождения (участки) сложного строения с невыдержанной мощностью тел полезных ископаемых или неравномерным распределением полезных компонентов; 3) месторождения (участки) очень сложного строения с резко изменчивой мощностью тел полезных ископаемых или исключительно невыдержанным содержанием компонентов; 4) месторождения металлов и нерудного сырья с резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения и весьма неравномерным распределением полезных компонентов.

Приведенная в классификации группировка месторождений не преследует цель выбора системы разведки месторождений. Она предназначена для определения подготовленности месторождения для промышленного освоения исходя из соотношения запасов различных категорий. Вследствие неучета при ее составлении ряда факторов, определяющих методику разведки месторождений (размера, морфологии, внутреннего строения и т. д.), использовать ее для этой цели весьма затруднительно. Поэтому в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к месторождениям отдельных видов полезных ископаемых в пределах, установленных классификацией групп, выделяются типы месторождений.

Выделение типов произведено по размерам, форме, условиям залегания и степени выдержанности качества полезного ископаемого, т. е. по всем основным факторам, определяющим методику разведки месторождения данного типа.

Так, например, для месторождений барита и витерита выделено четыре типа: 1) крупные пластообразные и линзообразные залежи, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита и витерита; 2) крупные жилы, зоны субпараллельных жил и рудные столбы, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита и витерита; 3) россыпи и месторождения выветривания, относительно выдержанные по мощности и содержанию барита и витерита; 4) жилы, не выдержанные по мощности и содержанию барита и витерита.

Приведенная в классификации запасов группировка и в инструкциях по ее применению типизация месторождений безусловно облегчит выбор системы разведки исследуемого месторождения. Вместе с тем, нельзя считать, что проблема группировки месторождений по сложности строения, определяющей систему их разведки, полностью решена. Существенным недостатком указанных группировок и выделенных типов является отсутствие их увязки с генетическими и промышленными классификациями. Такая увязка безусловно способствовала бы более правильной ориентировке при проведении разведочных работ, так как позволила бы учитывать ряд показателей, не учитываемых в вышеприведенных группировках. Например, установление принадлежности месторождения магнезита к осадочно-метаморфическому типу и его приуроченности к верхнепротерозойским отложениям сразу же ориентировало на более редкую сеть скважин и более крупные интервалы опробования, так как месторождения этого типа в большинстве случаев представлены крупными линзообразными или пластообразными залежами большой мощности. Магнезит в этих залежах отличается высокой чистотой и однородностью. В нижнепротерозойских месторождениях магнезиты обычно более низкого качества, сильно засорены кварцем, тальком, пирофиллитом и другими силикатами, что требует для выделения кондиционных разностей более плотной сети разведочных выработок и более дробного их опробования.

При группировке месторождений, приведенной в классификации запасов и при выделении типов месторождений в инструкциях по ее применению, не учитывается система разработки месторождения. Вместе с тем сложность строения месторождения при валовой разработке будет всегда меньшей, чем при селективной. Правда, при установлении кондиций система разработки месторождения в той или иной степени учитывается.

Сложность строения месторождения и отнесение его к определенной группе или типу зависят от показателей кондиций. Снижение бортового содержания полезного компонента, увеличение минимально допустимой мощности тела полезного ископаемого безусловно приводит к упрощению строения месторождения и, как следствие этого, к переводу его в более низкую

группу. Наоборот, повышение величины бортового содержания, уменьшение минимальной мощности, установление в кондициях предельной величины прослоев пустых и некондиционных пород, при которой они исключаются из подсчета запасов, необходимость выделения сортов и марок полезного ископаемого приводят к усложнению строения месторождения, необходимости в ряде случаев применения статистических методов подсчета запасов и, как следствие этого, отнесения месторождения ко второй или третьей группе.

Это свидетельствует о том, что при определении группы месторождения и его типа необходимо степень изменчивости мощности тела полезного ископаемого, качества минерального сырья и другие факторы, характеризующие строение месторождения, устанавливать исходя из показателей кондиций и с учетом системы разработки месторождения.

Приведенные в классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых группировка и в инструкциях по ее применению типизация месторождений по сложности их строения [24] составлены без учета изменчивости технологических свойств минерального сырья, которая обуславливается не только выдержанностью вещественного состава, но и размерами минералов полезного ископаемого и вмещающих его пород, характером прорастания рудных и рудовмещающих минералов, степенью выветрелости и окисления. Между тем изменчивость технологических свойств минерального сырья существенно влияет на ход технологического процесса его обогащения и переработки, а также на качество получаемой продукции. Для выявления технологически однородных участков месторождения иногда требуется проведение технологического картирования, сгущения разведочной сети, изменения интервалов опробования. Это обуславливает в некоторых случаях и необходимость отнесения месторождения с сильно изменчивыми технологическими свойствами сырья к другой группе или типу, чем аналогичные по строению, но однородные по технологическим свойствам месторождения.

Установление группы и типа месторождения не дает право геологам формально использовать рекомендации инструкций ГКЗ СССР по системе его разведки. Приведенные в инструкциях рекомендации не исключают, а наоборот, подчеркивают обязательность индивидуального подхода к каждому конкретному месторождению. В природе нет даже двух совершенно одинаковых месторождений, и это обуславливает необходимость тщательного, сугубо индивидуального подхода к выбору методики разведки каждого конкретного месторождения.

## СТАДИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Геологическое изучение земных недр осуществляется последовательно, в соответствии с накопленными знаниями, геологическими особенностями, физико-географическими и экономическими условиями изучаемого объекта.

В целях наиболее рационального и экономичного осуществления геологоразведочных работ единый по своему характеру геологоразведочный процесс разделяется на шесть стадий [32]; стадия I—региональные геологосъемочные и геофизические работы; стадия II—поиски месторождений полезных ископаемых; стадия III—предварительная разведка; стадия IV—детальная разведка; стадия V—разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода; стадия VI—эксплуатационная разведка.

Изучение месторождений, как правило, должно проводиться в указанной последовательности. В отдельных случаях, в зависимости от конкретных условий, и прежде всего от размеров, сложности и предполагаемой ценности месторождения, некоторые стадии могут выпадать из общей схемы геологоразведочного процесса или объединяться с другими, что нередко наблюдается при изучении месторождений строительных материалов. Переход от одной стадии изучения месторождения к другой может осуществляться или без перерыва во времени, или с перерывом, иногда значительным. Перерыв между отдельными стадиями необходим в том случае, если промышленная ценность изучаемого объекта вызывает сомнение, а также при условии, что параллельно с данным месторождением изучаются и те, которые могут конкурировать с ним.

Для каждой стадии геологоразведочных работ различные виды их должны составлять рациональный комплекс их в зависимости от особенностей геологического строения и типов месторождений полезных ископаемых, а также природных условий района проведения работ.

Региональные геологические и геофизические работы проводятся на больших территориях с целью выяснения их геологического строения и определения перспектив на обнаружение месторождений полезных ископаемых. Они выполняются в соответствии с методическими указаниями Мингео СССР о проведении геологоразведочных работ по стадиям и в настоящей работе не рассматриваются.

Поиски месторождений полезных ископаемых носят специализированный характер и направлены на выявление месторождений определенного полезного ископаемого.

В общем случае поисковые работы выполняются в три подстадии: общие поиски, детальные поиски и поисково-оценочные работы.

Поисковые работы проводятся в соответствии со специальными инструкциями и методическими указаниями и в настоящей работе не рассматриваются.

Предварительная разведка планируется и проводится на выявленных поисковыми работами перспективных месторождениях. Основной задачей предварительной разведки является выяснение геологической структуры, формы и условий залегания полезного ископаемого, его качества и технологических свойств, а также количество запасов полезного ископаемого по месторождению в целом, горнотехнических условий его разработки и географо-экономических условий района для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

На стадии предварительной разведки должны быть выяснены основные факторы, определяющие методику детальных разведочных работ (тип и рациональное расположение разведочных выработок, расстояние между ними, глубина разведки), опробования, требуемые объемы технологических испытаний, возможные сроки промышленного освоения месторождения.

Во избежание бросовых затрат и омертвления средств предварительная разведка осуществляется лишь в минимальных объемах, необходимых для обоснованной оценки промышленного значения разведываемого месторождения. Затрата большого объема работ и денежных средств на стадии предварительной разведки не допускается. В тех случаях, когда на стадии предварительной разведки пройдены основные объемы работ и затрачена большая часть средств, следует считать, что предварительная разведка своего назначения не выполнила.

Правильно проведенные на стадии предварительной разведки геологоразведочные работы обеспечивают принципиальную оценку промышленного значения разведываемого месторождения, и эта оценка, как правило, должна подтвердиться детальной разведкой. Изменение оценки промышленного значения месторождения после окончания детальной разведки должно рассматриваться как чрезвычайное обстоятельство, приведшее к бросовым затратам по вине исполнителей. Это обстоятельство требует от геологов после завершения предварительной разведки всестороннего и тщательного анализа полученных данных и проведения на их основе квалифицированных технико-экономических расчетов, по которым устанавливаются временные кондиции.

В отдельных случаях при неоднородном составе полезной толщи для правильной оценки месторождения по результатам предварительной разведки возникает необходимость отбора проб и проведения технологических испытаний в полупромышленных условиях.

В результате предварительной разведки на месторождениях большинства типов подсчитываются запасы категории  $C_2$  и  $C_1$ . На месторождениях, заключающих мелкие скопления полезного ископаемого (оптического сырья, слюды, драгоценных камней и др.), в пределах значительных минерализованных зон запасы подсчитываются только по категории  $C_2$ .

Детальная разведка планируется и осуществляется только на тех месторождениях, которые по данным предварительной разведки и их экономической оценки признаны ценными для промышленного освоения в ближайшие 5—10 лет. Обязательным условием является также наличие утвержденных временных кондиций. Перечень месторождений, подлежащих детальной разведке в планируемом периоде, должен быть согласован с соответствующими заинтересованными промышленными министерствами, а по важнейшим из них с Госпланом СССР. Детальная разведка месторождений строительных материалов планируется по заявкам министерств и ведомств СССР и союзных республик, а по месторождениям строительных материалов и других полезных ископаемых, имеющих местное значение — по заявкам краевых и областных плановых комиссий исполнительных комитетов народных депутатов (в республиках, не имеющих областного деления — госпланов республик).

Заявки на детальную разведку местных строительных материалов должны представляться вместе с оформленными заказчиком решениями об отводе земель.

Основной задачей детальной разведки является разведка запасов полезных ископаемых, обеспечивающих работу горнодобывающего предприятия в течение нормативного срока. В соответствии с директивными документами под нормативным сроком понимается срок минимальной обеспеченности разведанными запасами отдельных горнодобывающих предприятий, который определяется для предприятий черной металлургии в 20—25 лет, а по крупным горнодобывающим комбинатам этой отрасли — не менее чем 40 лет.

Для горнодобывающих предприятий химической промышленности и промышленности строительных материалов обеспеченность разведанными запасами должна составлять: для крупных предприятий от 40 до 50 лет, для предприятий средних масштабов — от 20 до 30 лет и для сравнительно небольших рудников или карьеров от 10 до 15 лет. Конкретные сроки обеспеченности разведанными запасами горнодобывающих предприятий могут отличаться от указанных и обосновываются технико-экономическими расчетами. В том случае, если общие запасы месторождения превышают перспективную потребность будущего предприятия, разведочные работы проводятся лишь в объеме, необходимом для обеспечения предприятий разведанными запасами категорий  $A+B+C_1$  в требуемом соотношении

на амортизационный срок. Остальные запасы разведываются с детальностью, соответствующей категории  $C_2$ .

Месторождения, представленные мелкими линзами, жилками, пропластками, трубками и гнездами, ввиду неоправданно высоких затрат даже для выявления запасов категории  $C_1$ , детальной разведке до начала эксплуатации не подвергаются. Разведку таких месторождений, обычно характеризующихся небольшими размерами, необходимо сочетать с их отработкой разведочно-эксплуатационными предприятиями. Для обоснования капиталовложений и проекта разработки таких объектов используются данные предварительной разведки, по результатам которой определены запасы по категории  $C_2$ .

По результатам детальной разведки уточняются представления о структуре месторождения, выясняются формы и условия залегания полезного ископаемого, его качество и пространственное распределение природных и технологических типов и сортов, горнотехнические условия разработки и другие данные, необходимые для составления технически правильного и экономически наиболее выгодного проекта разработки месторождения или его части. Кроме того, уточняется общая оценка, данная в стадию предварительной разведки, и определяются с более высокой степенью достоверности запасы полезного ископаемого на участке, предназначенном для первоочередной отработки. В стадию детальной разведки выполняются также работы, рекомендованные ГКЗ СССР при утверждении запасов. Эти работы должны быть завершены до передачи месторождения в промышленное освоение. К стадии детальной разведки относятся также геологоразведочные работы, проводимые на эксплуатируемых месторождениях с целью расширения их перспектив или для перевода запасов из категорий  $C_1$  и  $C_2$  в более высокие категории. Эти работы, как и все другие, проводимые на стадии детальной разведки, финансируются за счет средств госбюджета.

Разведка эксплуатируемого месторождения в пределах горного отвода осуществляется на месторождениях, переданных в эксплуатацию после завершения детальной разведки, и может производиться параллельно с отработкой месторождения.

Основной целью этой стадии разведки является последовательное изучение недостаточно детально изученных частей месторождения (флангов, глубоких горизонтов, пространственно изолированных участков) в границах горного отвода, а также доизучение контуров тел полезного ископаемого в случае изменения кондиций на минеральное сырье или контуров горного отвода, для повышения обеспеченности разведанными запасами действующего предприятия. На этой же стадии выполняются рекомендации ГКЗ СССР о доизучении геологического строения месторождения и качества сырья в процессе эксплуа-

тации месторождения. При этом на участках, где были подсчитаны запасы категорий  $C_1$  и  $C_2$ , осуществляется их перевод в категории А и В для последующей подготовки этих участков к отработке. В других частях месторождения, где возможно выявление новых, ранее не известных залежей полезного ископаемого, запасы его вначале определяются по категориям  $C_1$  и  $C_2$ , а затем переводятся в более высокие категории. Работы проводятся с учетом материалов, полученных в процессе эксплуатации месторождения.

В том случае если разведочные работы на эксплуатируемом месторождении приводят к увеличению ранее утвержденных ГКЗ СССР запасов по сумме категорий  $A+B+C_1$  более чем на 50 %, а также при неподтверждении запасов или выявлении нецелесообразности их отработки в количестве, превышающем 20 % от ранее утвержденных ГКЗ СССР запасов, и при изменении кондиций проводится полный пересчет запасов по месторождению и переутверждению их в ГКЗ СССР. Разведочные работы на эксплуатируемом месторождении, проводимые в пределах горного отвода, включаются в объем геологоразведочных работ и финансируются за счет средств госбюджета. Объемы и сроки проведения работ на этой стадии определяются необходимостью составления проектов отработки слабоизученных частей месторождения в соответствии с производственными планами горнодобывающих предприятий. Методика разведки месторождения устанавливается на основании опыта детальной разведки и эксплуатации на участке освоения первой очереди.

Эксплуатационная разведка начинается при подготовке месторождения к отработке с началом проходки капитальных, горноподготовительных и нарезных выработок и сопровождает разработку месторождения до ее окончания. Основной задачей этой стадии является предельно возможное уточнение контуров тел полезного ископаемого и его качества, а также горнотехнических условий отработки. Для получения необходимой информации используются все горно-подготовительные, нарезные и очистные выработки, буровые скважины, шурфы и специальные разведочные выработки, пройденные в пределах эксплуатационного участка. В результате эксплуатационной разведки систематически подсчитываются запасы, готовые к выемке. Эти запасы являются основой для годовых, квартальных и месячных планов добычи полезного ископаемого требуемого качества. На основании результатов эксплуатационной разведки производится уточнение проектных направлений и размеров нарезных и очистных выработок на участках, прилегающих к обрабатываемому. Кроме того, эксплуатационная разведка дает необходимые материалы для контроля полноты отработки месторождения, определения потерь и разубоживания полезного ископаемого при добыче.

Эксплуатационная разведка относится к основной деятель-

ности горнодобывающего предприятия и в план геологоразведочных работ не включается. Затраты на ее осуществление производятся за счет горнодобывающего предприятия и входят в себестоимость продукции.

Основной целью расчленение единого геологоразведочного процесса на стадии является повышение эффективности и качества работ. Однако формальное соблюдение установленной последовательности их проведения еще не гарантирует экономии средств и не исключает возможности бросовых затрат. Не меньшее значение имеет методически правильное и экономичное ведение работ на каждой стадии. Вследствие этого при планировании геологоразведочных работ на каждой стадии необходимо предусматривать применение наиболее эффективных методов разведки. При этом следует учитывать природные условия и геологические особенности месторождений, использование прогрессивных методов исследования, широкое внедрение буровых станков новых конструкций и механизации горнопроходческих работ, улучшение организации работ, внедрение передовых технологических режимов на бурении и горных работах, обеспечение требуемого выхода керна и, наряду с этим, применение бескернового бурения на стадии детальной разведки при проходке надрудных толщ, использование рациональных методов опробования, повышение достоверности химических анализов и других определений, необходимых для характеристики качества и технологических свойств минерального сырья, а также внедрение счетно-решающих механизмов и устройств для решения геологических задач и подсчета запасов полезного ископаемого.

За счет указанных и других организационно-технических мероприятий должно быть обеспечено повышение качества подготовки запасов и повышение экономической эффективности геологоразведочных работ.

## ГЛАВА VI

# РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

Все геологоразведочные работы, проводимые на месторождении полезного ископаемого, должны выполняться по проекту, составленному и утвержденному до начала работ.

Проектирование геологоразведочных работ осуществляется в соответствии с действующими инструктивными и нормативными документами Министерства геологии СССР [25, 26], а также приказами и распоряжениями министерств и ведомств СССР и союзных республик.

Основанием для проектирования геологоразведочных работ является установленное вышестоящей организацией геологическое задание на разведку конкретного месторождения.

На каждое геологическое задание составляется единый проект, в котором предусматриваются все необходимые виды работ (буровые, горнопроходческие, геофизические, геохимические, топографо-геодезические, гидрогеологические, опытно-методические, тематические и др.), входящие составной частью в проектируемый комплекс исследований. Разработка самостоятельных проектов на производство отдельных видов геологоразведочных работ действующим положением не допускается.

Проект составляется на срок, необходимый для выполнения задания по разведке месторождения, независимо от того, что этот срок может выходить за пределы календарного года. В проекте, работы по которому будут выполняться в течение нескольких лет, необходимо выделить объемы работ первого года.

Проекты на геологоразведочные работы должны составляться с учетом комплексности их проведения и охраны природных ресурсов. При составлении проектов должны предусматриваться применение наиболее рациональных методов разведки месторождений полезных ископаемых, высокопроизводительного оборудования и приборов, передовой технологии, внедрение прогрессивных методов исследований, обеспечивающих производство разведочных работ с минимальными затратами средств и времени.

Проект на разведку месторождения должен состоять из двух частей — геолого-методической и производственно-технической.

Геолого-методическая часть проекта составляется организацией, которая будет осуществлять разведку месторождения,

и апробируется научно-техническим советом соответствующей геологической организации. Эта часть проекта должна содержать следующие разделы: 1) геологическое задание; 2) географо-экономическую характеристику района работ; 3) обзор, анализ и оценку ранее проведенных работ; 4) геологическую, гидрогеологическую и геофизическую характеристику месторождения и его района; 5) методику и объемы проектируемых работ; 6) подсчет ожидаемого прироста (перевода) запасов полезного ископаемого.

Производственно-техническая часть проекта составляется после одобрения геолого-методической его части, как правило, специализированными организациями. Она должна содержать следующие разделы: 1) общая часть; 2) проектирование; 3) подготовительный период к полевым работам; 4) гидрогеологические и инженерно-геологические работы; 5) геофизические работы; 6) горнопроходческие работы; 7) буровые работы; 8) опробование полезных ископаемых; 9) лабораторные исследования; 10) топографо-геодезические и маркшейдерские работы; 11) тематические (опытно-методические) и карто-составительские работы; 12) постройка временных зданий и сооружений; 13) транспортировка грузов и персонала геологической партии; 14) камеральные работы; 15) прочие работы.

Все работы проектируются в соответствии со справочником укрупненных проектно-сметных нормативов на геологоразведочные работы (СУСН). Проектирование горных выработок больших сечений, чем предусмотрено СУСН, допускается только с разрешения министерств и ведомств СССР по согласованию с Госпланом СССР. В этом случае горнопроходческие работы рассчитываются по нормам и расценкам Госстроя СССР. На работы, связанные с разведкой эксплуатируемых и подготавливаемых к эксплуатации месторождений в пределах горных отводов с проходкой разведочно-эксплуатационных шахт и строительством надшахтных сооружений, производство которых определено директивными органами, составляется отдельная проектно-сметная документация по нормам и расценкам на капитальное строительство. При этом оборудование для указанных работ приобретает за счет капитальных вложений.

В проектах на детальную разведку месторождений, кроме указанного выше, устанавливается стоимость единицы прироста запасов полезных ископаемых. При этом ожидаемое количество промышленных запасов полезного ископаемого должно быть не менее установленного геологическим заданием и соответствующим технико-экономическим докладом.

Проектно-сметная документация должна быть утверждена до составления плана работ, так как в соответствии с существующим положением проведение предварительной и детальной разведки месторождений полезных ископаемых включается в план только при наличии к моменту его составления утверж-

денных в установленном порядке проекта и сметы на проведение работ, за исключением тех объектов, решение о начале работ на которых принимается директивными органами, министерствами и ведомствами СССР, а также месторождений строительных материалов, разведка которых осуществляется по заявкам местных организаций.

Проектно-сметная документация по объектам со сметной стоимостью работ свыше 2,5 млн. рублей и по наиболее важным объектам, перечень которых устанавливается Госпланом СССР (независимо от стоимости работ), утверждается министерствами и ведомствами СССР. Утверждение проектов со сметной стоимостью работ до 2,5 млн. рублей осуществляется министерствами и ведомствами союзных республик, главными управлениями министерств и ведомств СССР и объединениями. По объектам со сметной стоимостью до 1,5 млн. руб. проектно-сметная документация утверждается производственными геологическими объединениями министерств и ведомств СССР и союзных республик, организациями на правах этих объединений, а по объектам со сметной стоимостью работ до 50 тыс. (по разрешению министерств СССР — до 100 тыс. руб.) — геологическими экспедициями, находящимися на самостоятельном балансе.

## **СИСТЕМА РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Под системой разведки месторождений полезных ископаемых следует понимать порядок пространственного расположения и последовательность проходки разведочных выработок. Выбор рациональной системы разведки месторождений полезных ископаемых является основным вопросом геологоразведочных работ, так как от правильности выбора системы разведки месторождения зависят с одной стороны затраты на проведение разведочных работ, а с другой — достоверность получаемых в результате разведки запасов.

Быстрые темпы промышленного освоения месторождений, намечаемая в последние годы тенденция строительства крупных горнодобывающих и перерабатывающих нерудное минеральное сырье предприятий, а также вовлечение в разведку сложных месторождений, требующих на ее проведение больших затрат времени и средств, обуславливают необходимость еще большего внимания к выбору рациональной системы разведки месторождения.

Рациональной системой разведки месторождения следует считать такую систему, которая при минимальной сумме затрат времени и средств обеспечивает получение необходимой информации для достоверной оценки промышленного значения месторождения, подсчета запасов полезного ископаемого и составления технически правильного и экономически наиболее выгодного проекта его разработки.

Основными факторами, определяющими рациональную систему разведку месторождения, являются: 1) форма тела полезного ископаемого и угол его падения; 2) степень тектонической нарушенности месторождения; 3) сплошность или прерывистость промышленной минерализации; 4) наличие или отсутствие зон размывов, дробления, карста и других вторичных процессов.

Форма тела полезного ископаемого и угол его падения определяют порядок пространственного расположения разведочных выработок.

Для изометричных, горизонтально или слабонаклонно залегающих тел полезного ископаемого наиболее рациональной системой расположения разведочных выработок будет расположение их по квадратной сети. Для вытянутых в одном направлении, крутопадающих тел полезного ископаемого наиболее рациональной системой будет система расположения разведочных выработок по линиям, ориентированным вкрест вытянутости или по падению тела полезного ископаемого.

Тектоническая нарушенность месторождения предопределяет необходимость выяснения пространственного положения и характера тектонических нарушений, амплитуды смещения ими полезного ископаемого, влияние на его состав и качество. Для решения этих вопросов требуется проходка дополнительных разведочных выработок, не укладываемых в ранее принятую разведочную сеть. Прерывистость промышленной минерализации обуславливает необходимость прослеживания поведения полезного ископаемого по простиранию и падению на относительно коротких расстояниях, для чего требуется проходка разведочных выработок, идущих непосредственно по телу полезного ископаемого.

Наличие зон размыва, дробления и карста вызывает необходимость изучения их размеров, формы, степени развития и влияния на состав и качество полезного ископаемого. Для их выявления и оконтуривания требуется проходка специальных разведочных выработок.

Из изложенного видно, что для выбора рациональной системы разведки месторождения необходим глубокий анализ имеющегося фактического геологического материала и прежде всего геологической карты и разрезов к ней. По геологической карте и разрезам можно судить о форме тел полезного ископаемого, элементах их залегания, наличии или отсутствии тектонических нарушений, зон дробления и т. д. Кроме того, анализ карты поможет правильно определить границы площади разведочных работ. Поэтому, приступая к проектированию системы разведки месторождения, необходимо иметь кондиционную крупномасштабную геологическую карту.

Масштаб карты определяется размером месторождения и сложностью его строения. Для крупных месторождений (изме-

ряемых несколькими квадратными километрами), характеризующихся простым строением или близким к горизонтальному залеганием слагающих их пород, наиболее рациональным является масштаб 1:5000—1:10 000. Для месторождений меньших или имеющих сложное строение при крутопадающих слоях может быть рекомендован масштаб 1:1000—1:2000. Крупномасштабная геологическая карта должна быть составлена на инструментальной топографической основе того же или более крупного масштаба. Она должна быть наглядна. На ней должны быть правильно и точно показаны не только поля развития тех или иных толщ, горизонтов, пачек, условия их залегания, структуры и тектонические нарушения в плоскости поверхностного среза или под четвертичным покровом, но и распространение всех этих элементов на глубину. Поэтому на крупномасштабной геологической карте по возможности должны быть построены стратоизогипсы и составлено к ней большое количество различно ориентированных разрезов, погоризонтных планов, блок-диаграмм и т. д.

Для месторождений, характеризующихся горизонтальным или близким к нему залеганием продуктивных горизонтов, имеющих, кроме плаща четвертичных отложений, почти сплошной покров более или менее однородных пород, геологические карты, составленные обычными приемами, весьма мало выразительны, так как крупные поля покровных пород скрывают характер залегания и распространения нижележащих, и в том числе продуктивных пород и горизонтов, их взаимоотношения, характер выклинивания, фациальные переходы и т. д. Чтобы лучше судить о строении месторождения на глубине, следует пользоваться специальными картами. Хорошие результаты дают карты, на которых показаны границы распространения отдельных толщ, горизонтов и других геологических элементов, залегающих под более молодыми отложениями. Еще лучшие результаты дают карты, на которых сняты не только четвертичные отложения, но и породы, покрывающие продуктивный горизонт. Полезно, а в некоторых случаях и необходимо, геологическую карту дополнять врезанными в нее разрезами, составлять аксонометрические проекции и т. д.

Если на месторождении имеется более или менее мощный покров четвертичных отложений или к ним приурочена полезная толща, то требуется специальное изучение и составление карты четвертичных отложений. В некоторых случаях, кроме того, необходимо составить геоморфологическую карту для установления связи залежей полезного ископаемого с теми или иными формами рельефа. Например, на месторождениях серы в Каракумах выявлена связь сероносных отложений с положительными формами рельефа; такая же связь установлена для огнеупорных глин на Троицко-Байновском месторождении; имеются месторождения, на которых полезное ископаемое при-

урочено к древним долинам размыва, и т. д. Выявление этих связей и отражение их на геоморфологических картах помогает правильно вести дальнейшие разведочные работы и оценить перспективы месторождения.

Квалифицированно составленные карты и разрезы, наряду с освещением общих геологических позиций изучаемого месторождения, позволяют более обоснованно устанавливать контуры распространения полезного ископаемого, что имеет чрезвычайно важное значение для определения границ разведочных работ.

Принципы установления внешнего контура залежей, а следовательно и границ площади разведочных работ, для разных групп месторождений различны. Для осадочных месторождений основным принципом является литолого-фациальный анализ продуктивного горизонта и вмещающих его пород; для месторождений коры выветривания — геоморфология местности; для магматических месторождений — определение площадей развития различных дифференциатов ультраосновных, основных и щелочных пород; для месторождений пегматитов и связанных с ними месторождений слюды — проведение нижней границы распространения тела полезного ископаемого, которая нередко намечается в соответствии с закономерностью изменения качества пегматитов с глубиной; для разнообразных гидротермальных месторождений два главных фактора определяют контуры тел полезного ископаемого — глубина формирования и наличие благоприятных геологических структур и литологических горизонтов.

Не меньшее значение для выбора системы разведки месторождения имеет и изучение на основе геологической карты тектоники месторождения. Наличие на месторождении складчатости или разрывных нарушений сильно усложняет его разведку.

Нередко тектонические нарушения сопровождаются изменением качества полезного ископаемого как в зонах нарушения, так и на прилегающих к ним участках. В одних случаях оно выражается в наличии мощных зон дробления, вследствие чего породы на этих участках могут не удовлетворять требованиям кондиции по габаритности или физико-механическим свойствам, в других — в изменении химического состава в результате проявления в ослабленных тектонических зонах процессов окварцевания, серицитизации, хлоритизации и т. д., в третьих — в изменении физических свойств и химического состава одновременно. Эти обстоятельства обуславливают необходимость при разведке месторождения тщательно фиксировать и изучать имеющиеся на месторождении тектонические нарушения. Необходимо выявить характер, направление и амплитуду нарушения и, кроме того, установить характер и зону влияния нарушения на качество полезного ископаемого и на его физико-

механические свойства. Поэтому, помимо проходки разведочных выработок по основной сетке, обычно требуется проходка дополнительных выработок специально для прослеживания тектонических нарушений.

Серьезные осложнения при разведке и при разработке месторождений вызывает их закарстованность. Карст в теле полезного ископаемого затрудняет выявление при разведке достоверных запасов, а при разработке месторождения осложняет горнотехнические условия эксплуатации, обуславливает значительные потери сырья. Вследствие этого, выбирая систему разведки, геолог должен учитывать возможность пораженности месторождения карстом, при этом следует иметь в виду неодинаковые особенности развития карстовых процессов на месторождениях различных типов.

В платформенных областях закарстованные месторождения развиты довольно широко, но степень пораженности их значительно ниже, чем в горноскладчатых областях. Карст обычно проявляется по-разному: в одних случаях наиболее интенсивная закарстованность отмечается на участках с маломощным чехлом покровных отложений или участках развития трещиноватых пород. На юго-западной окраине Донбасса, например, где находится большая группа месторождений карбонатных пород нижнего карбона (Ново-Троицкое, Еленовское, Каракубское и др.), наиболее интенсивное карстопоявление тяготеет к зонам тектонических нарушений сбросо-сдвигового характера и связано с зонами контакта карбонатных пород с углесодержащими породами и сланцами. Количество карстовых пород в продуктивных горизонтах достигает на этих месторождениях 15—25 %.

На развитие карста в известняках платформенных месторождений решающее влияние оказывают изменения региональных и местных базисов эрозии, вызванные эпейрогеническими колебаниями. В связи с этим интенсивное карстопоявление отмечается в древней гидрографической сети, близ глубоких эрозионных размывов и в тектонически мобильных зонах.

В горноскладчатых областях сильно закарстованные месторождения приурочены преимущественно к поднятиям палеозойской складчатости с многочисленными разрывными нарушениями, раздробленностью и трещиноватостью. В горноскладчатых областях значительно более, чем на платформах, выражена связь карста с различными структурно-тектоническими формами, зонами разломов, повышенной трещиноватости и другими тектоническими нарушениями.

Вторая особенность развития карста обусловлена частой литологической изменчивостью пород в разрезах геосинклинальных формаций. С этим связана, с одной стороны, неравномерность развития карста, а с другой — приуроченность его к контактам растворимых и не карстующихся пород. Особенно

благоприятные условия для развития карста проявляются на контакте известняков со сланцами, содержащими пирит, который способствует насыщению подземных вод углекислотой и таким образом повышает их растворимость.

Приведенное свидетельствует о том, что рациональная система разведки может быть выбрана только при хорошем знании и учете геологических особенностей месторождения и района, в котором оно находится.

В практической деятельности нередко серьезной критике подвергаются системы разведки месторождений, предусматривающие неравномерное расположение выработок. В основе расположения выработок по правильной сети лежит предположение о том, что во всех направлениях степень изменчивости залежи одинакова. Разведка месторождения разведочными линиями принципиально мало отличается и по существу представляет собой разведку правильной прямоугольной сетью. В ее основе лежит принцип равной степени изменчивости залежи полезного ископаемого в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Линии разведочных выработок задаются вкрест указанных направлений, причем в направлении большей изменчивости густота выработок большая. Разведочные линии обычно располагаются параллельно и на одинаковых расстояниях друг от друга.

Расположение выработок по равномерной сети могло бы считаться правильным в том случае, если бы степень изменчивости основных показателей залежи была бы одинаковой в направлениях, по которым ориентирована сеть. В действительности же, как показывает практика геологоразведочных работ, на месторождениях и отдельных телах полезного ископаемого всегда имеются более или менее значительные участки утонения или раздува мощности залежи, зоны расщепления, размыва, карстообразования, тектонических нарушений, т. е. участки или блоки, в пределах которых степень и характер изменчивости свойств залежи иные, чем на остальной ее части. Вследствие этого на таких участках требуется сгущение сети разведочных выработок, а иногда и формы разведочной сети или ее ориентировки. Теоретической базой расположения разведочных выработок по правильной сети является по существу теория вероятности и математической статистики. При таком расположении выработок обеспечивается получение максимума объективной информации о количественной стороне изучаемого параметра (мощности, содержания и т. д.), что достаточно обосновано в работе Д. Матерона (1968 г.) и находит свое подтверждение в теории конфигурации расположений, определенных равномерностью (Бунгэ, 1967 г.). Для изучения качественной стороны явлений одной статистики мало. Для этого должны применяться аналитические методы, опирающиеся на знание законов и закономерностей характера явлений.

Аналитические методы разведки месторождений, как это было показано выше, исходят из принципов всемерного учета геологических особенностей месторождения и закономерностей изменения изучаемых параметров. Аналитический подход обеспечивает повышение эффективности разведочных работ. Однако при выборе рациональной системы разведки должны использоваться как тот, так и другой методы. Соотношение статистического и аналитического методов отражает степень знания о геологической природе месторождения. На ранних стадиях преобладает статистический метод, предусматривающий равномерное распределение выработок. По мере накопления знаний статистический метод отходит на второй план, и система разведки месторождения базируется на глубоком анализе полученных статистикой материалов, что и предопределяет необходимость дифференцированного расположения на площади месторождения разведочных выработок.

Из изложенного следует, что система разведки месторождения динамична. Она развивается и совершенствуется по мере накопления информации от стадии к стадии исходя из конкретных задач, решаемых на каждой стадии изучения месторождения.

Целью поисковых работ является установление наличия полезного ископаемого. Оценка промышленного значения найденного проявления обычно в прямую задачу поисковых работ не входит. Лишь в отдельных случаях, главным образом для строительных материалов, по результатам поисков можно дать предварительную, сугубо ориентировочную оценку промышленной ценности найденного проявления. Исходя из поставленных задач система поисковых работ должна обеспечить выявление залежей полезного ископаемого по составу и качеству, а также по горнотехническим условиям залегания, представляющих практический интерес. Для этого поисковые выработки располагаются в пределах продуктивных горизонтов таким образом, чтобы не допустить пропуска искомых тел. Сеть поисковых маршрутов обычно равномерная, со сгущением на участках, перспективных для выявления данного вида полезного ископаемого.

Работы, проводимые на стадии предварительной разведки, должны определенно и однозначно решить вопрос о промышленной ценности месторождения, целесообразности постановки на нем детальной разведки, направлении, характере и объемах последующих исследований. На этой стадии должны быть подсчитаны запасы полезного ископаемого в целом по месторождению и достаточно надежно определены средний состав и качество сырья. Применяемая система разведки должна обеспечить получение объективной информации, необходимой для определения средних по месторождению показателей (мощности, содержания и др.). Такую информацию можно получить только

применяя равномерную сеть выработок, т. е. путем сбора и анализа статистических данных. Однако при анализе статистических данных обычно выявляется наличие участков, отличных по своему строению от среднего по месторождению, что приводит к необходимости в принятую систему разведки вносить соответствующие коррективы. Таким образом, уже на стадии предварительной разведки при преобладании статистического метода в выборке системы разведки месторождения участвует и аналитический метод, хотя он и имеет подчиненное значение.

На стадии детальной разведки, задачей которой является получение конкретных материалов, необходимых для составления проекта разработки месторождения, общих данных, характеризующих месторождение в целом, недостаточно. Составить технически грамотный и экономически наиболее выгодный проект разработки месторождения можно лишь при выяснении условий залегания, формы и строения тела полезного ископаемого, природных типов и промышленных сортов минерального сырья, их соотношения и пространственного положения, качества и технологических свойств полезного ископаемого не только в целом по месторождению, но и дифференцированно в отдельных его частях. Исходя из этого на стадии детальной разведки изучение месторождения идет по линии детализации данных, полученных при предварительной разведке.

Разведочные выработки располагаются на этой стадии уже в большей мере не для получения общих статистических данных, а для уточнения строения тела полезного ископаемого и качества сырья на отдельных его участках, блоках и горизонтах. Соотношение статистического и аналитического методов обоснования системы разведки месторождения на этой стадии — уже явно в пользу последнего.

Проведение работ на стадии детальной разведки по заранее принятой в проекте разведочной сети без учета получаемых в процессе разведки результатов приводит нередко, с одной стороны, к проходке лишних выработок, а с другой — к пропуску выработок в нужных точках. Поэтому в стадию детальной разведки развитие разведочной сети должно идти последовательно, с учетом каждой ранее пройденной выработки.

Однако постепенное и последовательное развитие разведочного процесса не должно привести к беспорядочному разбрасыванию выработок в пунктах, представляющих геологический или практический интерес. Сеть выработок при любой системе разведки месторождения всегда должна сохранять свою геометричность, так как только в этом случае выработки будут давать нужные и объективные данные и могут использоваться при подсчете запасов. Геометричность сети выработок при ее неоднородности достигается тем, что все дополнительные выработки проходятся по линиям, ориентированным строго перпендикулярно друг к другу через некоторые постоянные и крат-

ные интервалы. Дополнительные выработки закладываются лишь в тех местах, где без них невозможно решить те или иные задачи. Такую систему разведки, когда по существу каждый геологический блок имеет свою форму и густоту разведочной сети, Е. О. Погребницкий назвал системой блоков. Это название представляется весьма удачным, так как характеризует геологическую сущность разведочного процесса.

При выборе системы разведки месторождения нельзя не учитывать и систему намечаемой его разработки. Это прежде всего относится к выбору участка разведываемого с наибольшей детальностью, запасы на котором подсчитываются по высоким категориям. Такие участки могут располагаться в различных частях месторождения в зависимости от системы вскрытия и отработки месторождения. Поэтому перед началом детальной разведки необходимо согласовать с проектной организацией намечаемую систему разработки месторождения и в соответствии с этим — участки первоочередной разработки, которые и должны разведываться с наибольшей степенью детальности.

При разведке месторождений полезных ископаемых, предназначенных для открытой разработки, важно установить не только строение и состав толщи самого полезного ископаемого, но и получить надежную характеристику вскрышных пород, особенно в отношении их мощности и состава. Эта задача требует нередко разработки системы разведки вскрышных пород, иногда отличающейся по форме и ориентировке от системы разведки самого полезного ископаемого. Таким образом получается комбинированная система разведки месторождения, обеспечивающая надежную характеристику как самого полезного ископаемого, так и покрывающих его пород.

Для правильного выбора системы разведки сложного месторождения в ряде случаев целесообразно строить геометрические их модели. Такие модели позволяют оценить степень изменчивости распределения полезного и вредных компонентов, уточнить контуры распространения полезного ископаемого разных природных типов и промышленных сортов, определить размеры, элементы залегания, приуроченность тел полезного ископаемого к тем или иным литолого-структурным элементам. Геометрические модели обычно строятся путем нанесения на планах и разрезах изолиний значения мощности залежи, содержания лимитируемых кондициями компонентов и других исследуемых показателей.

В настоящее время в большинстве случаев геометрические модели месторождений строятся вручную проведением изолиний методом интерполяции. Вследствие большой трудоемкости составления геометрических моделей таким способом, для выбора системы разведки месторождений нерудных полезных ископаемых они применяются редко. Кроме того, при построении геометрических моделей ручным способом проведение изолиний

в значительной степени субъективно, особенно когда сеть точек наблюдений редка или когда месторождение характеризуется очень сложным строением, с резкими и частыми колебаниями исследуемого параметра.

А. В. Коплус, В. В. Коротаев и А. П. Грудев (1978 г.) предлагают производить построение геометрических моделей по алгоритму И. Д. Савинского (1974 г.) с применением электронно-вычислительных машин. Этим способом ими были построены и проанализированы модели рудных тел ряда месторождений флюорита Забайкалья. Для каждого исследуемого рудного тела на ЭВМ «М222» по алгоритму И. Д. Савинского рассчитывались интерполяционные поверхности, отражающие характер распределения значений мощности и содержаний плавикового шпата. Планы вычерчивались автоматически графопостроителем «Атлас». Поскольку флюоритовые залежи на этих месторождениях имеют крутое падение, построение производилось на вертикальных проекциях продольных разрезов рудных тел.

Анализ построенных моделей позволил более четко представить закономерности изменения мощностей залежей и содержания в рудах флюорита. На Шахтерском месторождении, например, было установлено, что на фоне пестрой картины распределения мощностей выделяются участки повышенных их значений размерами в десятки квадратных метров, разнообразной формы и ориентировки. В верхней части разреза они в основном имеют крутое склонение и удлиненную форму. В нижней части разреза участки повышенной мощности падают полого или имеют залегание близкое к горизонтальному, форма их приближается к эллиптической. Анализ модели содержания флюорита показал наличие участков с повышенным содержанием флюорита (более 75 %) только в приповерхностной части. Участки с содержанием 45—75 % равномерно рассеяны в пределах всего рудного тела. Они характеризуются близкими к овальным формам и расположены субгоризонтально или незначительно наклонно.

Участки повышенной мощности и содержаний в целом пространственно совпадают, однако конфигурация и размеры их нередко заметно различаются, а эпицентры сдвинуты относительно друг друга.

Из приведенного видно, что геометрические модели дают богатую информацию для разработки оптимальной методики разведки месторождений. Эти модели могут быть использованы и для оценки достоверности подсчитанных запасов. Проведенный указанными авторами анализ блокировки запасов Шахтерского месторождения в целом подтвердил их правильность. В то же время в ряде случаев в пределах блоков кондиционных руд при подсчете запасов включались в одних случаях некондиционные руды, а в других случаях, наоборот, — исключались кондиционные. Это свидетельствует о том, что для более

точного оконтуривания блоков и повышения достоверности количественного определения запасов в них необходимо использовать аппроксимирующие поверхности мощностей и содержаний.

Для разведки месторождений может быть разработана не одна, а несколько разведочных систем, обеспечивающих получение необходимых данных. Однако каждая разведочная система требует определенных затрат времени и средств. Поэтому при одинаковых геологических результатах необходимо сопоставить технико-экономические показатели различных систем разведки и отдать предпочтение наиболее экономичной из них.

### **ТИПЫ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК И СПОСОБЫ ИХ ПРОХОДКИ**

Достоверность геологических исследований во многом зависит от типа применяемых при разведке выработок и способа их проходки.

При выборе типа разведочных выработок необходимо учитывать задачи разведки на данной стадии геологоразведочного процесса, систему разведочных работ, обусловленную индивидуальными особенностями как разведываемого минерального сырья, так и месторождения в целом. При этом наиболее важными являются условия залегания тела полезного ископаемого по отношению к современному рельефу, строение и литологические или петрографические особенности толщи полезного ископаемого, водоносность, степень изменчивости мощности и качества полезного ископаемого.

Для разведки месторождений нерудных полезных ископаемых применяются как горные выработки, так и буровые скважины. Горные выработки, по сравнению с буровыми скважинами, дают более полную и представительную информацию. Они позволяют произвести подробную документацию вскрываемого выработкой разреза и отобрать представительные пробы. В горных выработках можно непосредственно наблюдать и зафиксировать все необходимые для разведки и промышленной оценки факторы: контакты пород, условия и элементы залегания, минеральный и петрографический состав, строение, текстуру, структуру, трещиноватость, закарстованность и т. д. Однако, несмотря на все эти преимущества, роль горных выработок при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых в настоящее время невелика. Это обусловлено прежде всего небольшой скоростью проходки горных выработок и довольно высокой себестоимостью работ. Кроме того, небольшой удельный вес горных работ при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых объясняется еще и тем, что теперь разведывают и осваивают все большее количество залежей, находящихся на сравнительно большой глубине (100 м и более), характеризующихся сложными гидрогеологическими условиями

и поэтому труднодоступных для вскрытия горными выработками.

Затруднения при проходке горных выработок приводят иногда к отказу от их использования в ущерб надежности, полноте и представительности разведочных данных. На ряде месторождений исключение горных выработок при детальной разведке приводит к трудностям и ошибкам в выборе схемы разработки месторождения, в оценке качества минерального сырья и условий его залегания.

При выборе типа разведочных выработок следует иметь в виду, что горные выработки, пройденные при разведке месторождения, во многих случаях могут быть использованы и как эксплуатационные. При расчете экономики разведочных работ следует учитывать стоимость добытого при проходке разведочных выработок минерального сырья, которая в некоторых случаях (пьезокварц, исландский шпат, камнесамоцветное сырье и т. д.) может быть весьма высокой. Если для разведки месторождения можно использовать как горные выработки, так и буровые скважины при одинаковых экономических показателях, то предпочтение следует отдавать горным выработкам, поскольку они дают более полную геологическую информацию.

Основными видами горных выработок, которые применяются при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых, являются каналы, траншеи, расчистки, шурфы (дудки), штольни, реже шахты и разведочные или опытные карьеры.

Каналы служат для вскрытия полезного ископаемого на его выходах на поверхность или под четвертичные отложения. Проходятся они при мощности насосов до 3—5 м. Вскрывая полезную толщу вкрест простирания каналов, позволяют произвести ее детальное изучение и опробование. В ряде случаев каналы вскрывают выветрелые, сильно измененные породы, вследствие чего по ним не всегда можно установить действительную мощность вскрытых залежей, минеральный состав, а также истинные элементы залегания полезного ископаемого. Каналы применяются не только для разведки тел полезного ископаемого, но и для прослеживания тектонических нарушений. В некоторых случаях целесообразно проходить каналы по простиранию тела полезного ископаемого для установления сплошности или прерывистости промышленной минерализации.

Различают каналы магистральные и прослеживающие. Магистральные каналы проходятся вкрест простирания целых толщ или свит, а прослеживающие — вкрест простирания отдельных горизонтов или залежей полезного ископаемого или по их простиранию. Глубина канав обычно не превышает 3—5 м, сечение — 0,7—1,0 м в верхней части и 0,5—0,6 м у основания. Крепление канав как правило не производится.

При проходке разведочных канав применяется метод выемки горной массы взрывом на выброс. В ряде геологических

организаций механизирование проходки канав осуществляется бульдозерами и экскаваторами. С помощью этих методов выполняется около 70 % объема канавных работ. Проходка канав методом взрыва на выброс в ближайшее время сохранит свое ведущее положение. Однако его технология непрерывно совершенствуется. Для бурения шпуров при проходке канав создан мотобур М-1, серийно выпускаются электросверла и мотобуры Д-10, начато производство мотоперфораторов «Смена».

В большинстве геологических организаций буровзрывные работы при проходке канав осуществляются без предварительного расчета параметров и рационального выбора взрывчатых веществ, что приводит к невысоким показателям проходки канав. В настоящее время ЦНИГРИ разработаны типовые паспорта буровзрывных работ и сечения канав, технологически обосновывающие нормы расхода ВВ, использование которых улучшит экономические показатели канавных работ.

Траншеи по существу представляют собой канавы большого сечения. Они применяются при проходке валунных, галечниковых и других сыпучих пород, а также при разведке месторождений, полезное ископаемое которых представлено крупными кристаллами или их стяжениями (пьезокварц, слюда, агат и др.). При механизированной проходке глубина траншей может достигать 10 м, а размеры в сечении 3—4 м.

Расчистки представляют собой канавы в виде врезов в коренные породы на крутых склонах рельефа. Применяются они, как и канавы, для изучения полезного ископаемого.

Шурфы (дудки) проходятся с различной целью и на разную глубину. При глубине их до 10 м они считаются мелкими и имеют сечение обычно  $1 \times 1,5$ — $1 \times 2$  м, иногда круглое (дудки). Глубокие шурфы проходятся до глубины 30—40 м сечением обычно  $2 \times 2,5$  м.

Мелкие шурфы или дудки проходятся для вскрытия выходов коренных пород под наносами. Большой же частью шурфы углубляются в коренные породы до определенного горизонта. Они служат для изучения разреза коренных пород и используются для взятия технологических проб и определения объемной массы. Проходка шурфов необходима при разведке месторождений со сложным строением разрезов, а также в тех случаях, когда скважины, вследствие неполноты выхода керна или его избирательного истирания, не могут дать достоверных данных о мощности и качестве полезного ископаемого. Шурфы желательны проходить при разведке месторождений желваковых и зернистых фосфоритов, песчано-гравийных пород, янтаря, агата и других полезных ископаемых, представленных крупными кристаллами, их обломками или стяжениями, обломками горных пород. В твердых устойчивых породах шурфы проходятся без крепления. При разведке рыхлых и слабоустойчивых пород крепление шурфов является обязательным. Проходка шурфов в ма-

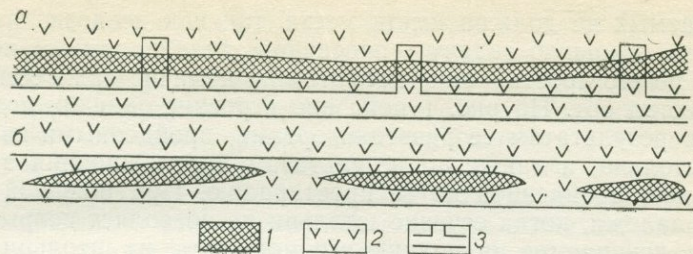


Рис. 1. Представление о строении залежи полезного ископаемого:

а) по данным проходки полевой штольни с квершлагами; б) по данным штольни, пройденной по телу полезного ископаемого. 1 — полезное ископаемое; 2 — вмещающие породы; 3 — штольни и квершлагги

лоустойчивых породах происходит медленно и стоит дорого. Трудно проходить шурфы также при больших притоках воды (свыше  $2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). В условиях неустойчивых пород более эффективна проходка дудок с применением каркасного или кольцевого способа крепления. Проходка в сыпучих породах дудок с применением кольцевого крепления производится вдвое быстрее, чем проходка шурфов с обычным креплением. Проходка шурфов относится к наименее механизированным операциям при геолого-разведочных работах. На ручную проходку шурфов приходится около 80 % от общего объема их проходки; в остальных случаях механизмируются только отдельные операции проходческого цикла. В последние годы производственные, конструкторские и научно-исследовательские организации уделяют большое внимание механизации проходки шурфов. Создан комплекс шурфопроходческих механизмов КМШ-ВИТР для проходки шурфов горным способом, шурфопроходческий кран КШ-1М и механизированный подъемник ПМШ-ЦНИГРИ, винтовой проходческий насос ПВН-13, вентиляционная установка СВУ-78 и др.

Проходка шурфов в рыхлых отложениях все чаще заменяется бурением скважин большого диаметра. Специализированная буровая установка ЛБУ-50 предназначена для бурения скважин диаметром 750 и 1050 мм и глубиной до 20 м. Этой установкой можно проходить скважины в песчаных и глинистых породах с включением щебня и валунов размером до 100 мм.

Для проходки скважин большого диаметра по песчаным и песчано-глинистым отложениям разработана также самоходная буровая установка УБСР-25, предназначенная для бурения скважин диаметром 700 мм.

Штольни проходятся при резко расчлененном рельефе местности, когда вследствие значительной крутизны склонов быстро нарастает превышение поверхности над горизонтом устья штольни. Штольни обычно, за исключением подходных, проходятся по телу полезного ископаемого. Проходка так называемых полевых штолен при разведке месторождений полезных

ископаемых не должна иметь места, так как не позволяет выполнить основную задачу — проследить тело полезного ископаемого по его простирацию, несмотря на наличие даже большого количества орт. На рис. 1 показано строение залежи, полученное по результатам ее разведки ортами, пройденными из полевой штольни, а также по результатам прослеживания залежи штольной, пройденной по ее простирацию. При большой мощности залежи, когда сечение штольни не позволяет вскрыть полезное ископаемое на полную его мощность, из штольни через определенные промежутки проходятся орты или рассечки. В тех случаях, когда рельеф местности и направление простираания тела полезного ископаемого требуют проходки подходной (квершлагной) штольни, из нее по телу полезного ископаемого проходятся штреки. Штольни (штреки) имеют значительное преимущество перед всеми другими разведочными выработками. Они позволяют проследить поведение тела полезного ископаемого по его простирацию, установить сплошность или прерывистость промышленных концентраций полезного ископаемого, характер изменения мощности, наличие тектонических нарушений и других явлений, осложняющих морфологию тела полезного ископаемого. К тому же проходка штолен несложна — водоотлив осуществляется самотеком, подъем породы заменяется откаткой. При пологом падении пластов могут проходиться наклонные штольни — уклоны. Для прослеживания поведения тел полезных ископаемых по падению и восстанию из штолен могут быть пройдены восстающие или гезенки. Штольни используются также для проходки из них скважин подземного бурения. Сечения штолен бывают прямоугольные или трапециoidalные. Высота сечения составляет 1,8—2 м, а ширина 1,4—1,8 м.

Шахты при разведке месторождений неметаллических полезных ископаемых применяются крайне редко. Стволы шахт, вследствие высокой стоимости проходки, задаются таким сечением, которое позволяет использовать их в дальнейшем при разработке месторождения. Проходка шахт на месторождениях, эксплуатация которых намечается открытым способом, нецелесообразна. Из шахт для изучения тела полезного ископаемого проходятся квершлагги и штреки. Квершлагги проходятся как для подсечения залежи полезного ископаемого, так и для вскрытия на глубине и изучения разреза продуктивных толщ, свит или горизонтов; штреки — для прослеживания их по простирацию.

Разведочные карьеры применяются при разведке неглубоко залегающих залежей пьезооптического и камнесамоцветного сырья, агата и других полезных ископаемых, характеризующихся крупно-кристаллическим строением и необходимостью сохранения этих кристаллов в целости. Размер карьера зависит от размеров кристаллов и характера их распределения во вмещающей породе. Обычно он колеблется от 10 до 200 м<sup>3</sup>.

Опытные карьеры закладываются в целях отбора крупных технологических проб, для установления выхода товарной продукции при разведке месторождений облицовочного, стенового и другого штучного камня. Размеры опытных карьеров определяются объемом горной массы, необходимой для указанных целей, и обычно изменяются от 50 до 500 м<sup>3</sup>. Важно, чтобы карьер вскрывал все разновидности изучаемых пород. При наличии выветрелых или затронутых выветриванием пород карьер должен проходить на глубину, превышающую мощность таких пород. Опытная добыча полезного ископаемого, осуществляемая с целью установления выхода товарной продукции, должна производиться способом, обеспечивающим максимально возможный ее выход, а также тем способом, которым будет разрабатываться месторождение.

Добыча блоков на месторождениях облицовочного камня в опытных карьерах обычно производится буроклиновым способом, позволяющим, используя трещиноватость пород и не нарушая монолитности блоков, определить максимально возможный их выход. Однако разработка месторождений этим способом является весьма трудоемкой и дорогостоящей. В последнее время начал применяться буровзрывной способ разработки месторождений облицовочного камня, существенно повышающий технико-экономические показатели эксплуатации и в большинстве случаев не сказывающийся отрицательно на выходе блочной продукции.

Добыча блоков на месторождениях карбонатных пород и туфов, характеризующихся удовлетворительной пилимостью, осуществляется как правило камнерезными машинами. На месторождениях изверженных пород добыча блоков иногда производится огневым (термическим) способом. В практике геологоразведочных работ применительно к намечаемому способу разработки месторождения для определения выхода блоков успешно используются камнерезные машины, в частности СМ-177А, или бензовоздушные горелки (ТВ-5 и др.). При намечаемой системе разработки месторождения буровзрывным способом опытная добыча блоков этим способом обязательна, так как применяемый черный порох, хотя и не обладает бризантными свойствами, в ряде случаев приводит к существенному уменьшению блочной продукции. Применение этого способа добычи блоков наиболее целесообразно на месторождениях монолитных пород с низкой степенью трещиноватости.

Несмотря на преимущества горных выработок перед буровыми скважинами, разведка месторождений нерудных полезных ископаемых в большинстве случаев осуществляется скважинами. Вследствие этого уже на стадии предварительной разведки необходимо правильно выбрать тип станка и технологию проходки скважин. Различные станки позволяют производить бурение с различной скоростью вращения бурового снаряда, что иногда

является причиной низкого выхода керна. Так, например, при разведке Боснинского месторождения доломитов снижение выхода керна обуславливалось бурением станком БСК-1, минимальная скорость вращения шпинделя которого составляет 400 об/м. Такая скорость вращения приводила к интенсивному дроблению доломитов и истиранию керна. Переход на бурение станками, позволяющими снизить скорость вращения бурового снаряда до 100 об/м, существенно повысил выход керна.

Большие скорости вращения бурового снаряда и их устройство вызывают серьезные осложнения при разведке месторождений песков скважинами колонкового механического бурения. Вследствие пльвучести и сыпучести песков затрудняется их извлечение из заданного интервала, исключается возможность одновременной с проходкой обсадки скважин. Все это может привести к перемешиванию рыхлых слоев при опускании колонковой трубы.

Для разведки месторождений песков в настоящее время успешно используется механическое бурение с применением забивного стакана, при условии что оно сопровождается обсадкой труб после каждого рейса.

Весьма перспективным представляется применение при разведке песков вибрационных методов бурения, позволяющих получить колонку почти ненарушенного керна. Однако, к сожалению, имеющиеся станки, предназначенные для инженерно-геологических целей, позволяют бурить ими скважины только до глубины, не превышающей 20 м.

В практике иногда наблюдаются случаи разведки месторождений при помощи шнекового бурения. Преимущество его (в мягких породах) заключается в большой скорости углубки, непрерывной транспортировке породы без подъема бурового снаряда и в возможности бурения без промывки. Однако при шнековом бурении происходит измельчение и перемешивание породы при транспортировке ее на поверхность, затрудняющее ведение геологической документации и опробование. Кроме того при шнековом бурении расходуется значительная мощность на вращение буровой колонки и на трение ее о стенки скважин. Поэтому шнековое бурение обычно применяют для проходки мелких скважин при разведке суглинков и глин, на сейсморазведке и при инженерно-геологических изысканиях.

Шнековое бурение при разведке иногда применяется также для отбора полузаводских проб глин путем проходки куста скважин вместо шурфа.

На качество буровых работ оказывает влияние не только тип станка, но и прочность его крепления на рабочих площадках. Недостаточно прочное закрепление бурового станка, что особенно часто наблюдается при бурении самоходными установками, приводит к повышению вибрации бурового снаряда, которая отрицательно воздействует на выход керна.

Большое значение при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых имеет правильный выбор диаметра скважины.

Диаметр буровых скважин в значительной мере определяется массой отбираемого от керна материала (пробы), необходимого для проведения анализов и испытаний. В ряде случаев при выборе диаметра скважин необходимо учитывать наличие в покрывающих полезное ископаемое рыхлых породах крупнообломочного материала (галечников, валунов, щебня), препятствующих при малых диаметрах достижению требуемой глубины скважин.

Практика показывает, что при малых диаметрах бурения существенно увеличивается искривление скважин. Особенно отчетливо эта закономерность выражается при дробовом бурении, при котором имеет место значительная разработка стволов скважин. Искривление скважин, в свою очередь, отрицательно сказывается на режиме бурения и приводит к увеличению количества аварий, уменьшению достоверности данных буровой разведки.

Искривление скважин зависит от их глубины и геологического разреза. Более или менее значительные искривления скважин наблюдаются на глубине, превышающей 100 м, особенно когда разрез месторождения представлен породами различной твердости. Неучтенные искривления скважин могут привести к серьезным ошибкам в определении мощности полезного ископаемого и контура его распространения (рис. 2). Кроме того они нарушают принятую систему расположения скважин. Поэтому во всех скважинах глубиной более 100 м должны производиться измерения азимутальных и зенитных углов искривления. Замеры искривления производятся через каждые 50 м при однородном по твердости пород разрезе и через 25 м при чередовании твердых и мягких пород.

Существующая аппаратура для измерения кривизны скважин, пройденных в породах с малой магнитной восприимчивостью по точности, в большинстве случаев удовлетворяет требованиям геологоразведочной практики. Однако инклинометрия с магнитной стрелкой не во всех случаях обеспечивает высокую точность измерений. При бурении

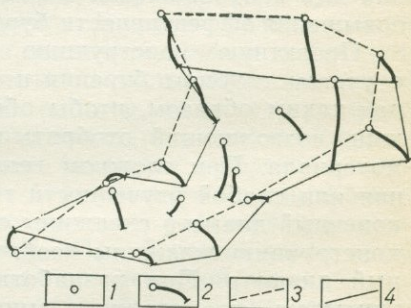


Рис. 2. Влияние искривления скважин на определение контура тела полезного ископаемого. Кошвинское месторождение апатита (по материалам И. И. Перекреста): 1 — буровая скважина (устье скважины на поверхности); 2 — проекция буровой скважины на плоскость подсчета запасов; 3 — контур блока, проведенный по устьям скважин; 4 — контур блока, проведенный по забоям скважин, построенным с учетом их искривления

в трещиноватых породах наличие дробового шлама на забое в стенках скважин создают девиацию магнитной стрелки, понижая достоверность измерений. Поэтому в таких случаях, как и при работе в магнитной среде, должны для замера искривлений использоваться гигроскопические инклинометры. Результаты замеров искривлений должны учитываться при определении мощности и построении геологических разрезов. В случае больших искривлений следует принимать меры к их устранению, а при невозможности этого необходимо учитывать величину и характер искривления скважин при определении мест их заложения, обеспечивающих пересечение тела полезного ископаемого в требуемых точках. Для этого уже на стадии предварительной разведки необходимо провести изучение закономерностей искривления скважин.

Выбор оптимального диаметра скважин особенно важен при разведке месторождений, представленных породами, поддающимися к избирательному истиранию керна. Полезное ископаемое на таких месторождениях обычно представлено хрупким минералом (апатит, флюорит, сера, асбест и др.), склонным вследствие этого к выкрашиванию из стенок керна. Выкрашивание с поверхности керна хрупкого минерала приобретает все большее относительное значение с уменьшением его диаметра. В таких случаях следует применять возможно большие диаметры бурения, так как увеличение диаметра снижает относительную величину ошибки в определении содержания полезного компонента.

Из изложенного видно, что правильный выбор типа станка и конструкции скважин имеет чрезвычайно большое значение как для получения достоверности буровой разведки, так и для повышения эффективности буровых работ.

Проектную конструкцию скважин необходимо намечать с учетом глубины бурения и физико-механических свойств пород таким образом, чтобы обеспечить конечный диаметр скважин, позволяющий отобрать в пробу необходимое количество материала. При сложном геологическом строении месторождения или слабой изученности геологического разреза требуемый конечный диаметр скважины следует оставлять запасным и всю конструкцию скважины необходимо увеличивать на один смежный диаметр. При разработке конструкции скважин следует учитывать, что сложная, многоступенчатая конструкция их и частая смена диаметров увеличивают турбулентность движения бурового раствора. Это, в свою очередь, приводит к снижению выхода керна.

Не меньшее значение, чем тип станка, диаметр бурения и конструкция скважин имеет и технология их проходки — режим бурения, состав промывочной жидкости, интервалы подъема керна и т. д. Чтобы правильно выбрать технологию проходки скважин, необходимо хорошо представлять себе условия,

в которых происходит процесс разрушения пород при бурении.

Основными физико-механическими свойствами пород, влияющими на процесс их разрушения при бурении, являются прочность, твердость и абразивность.

Мягкие породы (рыхлые, сыпучие, пльвуны) и некоторые вспучивающиеся (глины, мел и т. д.) характеризуются высокой буримостью, слабой устойчивостью и обычно легким размывом керна. При бурении мягких пород применяют промывку глинистым раствором, а в случае бурения по солям с целью предотвращения их растворения используют растворы, насыщенные теми солями, которые слагают разрез месторождения. В зависимости от состава солей месторождения применяются различные растворы: по каменным солям —  $\text{NaCl}$ , по сильвиниту —  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$ , по карналлиту —  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$  с добавлением  $\text{MgCl}_2$ . Если в процессе бурения керн все же подвергается размыву, то следует проконтролировать состав промывочной жидкости, ослабить промывку, ограничить проходку за рейс, в нужных случаях применять двойные колонковые трубы, безнасосное бурение или другие средства для повышения выхода керна и сохранения его представительности.

При проходке скважин на месторождениях, в составе разреза которого преобладают глинистые породы, следует применять не глинистый раствор, а воду, так как глинистые породы сами обеспечат естественную глинистую промывку. В тех случаях, когда полезным ископаемым являются глинистые породы или породы, в которых ограничивается содержание глинистых частиц, бурение необходимо производить в сухую, во избежание привноса в полезное ископаемое загрязняющих примесей и выноса из него песчаного материала. В случае невозможности проходки скважин без промывки можно подливать ограниченное количество воды, что обеспечит естественную глинистую промывку. Подливать глинистый раствор даже в ограниченном количестве нельзя, так как это приводит к искажению действительного содержания глинистого вещества в полезном ископаемом. Так при разведке Верхне-Агашульского месторождения привнос глинистого материала из бурового раствора в формовочные пески достигал 2,12—9,46 %. При бурении пород средней твердости и твердых в качестве промывочной жидкости используется вода. Углубку за один рейс обычно ведут до заполнения колонковой трубы керном.

Особые трудности представляет разбуривание разреза, в котором чередуются мягкие и твердые породы. Обычно в таких случаях наблюдается низкий выход керна и его избирательное истирание. Для повышения выхода керна следует разрабатывать специальные режимы бурения, применять двойные колонковые трубы и соответствующие промывочные жидкости или продувку. При разведке хризотил-асбеста, например, неплохие

результаты дает безнасосное бурение, на месторождениях серы значительное повышение выхода керна дает бурение с безнасосной промывкой с шариковым клапаном и т. д.

Однако выбор правильной технологии бурения в ряде случаев является задачей очень сложной и не всегда дает положительные результаты. Для повышения выхода керна на месторождении плавикового шпата Таскайнар Восточный, например, применялся комплекс мероприятий, включающий: 1) бурение одинарными колонковыми трубами с ограниченной рейсовой проходкой (0,5—0,7 м); 2) бурение двойными колонковыми трубами различных типов; 3) использование гидроударников Г-17 и 2В-5 в комплексе с одинарными эжекторами типа ОК-30 или конструкции Киргизского геологического управления; 4) снижение скорости вращения бурового снаряда и осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент при бурении трещиноватых интервалов, а также уменьшение расхода промывочной жидкости с целью исключения размыва керна и выноса его в затрубное пространство.

Применение одинарных колонковых труб и ограничение рейсовой проходки оказалось малоэффективным. Существенным недостатком в работе двойных колонковых труб являются частые закупорки каналов для проходки промывочной жидкости (особенно глинистого раствора) в элементах двойной колонковой трубы. При таких закупорках породоразрушающий инструмент работает на грани пережога, что отрицательно сказывается на ресурсе алмазной коронки, длине рейса и всех технико-экономических показателях бурения.

Более удовлетворительные результаты дало использование гидроударников в компоновке с эжекторами, применение которых повысило выход керна до 70—80 %, однако в ряде случаев он оставался все равно низким.

Не дало большого эффекта и снижение скорости вращения бурового снаряда и осевой нагрузки на породоразрушающий инструмент. В этих условиях единственным выходом было широкое использование геофизических методов для определения мощности и содержания  $\text{CaF}_2$  в рудах.

Основной целью буровых работ является получение представительного керна. Поэтому геолог обязан систематически следить за его выходом. Выход керна при бурении определяется по интервалам подъема, но оценка качества буровых работ нередко дается по выходу керна в среднем по скважине, в интервалах распространения полезного ископаемого. Серьезного значения низкому выходу керна на отдельных интервалах обычно не придают, хотя часто низкий выход керна на этих интервалах не является результатом нарушения режима бурения, а свидетельствует об изменении состава или физико-механических свойств пород. Отсутствие приуроченности интервалов с низким выходом керна к определенным слоям или глу-

бинам может указывать на наличие незаполненных каверн и карстовых полостей. Четкая их приуроченность к определенным слоям, горизонтам или глубинам свидетельствует о возможности встречи стратифицированных горизонтов выветрелых или слабых пород (например, муки в известняках или доломитах), в значительной массе не попадающих в керн и выносимых промывочной жидкостью. В этом случае даже при удовлетворительном выходе керна в целом по продуктивному горизонту (70—80 % и более) возможны серьезные ошибки в оценке месторождения. Во избежание таких ошибок нужно уже в процессе бурения анализировать данные о выходе керна, устанавливать причины низкого выхода керна на тех или иных участках месторождения или разреза.

При установлении приуроченности низкого выхода керна к отдельным участкам месторождения или разреза следует при их разбуривании менять режим бурения, состав промывочной жидкости или проходить скважины всухую, без промывки. Иногда бывает необходимо проходить контрольные горные выработки или скважины большого диаметра (8—12").

Выход керна обычно определяется линейным способом, что не всегда верно. При разрушенном материале, поднятом буровым снарядом, при разведке пластичных глинистых пород, способных вытягиваться при извлечении их из колонковой трубы, рыхлых песчаных и других отложений выход керна следует контролировать путем определения его массы взвешиванием и сопоставления с теоретической массой, рассчитанной исходя из диаметра скважины и длины интервала, с которого поднят керн.

Все вышеприведенное указывает на то, что выбор типа разведочных выработок, способа и технологии их проходки имеет чрезвычайно большое значение для правильной его разведки и промышленной оценки месторождения. Поэтому выбор и способ проходки разведочных выработок должны производиться при непосредственном участии и контроле со стороны геологов, руководящих разведочными работами.

Не меньшее значение имеет и рациональное сочетание выработок различного типа. На большинстве месторождений нерудных полезных ископаемых необходимая для подсчета запасов и промышленной оценки информация может быть получена по данным буровой разведки. Здесь требуется лишь проходка горных выработок для отбора технологических проб, определения объемной массы, иногда для заверки результатов бурения. На ряде месторождений полноценная разведка может быть произведена только при сочетании буровых скважин и горных выработок. На таких месторождениях горные выработки необходимы для установления сплошности или прерывистости промышленного оруденения, надежного определения содержания полезных компонентов, выхода товарной продукции и т. д. Задача геологов в данном случае заключается в подборе такого

сочетания горных и буровых работ, которое бы обеспечивало получение необходимой информации без существенного удорожания разведочных работ. Особенно остро вопрос о разумном сочетании горных и буровых работ стоит при разведке глубокозалегающих тел полезного ископаемого, для вскрытия которых требуется проходка шахт. Представляется целесообразным разведку таких месторождений проводить в два этапа. На первом этапе проходятся только буровые скважины с целью определения целесообразности вскрытия месторождения или участка горно-эксплуатационными выработками, установления возможной производительности горнодобывающего предприятия и обогатительной фабрики. Степень разведанности на этом этапе следует доводить до категории В и  $C_1$  на месторождениях 1 группы,  $C_1$  на месторождениях 2 группы и  $C_1$  и  $C_2$  — на месторождениях 3 группы по классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

На втором этапе для подготовки месторождения или участка к промышленному освоению вскрывают его горно-эксплуатационной выработкой, из которой проходят горноразведочные выработки и скважины подземного бурения с доведением запасов различных категорий до требуемого классификацией соотношения.

Такая методика была применена при разведке месторождения плавикового шпата Таскайнар Восточный, что дало экономию средств на первом этапе разведки в размере 2 млн. руб. и сократило срок проведения разведочных работ на два года. В отдельных случаях, когда месторождение представлено несколькими участками или сырьевой базой намечаемого предприятия, существует ряд сближенных, аналогичных по строению месторождений, вовлечение в промышленное освоение которых будет происходить последовательно. Проведение второго этапа разведки обязательно только на одном участке или месторождении, рассматриваемом в качестве первоочередной базы предприятия. Опыт эксплуатации этого участка или месторождения может исключить необходимость проведения разведочных работ второго этапа на других участках или месторождениях. На месторождении Таскайнар Восточный так и получилось. Не выясненные при разведке на первом этапе вопросы успешно могут быть разрешены при эксплуатации вблизи расположенного месторождения Таскайнар Южный, разработка которого будет предшествовать разработке месторождения Таскайнар Восточный.

### **ПЛОТНОСТЬ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ**

Одним из центральных вопросов методики разведки месторождений полезных ископаемых является обоснование плотности разведочной сети и ее соответствие геологическому строению месторождения.

Надежность определения средней мощности, среднего содержания компонентов и других показателей, характеризующих залежь полезного ископаемого, непосредственно зависит от количества выработок, по которому определяются эти показатели. В свою очередь число выработок, необходимых для этого, обуславливается размерами залежи, сложностью ее формы, характером и степенью изменчивости качества сырья. Таким образом устанавливается тесная зависимость между числом выработок и плотностью разведочной сети.

Наиболее часто применяемые методы обоснования плотности разведочной сети — последовательного разряжения и математической статистики — по существу, и основаны на этой зависимости.

Математические методы, разновидностью которых является и метод последовательного разряжения разведочной сети, основываются на предположении о стационарности и эргодичности геологических процессов, т. е. на предположении об изменчивости признаков между двумя точками по линейному закону, что не всегда соответствует действительности. Если рассматривать геологические тела как системы, поддающиеся моделированию, то очевидно, что модели эти будут весьма сложными вероятностными системами, для построения которых требуется большой информативный материал, который в процессе геологического изучения месторождения, особенно на стадии предварительной разведки, получить трудно, а в большинстве случаев и невозможно. Это обстоятельство приводит к тому, что по существу методы последовательного разряжения и математической статистики используются не для выбора плотности разведочной сети на стадии предварительной разведки, а для обоснования ее правильности уже после завершения детальной разведки. Учитывая это, критический анализ указанных методов приводится в разделе, характеризующем исходные данные для подсчета запасов (глава VII).

Практически для выбора плотности разведочной сети как на стадии предварительной, так и на стадии детальной разведки используются расстояния, приведенные в инструкциях Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР по применению Классификации запасов к отдельным видам полезных ископаемых. Несмотря на то что в инструкциях ГКЗ СССР обобщен и отражен огромный опыт разведки и эксплуатации в Советском Союзе различных типов месторождений данного вида полезного ископаемого, механическое их использование не может быть рекомендовано.

После установления аналогии месторождений для вновь разведываемого месторождения принимается та же разведочная сеть, что и при разведке ранее разведанного или эксплуатируемого месторождения-аналога. Нередко вследствие неполной аналогии в разведочную сеть вносятся те или иные поправки. Метод аналогии используется при условии, что принятая на ме-

сторождении-аналоге сеть разведочных выработок обеспечивает получение достоверных данных, т. е. правильность принятой на нем сети выработок подтверждена или данными эксплуатации, или опытными работами, проведенными другими методами.

Значительно чаще метод аналогии применяется при разведке разрабатываемых месторождений. Для доказательства возможности применения сети выработок, которая применялась при первоначальной разведке, производится сопоставление данных разведки и эксплуатации.

Для сопоставления разведочных и эксплуатационных данных следует прежде всего принимать эксплуатационные блоки, совпадающие с подсчетными, и при этом такие, по которым есть уверенность, что рудничная геологическая документация и эксплуатационное опробование произведены правильно. Очень важно, чтобы эти блоки характеризовали выемочное пространство большой площади и были отработаны не менее чем наполовину. Сравнение разведочных и эксплуатационных данных должно быть произведено раздельно для залежей различных морфологических типов и оцениваться по результатам сходимости площади распространения полезного ископаемого, его мощности, содержания полезных компонентов и вредных примесей или физико-механических свойств сырья, если они определяют его качество. Необходимо дать оценку подтверждаемости принятой при разведке морфологии тел полезного ископаемого. Если при сопоставлении будут установлены расхождения, то должны быть выяснены их причины и разработаны меры, исключающие возможность повторения при продолжении разведки данного месторождения.

При постановке разведочных работ на еще не разрабатываемых месторождениях необходимо произвести сравнение данных разведки и эксплуатации соседнего однотипного эксплуатируемого месторождения и, исходя из результатов сопоставления, определить оптимальную плотность разведочной сети, проверив правильность ее другими методами.

Полезно также произвести сравнение данных детальной и эксплуатационной разведки, эксплуатационной разведки и эксплуатации, что позволит более полно и правильно судить о правильности применяемой сети выработок. При таком сопоставлении может быть установлено, что основной причиной расхождения между данными детальной и эксплуатационной разведки с одной стороны и данными эксплуатации — с другой являются не дефекты разведки, а дефекты эксплуатации: большие потери при добыче и обогащении, сверхнормативное разубоживание, и т. д. В этом случае необходимо разработать рекомендации по улучшению работы горнодобывающего предприятия. Опыт разработки месторождений нерудных полезных ископаемых показывает, что имеются случаи существенных расхождений дан-

ных эксплуатации с разведочными данными. Это приводит к необходимости производить доразведку месторождения, менять проектное решение по вскрытию и подготовке его, вносить коррективы в систему разработки. Все это влечет за собой потерю времени на освоение месторождения и приводит к бросовым затратам на проходку горных выработок, к увеличению капитальных вложений по сравнению с предусмотренными первоначальным проектом. Однако, говоря о неподтверждении разведочных данных эксплуатацией, необходимо иметь в виду, что данные разведки не могут абсолютно совпадать с теми, которые действительно устанавливаются при эксплуатации. Они должны подтверждаться в основных, главных чертах и с определенными допусками, не влияющими на технико-экономические показатели разработки месторождения. Уточнение деталей строения полезной толщи, мощности полезного ископаемого и содержания в нем полезных компонентов и вредных примесей в пределах отдельных эксплуатационных блоков является задачей не детальной, а эксплуатационной разведки. При сопоставлении данных разведки и эксплуатации за достоверные данные обычно принимаются данные эксплуатации. Однако при этом не всегда учитывается, что самые точные маркшейдерские планы выработанного пространства не всегда правильно отражают объем и форму отработанного тела полезного ископаемого. В процессе эксплуатации неизбежны потери полезного ископаемого и его разубоживание. Вследствие этого, вынутая из недр масса полезного ископаемого ни по объему, ни по массе, ни по качеству не отвечает фактически существующей в недрах. Еще менее достоверны данные эксплуатации в отношении характеристики строения тела полезного ископаемого, так как очистные и горноподготовительные выработки, как правило, не пересекают полностью зоны дизъюнктивных нарушений, участки пустых пород, дайки, жилы, зоны интенсивного карстования, размывов и т. д. Поэтому точное положение ряда структурных элементов и их взаимоотношения с телом полезного ископаемого при эксплуатации месторождения не устанавливаются.

Потери и разубоживание, а также неточный учет типов и сортов полезного ископаемого искажают качественную характеристику его. Допускаемые проектные ошибки разработки месторождений и переработки сырья еще более снижают достоверность данных эксплуатации. Все это говорит о том, что прежде чем принимать за эталон данные эксплуатации, их необходимо тщательно проанализировать. В отдельных случаях целесообразно работникам геологоразведочной организации провести контроль за полнотой выемки, правильностью разработки месторождения и переработки минерального сырья, соответствия технологической схемы, по которой работает предприятие, принятой при технологическом изучении сырья на стадии деталь-

ной разведки. Известны случаи, когда технология переработки сырья, по которой построено предприятие, даже в принципе отличается от технологии, разработанной на стадии детальной разведки и для которой были утверждены запасы. Так, ряд предприятий по переработке калийных солей построен исходя из метода флотации, тогда как на стадии детальной разведки сырье оценивалось исходя из галургического способа его переработки. Это привело к трудностям технологического передела солей с повышенным содержанием нерастворимого остатка, каких не возникло бы при галургическом методе. При проектировании технологических схем проектные организации иногда исходят из среднего содержания вредных примесей в сырье, не учитывая значительные их отклонения в отдельных подсчетных блоках и не предусматривают усреднение сырья путем направленной добычи или на усреднительных складах, что также осложняет работу перерабатывающих сырье предприятий.

При существенных расхождениях в содержаниях полезного ископаемого необходимо проанализировать работу обогатительных фабрик, установить соответствие коэффициента извлечения полезного ископаемого из руд, достигнутого на фабрике и полученного при технологических испытаниях сырья на стадии детальной разведки. В отдельных случаях следует определить содержание полезного компонента в хвостах обогащения.

К сожалению, в практике предприятий, перерабатывающих нерудное минеральное сырье, часто содержание полезного компонента в хвостах обогащения и закладированной руде не определяется. Так, например, на Актотракском месторождении большое количество рядовой руды вследствие сложившихся обстоятельств было закладировано без учета действительного в них содержания хризотил-асбеста. Впоследствии для составления материального баланса и оценки качества этих руд, переработка которых в настоящее время стала возможной, было проведено их опробование. Однако судить по этому опробованию о содержании в рудах волокна асбеста в момент складирования нельзя, т. е. каким оно было в недрах установить невозможно, так как руды за время многолетнего нахождения в специальных отвалах дезинтегрировались и под воздействием атмосферных факторов часть волокна из них была вынесена.

При сопоставлении разведочных данных с данными эксплуатации нельзя ограничиваться лишь сопоставлением запасов, средней мощности и среднего содержания полезных компонентов или качества сырья. Необходимо сравнивать установленные на основе разведки представления о форме и строении залежей, их тектонической нарушенности и закарстованности с данными эксплуатации.

При определении плотности разведочной сети необходимо учитывать намечаемую систему разработки месторождения. Как правило, плотность сети выработок на месторождениях,

предназначенных к валовой отработке, для которой достаточно охарактеризовать средние показатели минерального сырья на отдельных участках или блоках, может быть меньше, чем при разведке того же месторождения для селективной разработки.

Расстояния между разведочными выработками на разрабатываемом или освоенном промышленностью типе месторождений могут быть большими, чем на новом месторождении, опыта промышленной разработки которого не имеется. Объясняется это тем, что основные закономерности строения месторождения, изменения состава и качества полезного ископаемого уже достаточно изучены, и задача сводится к получению сведений, подтверждающих аналогию разведываемого месторождения с промышленно освоенным.

При определении плотности разведочной сети необходимо учитывать также соотношение качества сырья и мощности тела полезного ископаемого месторождения с установленными условиями. Если качество сырья и мощность тела полезного ископаемого значительно превышают установленные условиями, и в результате предварительной разведки установлено отсутствие в пределах контура разведочных работ некондиционных выработок, то расстояния между разведочными выработками должны приниматься максимальными. Наоборот, для месторождений, блоков, пластов и горизонтов, находящихся на грани кондиционных или при наличии внутри контура разведочных работ некондиционных выработок, разведочная сеть должна быть наиболее плотной.

Существенно разрежена разведочная сеть может быть и на хорошо обнаженных месторождениях, а также на месторождениях, в разрезе которых имеются маркирующие горизонты, контролируемые оруденение.

Немаловажное значение при выборе плотности разведочной сети имеют и затраты, требуемые на проведение разведочных работ. Стремление разведать месторождение с максимальной детальностью иногда приводит к чрезмерно большим капиталовложениям по сравнению с требуемыми на его освоение. Так, на одном месторождении борных руд затраты на разведку составили более 40 % от требуемых на его освоение капитальных затрат. Имеются случаи, когда затраты на разведку превышают стоимость содержащегося на месторождении минерального сырья. Естественно, что такая разведка экономически не оправдана. В. С. Огарков [35] на примере разведки месторождений бурого угля Подмосквовного и других бассейнов разработал метод определения плотности разведочной сети, названный им методом экономических расчетов. При этом методе в залежи полезного ископаемого выделяются блоки, характеризующиеся средними и аномальными показателями, в которых показатели (мощности, качества) выходят за пределы требований кондиций. Если такие блоки не будут выявлены при разведке, то при

эксплуатации придется вести бросовые работы по проходке ненужных подготовительных выработок. Чем гуще разведочная сеть, тем, естественно, меньшими будут размеры аномальных блоков. В. С. Огарков считает экономически выгодным сгущение разведочной сети до такой степени, при которой расходы на разведку не превышают бросовые эксплуатационные затраты.

Затраты на разведку месторождения при заданной плотности разведочной сети определяются по формуле

$$A = nD,$$

где  $n$  — число выработок;  $D$  — стоимость проходки одной выработки.

Общее число выработок вычисляется по формуле

$$n = 1,5 \frac{S}{l^2},$$

где  $S$  — площадь месторождения, м<sup>2</sup>;  $l$  — расстояние между выработками, м.

Если площадь аномального блока, близкого к изометричному по форме, выразить через его поперечник ( $L$ ), то расстояния между скважинами ( $l$ ), при которых надежно устанавливаются аномальные блоки, можно определить по формуле

$$l = \sqrt{\frac{nL^2}{4}}.$$

Тогда затраты на разведку будут равны

$$A = nD = \frac{6DS}{nL^2}.$$

Затраты на подготовительные горные работы по аномальным блокам определяются по формуле

$$B = B \cdot P_1 \cdot L^2,$$

где  $B$  — бросовые затраты, руб;  $B$  — удельные затраты на горные работы в связи с аномальными блоками, руб/м<sup>3</sup>;  $P_1$  — показатель устойчивости месторождения, равный  $\frac{S_1}{S}$ , в котором:  $S_1$  — суммарная площадь аномальных блоков, м<sup>2</sup>;  $S$  — общая площадь залежи, м<sup>2</sup>;  $L$  — поперечник аномальных блоков, не обнаруживаемых разведкой, м.

Исходя из принципа экономической целесообразности разведки, устанавливается следующая зависимость:

$$A = B = \frac{6DS}{nL^2} = P_1 B L^2.$$

Расстояния между выработками определяются по приближенной формуле

$$l = \sqrt[4]{\frac{DS}{P_1B}}$$

Метод экономической целесообразности не может служить основным способом определения плотности разведочной сети, поскольку он не дает ответа на вопрос, при каком числе выработок могут быть надежно определены основные параметры месторождения. Этот метод может быть использован как вспомогательный для решения частной задачи о целесообразности выявления при разведке безрудных окон.

Приведенный анализ показывает, что надежного метода теоретического обоснования плотности разведочной сети не существует.

Расстояния между выработками в рациональной разведочной системе зависят от стадии разведочных работ, размера тела полезного ископаемого, степени сложности его формы, внутреннего строения, выдержанности качества сырья.

На стадии предварительной разведки плотность сети выработок может быть ориентировочно принята, согласно рекомендациям соответствующих инструкций ГКЗ СССР или по аналогии с другим разведанным (а еще лучше — разрабатываемым месторождением).

При получении необходимого количества наблюдений соответствие принятой разведочной сети геологическому строению месторождения должно быть подтверждено тщательным анализом полученных результатов. Для этого необходимо строить геологические разрезы и планы и после проходки каждой новой выработки изучать влияние их на первоначальные представления. В целом разведочная сеть должна проектироваться и развиваться по принципу максимального ее соответствия геологическим особенностям месторождения. Для подтверждения правильности выбранной основной сети выработок могут использоваться методы математической статистики или последовательного разряжения. Однако следует иметь в виду, что основная сеть выработок должна обеспечить получение лишь необходимых данных для расчета средних значений мощности, содержания и других показателей, характеризующих месторождение, но часто не может дать информации о деталях строения отдельных частей месторождения, что и обуславливает необходимость проходки дополнительных выработок, не укладываемых в основную сеть.

Во всех случаях принятая сеть разведочных выработок должна обеспечить вскрытие и пересечение всех слоев полезного ископаемого. Получение перекрытого разреза достигается путем правильного определения расстояний между разведоч-

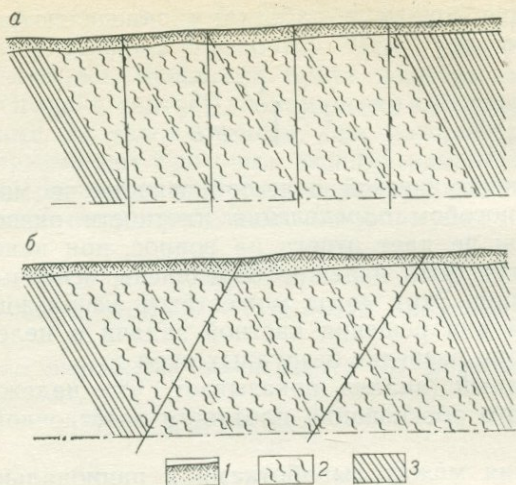


Рис. 3. Схема расположения разведочных выработок, обеспечивающая получение перекрытого разреза:

*a* — при разведке вертикальными выработками; *b* — при разведке наклонными выработками.  
 1 — породы, покрывающие полезную толщу; 2 — полезная толща; 3 — породы, вмещающие полезную толщу

ными выработками с учетом углов падения слоев, их мощности и глубины разведки (рис. 3). Уменьшению объема разведочных работ способствует применение наклонных скважин, однако при этом следует иметь в виду возможность усложнения технологии бурения и снижение его качества.

При разведке месторождений для открытой разработки большое значение имеет надежное установление кровли полезного ископаемого, мощности и качества вскрышных пород. В ряде случаев применяемая для разведки основная сеть выработок, особенно на месторождениях сильно закарстованных, с резкой изменчивостью кровли полезного ископаемого, оказывается недостаточной. Расчет сети вскрышных выработок должен в этих случаях производиться самостоятельно, исходя из сложности рельефа кровли полезного ископаемого, размеров и формы карстовых воронок, характера границы зоны выветрелых и свежих пород и т. д. Поскольку глубина вскрышных выработок небольшая и затраты на их проходку незначительные, сеть вскрышных выработок должна быть достаточно густой.

Во многих случаях более густая сеть выработок требуется для изучения полезного ископаемого на выходах его на поверхность или под четвертичные отложения.

## ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОПРОБОВАНИЕ

**Документация.** Все разведочные выработки, пройденные на месторождении, а также изменяющиеся естественные и искусственные обнажения должны быть задокументированы. Геологическая документация должна отражать все детали, необходимые для правильной увязки вскрытых разрезов, выяснения роли и влияния на геологическое строение разведываемого месторождения тектонических нарушений, жил и даек интрузивных пород, закарстованности и т. д. Геологическая документация разведочных выработок при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых должна производиться с учетом назначения сырья. Она должна способствовать выяснению геологического строения месторождения, формы и внутреннего строения залежей полезного ископаемого, пространственного распределения отдельных разновидностей, типов и сортов минерального сырья и других геологических элементов, определяющих промышленную ценность месторождения.

Геологическая документация должна основываться на тщательном литологическом, петрографическом и структурном изучении толщ и горизонтов, слагающих месторождение.

Во многих случаях породы, слагающие месторождение, трудно диагностируются. Они весьма разнообразны по внешнему виду, цвету, структурно-текстурным особенностям. Поэтому в начале полевых работ, прежде чем приступить к документации, необходимо ознакомиться с имеющейся эталонной коллекцией образцов пород, характерных для данного района и месторождения. Такие коллекции обычно существуют в музеях при геологических управлениях или объединениях. Для новых районов в самом начале работ следует приступить к составлению эталонной коллекции и постоянно ее пополнять. Пользование эталонными коллекциями обеспечит единообразие в определении названия выявленных пород, что весьма важно при документации. Однако для более точного определения пород и минералов необходимо при проведении разведочных работ применять минералого-петрографические, а иногда и химические анализы. Следует избегать введения новых названий пород и минералов, так как это усложняет понимание геологического строения месторождения и его генезиса.

Для повышения качества геологической документации скважин при разведке месторождений целесообразно применять кернометрию и фотодокументацию. Применение этих методов позволит с большой точностью определить элементы залегания пересекаемых скважиной толщ, характер переслаивания, мощности отдельных слоев, их структурно-текстурные особенности.

Прежде чем приступить к документации, геолог, руководящий разведкой месторождения, должен разработать легенду.

При разработке легенды следует исходить из следующих принципов: 1) легенда должна быть единой для всего района работ; 2) обозначения должны быть просты для исполнения; 3) в основу легенды должны быть положены общепринятые обозначения пород, имеющих в геологическом разрезе; 4) легенда может быть цветной или штриховой, но удобнее пользоваться последней.

Перечень вопросов, которые должны отмечаться при документации, зависит от вида полезного ископаемого, предполагаемой области его использования и типа месторождения.

На месторождениях осадочного происхождения при документации максимальное внимание следует уделять литологическому изучению пород: определению и описанию пород с указанием их цвета, физического состояния, состава, структуры, текстуры, явлений метаморфизма и выветривания. При этом, учитывая намечаемую область использования пород, следует особенно тщательно описывать важные в практическом отношении признаки.

Толщу осадочных пород с нормальной макроструктурой необходимо разделить на слои и пачки в стратиграфической последовательности; каждому слою или пачке дать буквенный или цифровой индекс. Разрезы разведочных и эксплуатационных выработок и обнажений рекомендуется сопоставлять и увязывать между собой сразу же после их документации; слой, вскрытый в нескольких выработках, должен быть замаркирован одним индексом. От каждого слоя необходимо отбирать образцы для изготовления шлифов, пришлифовок и пробы для спектрального или химического анализа. Очень важно правильно определить стратиграфическое положение выделенных слоев, их состав и структурно-текстурные особенности, мощность каждого слоя и условия их залегания.

Толщи неслоистых массивных пород следует расчленить на разновидности по литологическому и фациальному признакам.

Детальная литологическая характеристика и правильная маркировка слоев и разновидностей пород при документации помогает разделить сырье на природные типы, которым обычно соответствуют определенные химические, физические и технические свойства. На основе литологического изучения разрабатывается рациональная схема опробования месторождения.

Для промышленной оценки месторождения необходимо установить характер вторичных изменений полезного ископаемого — окварцевание, доломитизация и т. д. Должны быть задокументированы встречающиеся в породе включения, гнезда, прожилки и линзы других пород, например гипса, ангидрита, серы, пирита, битумов и т. д. Следует также отмечать наличие или отсутствие выделений газа, степень водообильности, наличие мерзлых пород.

Существенное значение для правильной оценки полезного ископаемого и условий разработки месторождения имеют трещиноватость, кливаж и другие проявления тектонического воздействия.

С распределением и направлением трещин связаны размеры и формы отдельностей, которые определяют габариты и выход штучного камня из горной массы, а также выбор системы разработки месторождения и продвижение забоев горных выработок. Трещины в породах бывают зияющими и заполненными рыхлым или плотным материалом. Наличие в трещинах некондиционных пород ухудшает качество сырья. Кроме того, трещины являются проводниками подземных вод. По трещинам часто наблюдаются ожелезнение, следы скольжения и брекчии трения, что также отрицательно влияет на химический состав и физическое состояние горных пород. Поэтому все эти факторы должны отмечаться при документации.

Трещиноватость следует изучать путем замеров азимутов и углов падения трещин, подсчитывать их количество, приходящееся на каждые 5—20 м проходки горной выработки или буровой скажины. Такой подсчет должен производиться в направлении, ориентированном вкрест простирания каждой системы трещин для каждого литологического слоя. При разведке месторождений штучного камня необходимо фиксировать количество интервалов, длина которых превышает требуемый техническими условиями или ГОСТом минимальный размер камня. При документации целесообразно установить наличие или отсутствие сопряженности между отдельными системами трещин, связь между трещиноватостью и тектоникой месторождения, зависимость интенсивности трещиноватости от литологического состава пород, их структуры, текстуры и мощности, а также степени выветривания.

Эффективность добычи пильного и стенового камня в основном зависит от степени трещиноватости горных пород, которая оказывает большое влияние на выход товарного камня из горной массы. В связи с этим большое значение имеет выбор правильного способа обработки полученных в процессе первичной документации замеров трещиноватости.

В литературе описано несколько методов обработки результатов замеров трещиноватости: Б. П. Беликова [3], Ф. А. Амбарцумяна [2] и др.

Метод Б. П. Беликова, при помощи которого можно ориентировочно подсчитать выход среднего размера блоков, применим для характеристики трещинной тектоники месторождений облицовочного камня, разрабатываемых буроклиновым или буровзрывным способом при условии, что число главных систем трещин не превышает трех. Этот метод не применим для месторождений облицовочного и пильного стенового камня, разрабатываемых камнерезными машинами.

Для месторождений облицовочного и стенового камня осадочного происхождения, на которых встречаются в основном только тектонические трещины и трещины напластования, выдержанные в своем большинстве по простиранию и падению, положительные результаты дает графический метод И. Н. Горбылева.

В основе этого метода лежит тщательное изучение трещиноватости месторождения, предназначенного для механизированной разработки. Однако Ф. А. Амбарцумян [2] отмечает, что «... для этого метода при разработке месторождения направление фронта работ должно совпадать с ориентировкой поверхности подсчета. При несоблюдении этого условия не исключены серьезные ошибки, так как в зависимости от угла встречи (пересечения) плоскостей трещин с плоскостью груди забоя потери готовой продукции могут быть различными.

При наличии 4—5 систем трещин, как это наблюдается в туфолах и в некоторых вулканических породах, взаимная ориентировка фронта работ и систем трещин роли не играет».

Исходя из этого Ф. А. Амбарцумян предложил свой метод оценки степени трещиноватости и блочности месторождений природного камня. Однако этот метод еще не прошел достаточную экспериментальную проверку. Методика определения блочности пород по показателям трещиноватости, предложенная Е. П. Окользиным и П. Ф. Корсаковым, также на практике не проверена. Отсутствие общепринятой методики оценки вероятного выхода товарного камня по данным замеров трещиноватости вызывает необходимость производить обработку по нескольким способам и принимать тот способ, который больше всего согласуется с результатами опытной добычи.

Процессы выветривания приводят к механическому и химическому разрушению горных пород и тем самым изменяют их состав и качество. При описании зоны развития выветрелых пород необходимо отмечать ее характер, глубину распространения, вещественный состав и физико-механическое состояние.

При документации осадочных толщ предметом особого внимания должны быть карстовые явления — морфология карста, закономерности его распространения, гипсометрическое положение, литологический состав заполнений, стадия развития, возраст и происхождение. Необходимо определять и фиксировать размеры карстовых полостей. Обязательны масштабные зарисовки.

Карст может обнаруживать избирательную приуроченность к зонам тектонических нарушений, интенсивной трещиноватости, резко выраженной слоистости, а также к определенным литологическим слоям. Закарстованные породы часто характеризуются повышенной пористостью и кавернозностью. Для сильно закарстованных месторождений рекомендуется составлять специальные карты, на которые должны быть нанесены все карстопр-

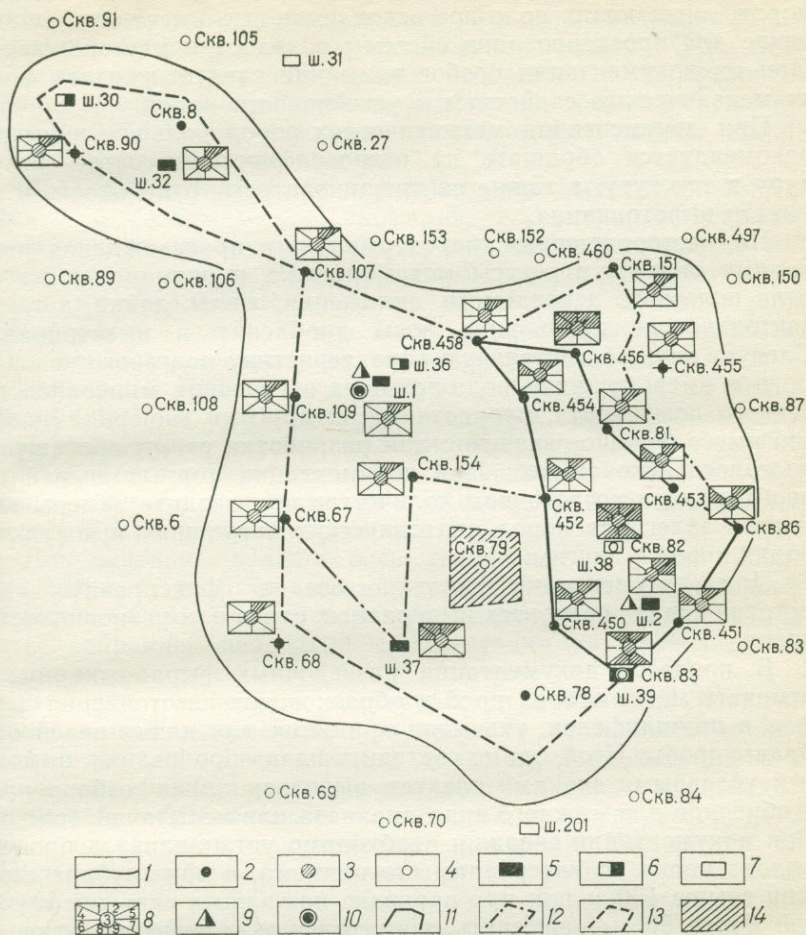


Рис. 4. План опробования залежи № 3 Ново-Александровского месторождения огнеупорных глин (по материалам В. П. Звонкова):

1 — внешний контур залежи; 2 — буровые скважины, вскрывшие кондиционные глины; 3 — буровые скважины, вскрывшие некондиционные глины; 4 — буровые скважины, не вскрывшие глины; 5 — шурфы, вскрывшие кондиционные глины; 6 — шурфы, вскрывшие некондиционные глины; 7 — шурфы, не встретившие огнеупорных глины; 8 — места отбора проб — заштрихованный сектор показывает вид испытания сырья проб (1 — полные химические анализы; 2 — сокращенные химические анализы; 3 — определение огнеупорности; 4 — гранулометрический анализ; 5 — определение пластичности; 6 — керамические испытания по полной программе; 7 — керамические испытания по сокращенной программе; 8 — определение коллоидальности; 9 — определение дисперсности); 9 — места отбора лабораторных технологических проб; 10 — места отбора полузаводских технологических проб; 11 — контур запасов категории В; 12 — контур запасов категории С<sub>1</sub>; 13 — контур запасов категории С<sub>2</sub>; 14 — площадь, исключенная из подсчета запасов

явления и указаны их размеры в плане и по глубине. При документации необходимо также тщательно описывать состав пород, вмещающих полезное ископаемое, что имеет важное значение для проектирования системы разработки месторождения. При их документации особое внимание следует уделять физико-механическим свойствам и устойчивости пород.

При документации магматических пород большое внимание рекомендуется обращать на петрографический состав, структуру и текстуру, а также на трещиноватость, отдельность и характер выветривания.

На месторождениях гидротермального происхождения необходимо описать процессы метаморфизма и влияние их на состав полезного ископаемого, включения, жилы, дайки, а также тектонические нарушения, зоны дробления и выветривания. Следует дать обстоятельную характеристику полезного ископаемого и вмещающих пород: размеры и строение минералов полезного компонента, прорастание их другими минералами. Все это имеет большое значение для разработки схемы обогащения полезного ископаемого. При документации горных выработок необходимо в достаточном количестве производить замеры элементов залегания пород, тектонических нарушений и контактов одних пород с другими.

При документации скважин следует фиксировать углы встречи скважинами всех выделяемых слоев или разновидностей пород.

В процессе документации разведочных выработок нужно отмечать места отбора проб и образцов для изготовления шлифов и пришлифовок, указывая при этом, для каких целей отобраны пробы. Необходимо составить план опробования, на котором условными знаками следует выделить точки отбора проб и образцов для каждого вида анализов или испытаний (рис. 4). При документации скважин необходимо устанавливать процент выхода керна по интервалам его подъема, а при глубине скважин свыше 100 м или при проходке наклонных скважин глубиной более 50 м — замерять азимутальные и зенитные углы их искривления. Эти замеры, как и углы встречи скважинами полезного ископаемого, следует учитывать при определении мощности слагающих разрез пород и при построении геологических разрезов.

При зарисовках геологического разреза, вскрытого разведочными выработками, и естественных обнажений важно правильно определить масштаб зарисовки. Определяется он исходя из мощности слоев и сложности описываемой толщи. Как показывает опыт, масштаб зарисовки толщ, характеризующихся небольшой мощностью слоев, должен быть не мельче 1:20, а при значительной их мощности (3—10 м) — 1:50—1:100. При очень большой мощности слоев (более 10 м) применяется более мелкий масштаб — 1:500—1:1000.

При документации эксплуатируемых месторождений и месторождений, разведываемых подземными горными выработками, должны составляться маркшейдерские планы. Эти планы должны обеспечить возможность составления погоризонтных планов и планов опробования. Обычно их составляют в масштабе 1:200—1:500. Сводные погоризонтные планы должны составляться в масштабе не мельче 1:1000.

Все разведочные и эксплуатационные выработки, геофизические и геохимические аномалии, естественные обнажения должны быть инструментально привязаны и нанесены на топографическую основу. Масштаб топоосновы определяется инструкциями ГКЗ СССР и обычно на крупных месторождениях (фосфоритов, солей, глин), занимающих большие площади, в условиях спокойного рельефа местности изменяется от 1:2000 до 1:5000, а в некоторых случаях до 1:10 000. На месторождениях с сильно расчлененным рельефом масштаб топографической основы должен быть не мельче 1:500—1:1000. Топографические планы допускается составлять в условной системе координат, но с обязательной привязкой к общегосударственной сети триангуляции.

Документация должна осуществляться по унифицированным формам, разработанным и утвержденным Министерством геологии СССР. Это способствует автоматизированной обработке собранной первичной документации на вычислительных машинах.

В целях обеспечения достоверности и качества первичной геологической документации в процессе ее проведения необходимо регулярно производить сличение документации с натурой—не реже одного раза в год. Сличение производится специально образованными комиссиями, в состав которых входит представитель геологического контроля. Результаты сличения должны быть оформлены актом, в котором указываются все сличаемые выработки, общий объем проконтролированного керна и горных выработок, дано заключение о соответствии документации натуре, ее качестве, а также рекомендации по устранению установленных недостатков. Объем необходимого сличения зависит от масштаба месторождения и в зависимости от сложности его строения может колебаться от 10 до 50 %, но во всех случаях должно быть проконтролировано не менее 6—10 выработок каждого типа. Акт сличения документации с натурой не может быть заменен актом приема первичной документации, что иногда имеет место в практике работ, так как назначение этих документов различно.

**Опробование.** При разведке месторождений полезных ископаемых одной из наиболее важных и сложных работ является опробование. К горным породам, используемым в качестве минерального сырья, в зависимости от их вида и области намечаемого использования предъявляются различные требова-

ния. Это обстоятельство обуславливает разнообразие способов взятия проб и методов их испытания. Задачей геолога, разведующего месторождение, является обеспечение такого сочетания способов опробования и методов общего геологического изучения месторождения, которое позволило бы данные опробования с достаточной вероятностью распространить на всю залежь полезного ископаемого.

На каждом месторождении распределение слагающих тело полезного ископаемого компонентов обусловлено рядом сложных геологических и геохимических процессов, которые имели место при его формировании и последующем преобразовании. Вследствие неодинакового проявления этих процессов в различных частях месторождения полезное ископаемое нередко имеет значительные различия в вещественном составе, структуре и текстуре. Колебания в вещественном составе и качестве полезного ископаемого иногда бывают настолько велики, что одни участки или блоки имеют промышленное значение, а другие — не представляют практического интереса. В пределах контура развития промышленного сырья полезное ископаемое может быть представлено различными типами и сортами, переработка которых возможна по определенной технологии, что требует селективной их выемки. Все эти вопросы выявляются на основании результатов опробования в сочетании с геологическим изучением месторождения.

Опробование производится с различными целями и на всех стадиях геологоразведочного процесса. В зависимости от этого меняются и способы отбора проб. Однако во всех случаях каждая индивидуальная проба должна отбираться по определенным правилам и с таким расчетом, чтобы качество полезного ископаемого, попавшего в пробу, соответствовало бы качеству всей той массы его, от которой она отобрана.

Система расположения индивидуальных проб в залежи полезного ископаемого должна обеспечить достоверную характеристику среднего качества сырья в залежи и установить закономерности его изменения в пространстве. Таким образом, под опробованием следует понимать специальные геологические работы, проводимые с целью отбора проб для последующего определения по ним качества полезного ископаемого изучаемого месторождения.

Задачи опробования в разные стадии изучения месторождения различны и вытекают из задач, которые ставятся перед каждой стадией единого геологоразведочного процесса.

Главной задачей стадии предварительной разведки является общая оценка промышленного значения месторождения, его масштабов, установление возможных объемов добычи и основных горнотехнических условий разработки. Эта задача и обуславливает основные задачи опробования на стадии предварительной разведки. Основные из них сводятся к определе-

нию внешнего контура распространения промышленной минерализации, установлению непрерывности или прерывистости определения на площади развития полезного ископаемого, выделению отдельных слоев или пачек полезного ископаемого и некондиционных пород, позволяющих осуществлять их выемку селективно.

На стадии детальной разведки задачей опробования является полное выяснение состава и качества полезного ископаемого, позволяющее определить оптимальную схему его промышленной переработки.

Различие задач, стоящих перед опробованием на каждой стадии разведочного процесса, определяет и различные системы отбора проб, от правильности выбора которой зависит достоверность характеристики качества сырья в целом по залежи или отдельной ее части — блоку.

Важное значение имеет и способ отбора индивидуальных проб, от правильности которого зависит соответствие качества полезного ископаемого в пробе качеству полезного ископаемого в той точке месторождения, в которой она отобрана.

Методика опробования определяется особенностями геологического строения разведываемого месторождения, из которых наиболее важными являются следующие:

1. Степень изменчивости состава и качества полезного ископаемого.

2. Характер контакта полезного ископаемого с вмещающими его породами (резкий или постепенные переходы).

3. Внутреннее строение тела полезного ископаемого (однородное, чередование слоев различного состава и качества).

4. Возможность визуального распознавания слагающих тело полезного ископаемого пород и сырья разного состава и качества.

Промышленная ценность нерудного минерального сырья определяется его минеральным и химическим составом, а также физикомеханическими, техническими и технологическими свойствами. Обычно сохранить при отборе пробы все свойства сырья невозможно, что обуславливает необходимость отбора ряда проб, в каждой из которых должны быть сохранены именно те свойства, которые по данной пробе будут определяться.

В зависимости от характера исследования отбираемых проб применяемое при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых опробование разделяется на минералогическое, химическое, техническое и технологическое.

Минералогическое опробование производится с целью установления минерального и петрографического состава полезного ископаемого. Оно является основным видом опробования при разведке месторождений пьезооптического сырья, слюды, асбеста, драгоценных и поделочных камней и других

полезных ископаемых, в которых ценность представляют сами минералы, а не химические элементы, из которых они состоят. В некоторых случаях минералогическое опробование предшествует химическому или техническому, так как в зависимости от минерального состава полезного ископаемого к его химическому составу промышленностью предъявляются различные требования (например, кварцевые и полевошпатовые пески как формовочный материал, обычные формовочные и бентонитовые глины и т. д.). Минералогическое опробование необходимо также для установления баланса распределения полезных компонентов по минералам, для разработки оптимальной технологической схемы обогащения или переработки сырья, так как минеральный состав последнего во многом определяет технологические свойства сырья и возможность извлечения полезного компонента в товарный продукт.

Химическое опробование производится с целью определения химического состава полезного ископаемого, содержания в нем полезных компонентов и вредных примесей. Оно является основным видом опробования на месторождениях, на которых качество полезного ископаемого определяется его химическим составом (цементное, стекольное сырье и др.) или содержанием полезных компонентов и вредных примесей (сера, борное сырье, калийные и поваренная соль, фосфориты и др.).

Химическое опробование предопределяет не способ анализа проб, а лишь его цель—определение химического состава изучаемых пород. В настоящее время для этого успешно используются физические, термические и другие методы анализов. Так, для определения содержания плавикового шпата,  $P_2O_5$  в апатитовых и фосфоритовых рудах успешно используются радиометрические методы, разработана методика физического определения содержания  $BaSO_4$  в баритовых рудах, для тальковых руд апокарбонатного типа хорошие результаты дает дифференциально-термический анализ. Использование этого метода при разведке Алгуйского месторождения, например, повысило эффективность работ и обеспечило высокое качество анализов. Приведенное свидетельствует о том, что для анализа химических проб следует в зависимости от состава полезного ископаемого вместо дорогостоящих и малопроизводительных химических анализов шире применять физические и другие эффективные методы.

Техническое опробование осуществляется с целью выяснения технических свойств полезного ископаемого. Оно применяется при разведке месторождений полезных ископаемых, качество которого определяется его физико-механическими, термическими, диэлектрическими и другими техническими свойствами. Техническое опробование является основным видом опробования при разведке месторождений камен-

ных строительных и облицовочных материалов, широко используется при разведке керамических и огнеупорных глин, формовочных материалов, песчано-гравийных пород. Техническое опробование необходимо также для оценки технических свойств слюды, асбеста, пьезооптического сырья, ювелирных и технических камней.

Технологическое опробование производится с целью изучения способов обогащения и переработки полезных ископаемых, а также установления наиболее рациональных схем и режимов технологических процессов.

Различное назначение проб в значительной мере определяет их вид, массу и способ отбора. Однако не меньшее значение имеют и сами особенности полезного ископаемого: его структура и текстура, крупность зерен слагающих минералов, степень равномерности распределения полезных и вредных компонентов, выдержанность физико-механических свойств. По способу отбора проб в горных выработках и естественных обнажениях различают штупное, бороздовое, задирковое и валовое опробование.

Штупное опробование заключается в отборе в разведочной выработке или естественном обнажении по определенной системе кусков (штупов) типичных разновидностей полезного ископаемого или вмещающих его пород. Штупное опробование широко используется для определения физико-механических и технических свойств горных пород.

Бороздовое опробование является наиболее распространенным способом опробования горных выработок. Заключается оно в вырубке в теле полезного ископаемого и вмещающих его пород борозды прямоугольного сечения, проводимой на всю мощность залежи или по отдельной ее части. На всю мощность залежи бороздовая проба отбирается при однородном ее строении и небольшой мощности (до 2—3 м). При большой мощности или сложном строении залежи отбираются секционные пробы, обычно равными интервалами, если строение залежи равномерное, или по отдельным слоям, если строение залежи неоднородное.

Бороздовые пробы отбираются главным образом для определения химического состава пород. Размер борозды зависит от характера распределения полезных и вредных компонентов и для месторождений неметаллических полезных ископаемых обычно составляет  $10 \times 5$ — $10 \times 3$  см. При отборе бороздовых проб направление борозды должно совпадать с направлением наибольшей изменчивости полезного ископаемого в залежи, которое обычно совпадает с линией ее истинной мощности (рис. 5).

В практике разведочных работ при опробовании выработок, пересекающих тело полезного ископаемого по его мощности (орты, квершлагги, рассечки), пробы нередко располагаются

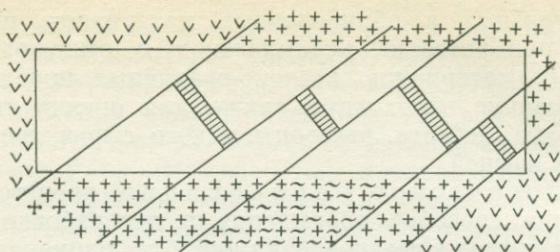


Рис. 5. Схема расположения борозд при опробовании горизонтальных горных выработок, пройденных вкрест простирания полезной толщи при моноклином ее залегании

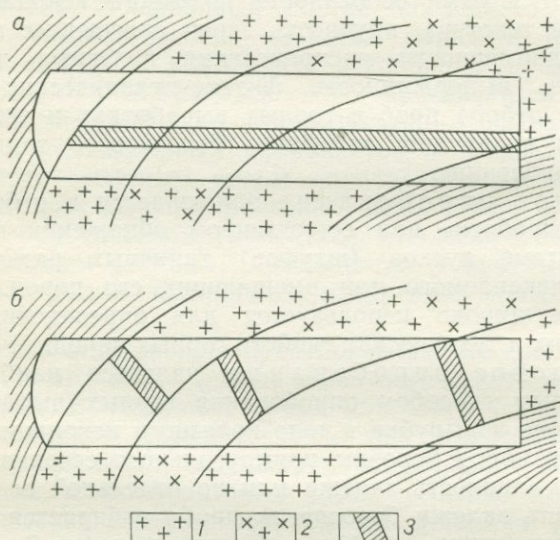


Рис. 6. Схема расположения борозд при опробовании горизонтальных выработок, пройденных вкрест простирания полезной толщи при изменяющихся углах падения: а — неправильно; б — правильно.

1 — полезное ископаемое (бедные руды); 2 — полезное ископаемое (богатые руды); 3 — вмещающие породы

в виде горизонтальной борозды, проходящей по стенке выработки от почвы до кровли полезного ископаемого. В случае изменения угла падения отдельных слоев залежи такое расположение борозды может повлечь за собой серьезные ошибки в оценке качества сырья вследствие непропорционального попадания в пробу материала из разных слоев (рис. 6). Кроме того, пробы могут иметь большую массу, что повысит стоимость их отбора и обработки.

Бороздовые пробы должны характеризовать залежь на всю ее мощность без каких-либо перерывов в опробовании. Приме-

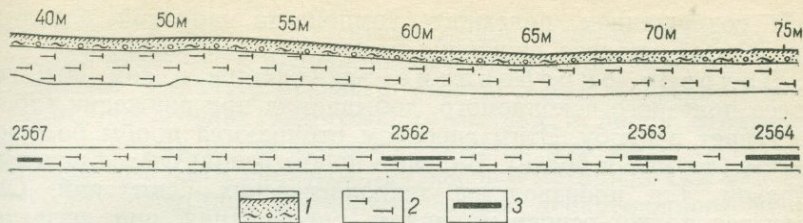


Рис. 7. Пунктирно-выборочное опробование. Месторождение талькового камня Зинель-Булак:

1 — почвенно-растительный слой; 2 — тальковые породы; 3 — проба и ее номер

нение так называемого пунктирного опробования (рис. 7) нельзя признать правомерным. Даже при однородном качестве полезного ископаемого необходимо отбирать пробы сплошной бороздой, без перерывов. С целью уменьшения трудоемкости отбора проб более целесообразно отбирать пробы меньшего сечения, чем опробовать полезное ископаемое пунктирной бороздой.

В практике иногда применяется опробование горных выработок по двум стенкам. Однако, как показывает опыт, в большинстве случаев при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых это не требуется, так как результаты опробования по одной и двум стенкам практически одни и те же. В некоторых случаях серьезное значение имеют сроки отбора проб. Экспериментальные работы, проведенные на Хибинских месторождениях апатита, показали, что бороздовые пробы, отбираемые в стенках выработок, сразу же после их проходки дают менее точные результаты, чем пробы, отобранные через значительное время после их проходки, когда стенки выработок приобретают устойчивое положение. Объясняется это избирательным выкрашиванием апатита, особенно если проходка горных выработок осуществляется взрывным способом. Это обстоятельство необходимо иметь в виду при опробовании полезных ископаемых, склонных к избирательному выкрашиванию (апатита, самородной серы, флюорита и т. д.). Не исключена и обратная картина, когда при большом перерыве между окончанием проходки выработки и ее опробованием, вследствие выветривания и вымывания полезного минерала из стенок выработок результаты опробования будут менее точные, чем сразу после проходки горных выработок.

Задирковое опробование заключается в отбойке равного слоя полезного ископаемого на всю обнаженную мощность залежи. Глубина задирки принимается равной 3—5 см, редко 10 см. При разведке месторождений неметаллических полезных ископаемых задирковое опробование применяется редко, главным образом при опробовании маломощных жил. Значительно чаще применяется опробование руд с неравномер-

ным содержанием полезного компонента широкой бороздой (до 50 см), которое ошибочно называют задиrkовым.

Валовое опробование заключается в том, что вся масса полезного ископаемого, добываемая при движении забоя, поступает в пробу. Этим способом отбираются пробы большой массы (до 10 т и более). Валовые пробы используются главным образом для производства технологических испытаний. Оно является также основным видом опробования при разведке месторождений слюды, пьезооптического и камнесамоцветного сырья, технического агата, песчаногравийных отложений и других полезных ископаемых, характеризующихся крупным размером составляющих их минералов, обломки пород или крайне неравномерным содержанием полезного компонента.

Нередко с целью сокращения объема валовой пробы применяются различные разновидности валового опробования: способ кратной бады при отборе проб в шурфах, способ кратной вагонетки при опробовании горизонтальных горных выработок и т. д. При этих способах по существу совмещается процесс отбора проб с их сокращением. Поскольку перемешивание материала при добыче происходит недостаточно полно, то при отборе валовых проб кратными порциями могут быть допущены существенные погрешности. Обуславливаются они главным образом наличием маломощных прослоев пустых и некондиционных пород или, наоборот, прослоев, линз, гнезд, в значительной мере обогащенных полезным компонентом и не попадающих в кратную бадью или вагонетку. Вследствие этого при выборе способа отбора проб кратными порциями необходимо произвести опытные работы, доказывающие возможность их применения. Экспериментальные работы заключаются в сопоставлении результатов анализа проб, в которые поступал весь материал, полученный при проходке, с результатами анализа проб, отобранных кратными порциями. Валовое опробование кратными порциями целесообразно применять в случаях большой выдержанности состава и качества полезного ископаемого.

В отдельных руководствах по опробованию [1], [50] и др. приводится описание точечного, горстьегового и шпурового методов опробования. Эти методы не обеспечивают необходимой представительности проб, вследствие чего на стадиях предварительной и детальной разведки применяться не должны. Они могут в определенных случаях использоваться на стадии эксплуатационной разведки и для опробования спецотвалов и товарной продукции.

Опробование скважин колонкового бурения производится по керну. При опробовании керна обязательны предварительная его документация и установление поинтервального выхода. В зависимости от мощности и строения тела полезного ископаемого от керна отбирается одна или несколько проб по тому же принципу, что и при бороздовом опробовании. Нельзя

объединять в одну пробу куски керна разного диаметра, так как это приведет к непропорциональному попаданию в пробу материала, характеризующего разные части разреза залежи.

Для определения химического состава в пробу отбирается половина керна путем его раскалывания или распиливания по длинной оси. Для производства физико-механических или технических испытаний отбирают штуфы ненарушенного керна. Если одновременно требуется отбор пробы для определения химического состава полезного ископаемого и его физико-механических или технических свойств, то по стенке штуфа керна проба отбирается небольшой бороздкой.

При разведке месторождений калийных и каменных солей, боросодержащих руд пробы от керна скважин отбираются, как правило, путем высверливания отверстия по длинной оси керна. Диаметр сверла и количество отверстий во всех кусках керна, составляющих одну пробу, должны быть одинаковыми. Отбор проб солей путем обычного раскалывания керна обычно не применяется, так как при неоднородном составе солей происходит их избирательное выщелачивание из стенок керна.

Достоверность кернового опробования в значительной степени зависит от выхода керна. Экспериментальными работами, проведенными на хибинских месторождениях апатита, например, было доказано, что при выходе керна не менее 75 % керновое опробование дает полную сходимость с опробованием шлама. Это свидетельствует о том, что при указанном выходе керна избирательного истирания его не происходит. При выходе керна ниже 75 % керновое опробование дает, по сравнению со шламом, заниженные результаты, что объясняется избирательным истиранием при бурении апатита. Расхождения в среднем составили отн. 19,1 %.

Приведенное обуславливает необходимость при опробовании скважин с низким выходом керна устанавливать наличие или отсутствие избирательного истирания, и при его наличии наряду с керном опробовать и шлам. В практике иногда встречаются случаи опробования скважин только по шламу, что неправомерно, так как в шламе вследствие того же избирательного истирания могут накапливаться в большем количестве или полезные компоненты, или минералы, не содержащие полезных компонентов. Согласно проведенному на хибинских месторождениях эксперименту, содержание  $P_2O_5$  в шламе в среднем на 10 % превышало его содержание в руде.

Контроль опробования. В практике геологоразведочных работ на нерудные полезные ископаемые контроль опробования, к сожалению, осуществляется редко и недостаточно полно. Основным методом, которым руководствуются разведчики при выборе способа отбора проб, является метод аналогии, причем сама аналогия, как правило, не доказывается. Между тем при отборе проб могут возникать системати-

ческие ошибки, вызванные несоответствием способа опробования строению залежей полезного ископаемого, текстурам горных пород и их физическим свойствам. Особенно часто систематические погрешности наблюдаются при опробовании полезных ископаемых, в которых полезный компонент и вмещающая его горная порода обладают различной твердостью и хрупкостью, что обуславливает избирательное попадание в пробу менее твердых пород и минералов. Поэтому, выбирая способ опробования, следует проверять его представительность другим способом. Обычно проверку бороздового опробования производят путем взятия борозд разного сечения и глубины или задириковым способом, реже валовым.

Контроль кернового опробования осуществляется путем сопоставления его результатов с результатами опробования сопряженных горных выработок. Число сопряженных выработок зависит от сложности геологического строения месторождения и степени изменчивости содержания полезных и вредных компонентов или физических и технических свойств полезного ископаемого. Обычно для однородных, выдержанных по качеству полезных ископаемых достаточно 4—6 сопряженных выработок, для неоднородных и невыдержанных число их может достигать 16—25.

На разрабатываемых месторождениях контроль опробования обычно осуществляется путем сопоставления результатов опробования разведочных выработок с данными эксплуатации или эксплуатационной разведки, что принципиально является правильным. Однако достоверность опробования, производимого при эксплуатационной разведке и в процессе эксплуатации месторождения, также требует проверки. Для доказательства достоверности эксплуатационного опробования следует сопоставить его данные с данными обогатительной фабрики или перерабатывающего сырья предприятия. При этом следует иметь в виду, что на обогащение или переработку может поступать сырье из разных блоков и даже участков месторождения и что обогатительная фабрика или перерабатывающее предприятие могут работать с отклонением от установленного режима. Вследствие этого для сравнения следует принимать лишь данные фабрики или предприятия, полученные при переработке сырья, добытого из эксплуатационных блоков, принятых для сопоставления, при условии что указанная фабрика или предприятие во время обогащения или переработки сырья работали в правильном режиме.

Обработка проб. Отобранные в горных выработках и буровых скважинах пробы обычно до передачи их на анализы и испытания подвергаются обработке. Начальная масса проб, отбираемых для определения химического состава горных пород, колеблется в широких пределах, но, как правило, измеряется килограммами или даже десятками килограммов. Для

анализов требуется навеска, масса которой измеряется граммами. Наибольший размер частиц в пробе начальной массы нередко достигает 50—100 мм и более. Размер частиц пробы, подвергающейся анализу, не должен превышать 0,2 мм, а чаще всего составляет менее 0,1 мм. Эти обстоятельства и обуславливают необходимость обработки проб. Техника обработки проб, предназначенных для определения химического состава, состоит из четырех операций: 1) дробления и измельчения; 2) грохочения или просеивания; 3) перемешивания и 4) сокращения.

В зависимости от крупности материала пробы различают процессы дробления (до 10 мм) и измельчения (от 10 до 1 мм). Дробление и измельчение производят или ручным, или механизированным способом. Ручное дробление и измельчение применяются в полевых условиях на стадии поисков при небольшом объеме опробовательских работ. В процессе разведки месторождения дробление и измельчение осуществляются механизированным способом. Очень важно правильно выбрать оборудование для дробления и измельчения. При этом необходимо учитывать перечень компонентов, на которые будут исследоваться обрабатываемые пробы. Нельзя применять, например, железные ступы и песты при подготовке к анализу проб стекольных песков, оценка качества которых в значительной степени определяется содержанием в них железа, так как при дроблении и истирании песков в железных ступах будет происходить обогащение железом за счет самих ступ. При подготовке проб для анализа на кремнезем нельзя применять яшмовые ступы и песты, и т. д.

Грохочение или просеивание представляет собой процесс разделения измельченной пробы на классы по крупности частиц. Разделение материала по крупности частиц производят на ручных или механических грохотах.

С целью обеспечения равномерности состава измельченной до требуемого размера породы производят ее перемешивание, которое осуществляется путем простого перелопачивания или по способу кольца и конуса. В практике перемешивание иногда производят на клеенке, брезенте или другом гибком материале путем многократного перекатывания из одного угла в другой предварительно насыпанного на нее материала пробы. Такой метод применять не рекомендуется, так как вследствие неоднородности материала по размеру зерен и их плотности полностью однородный материал не всегда удается получить.

Наиболее ответственной операцией обработки проб является сокращение. Производя сокращение, необходимо убедиться в том, что разделенный на две части материал полностью однороден по своему составу. Широко распространен способ сокращения проб квартованием, однако более точные результаты дает сокращение проб желобковым делителем.

Перечисленные операции обработки проб не являются изолированными друг от друга и в процессе обработки пробы повторяются неоднократно. Для того чтобы обработка проб осуществлялась правильно, необходимо заранее составить ее схему. Схема обработки проб зависит от начальной и конечной массы проб, размера начальных и требуемых конечных частиц пробы, а также степени неравномерности распределения полезных и вредных компонентов. Работами многих исследователей (Везен, Брунтон, Ричардс, Демонд и Хальфердаль, Чечотт и др.) доказана связь массы проб с крупностью зерен опробуемого полезного ископаемого. Эта связь Г. О. Чечоттом была выражена в виде формулы

$$Q = kd^2,$$

где  $Q$  — масса пробы, кг;  $K$  — коэффициент определяющийся степенью равномерности распределения полезных или вредных компонентов;  $d$  — наибольший диаметр частиц материала пробы, мм.

Коэффициент  $K$  отражает влияние изменчивости содержания компонентов на массу пробы: чем больше эта изменчивость, тем больше коэффициент. Находиться он должен экспериментальным путем, но, как правило, такие эксперименты проводятся редко и обычно коэффициент  $K$  принимается по аналогии. Для нерудных полезных ископаемых коэффициент  $K$  обычно принимается 0,05—0,2, изредка 0,3—0,5. Принятие коэффициента  $K$  по аналогии, причем часто не доказанной, может привести к серьезным ошибкам. Механизированное дробление и истирание пород резко снижает трудоемкость этих операций, что позволяет рекомендовать дробление и истирание бороздовых и керновых проб, характеризующихся относительно небольшой массой, производить до требуемого конечного размера частиц. Это исключит необходимость проведения экспериментальных работ по определению значения коэффициента  $K$  и позволит избежать ошибок, допускаемых при обработке проб при коэффициенте  $K$ , принятом по аналогии.

Обработку крупнообъемных проб, отобранных валовым, задириковым способом, широкой бороздой или из керна скважин большого диаметра, следует производить по схеме, с обязательным доказательством экспериментальными работами принятого значения коэффициента  $K$ .

Схема обработки проб выражается графически. На ней условными знаками показываются все операции, которым подвергается проба, а также указываются массы пробы после каждого сокращения (в кг), диаметры отверстий сит и размеры частиц после каждого измельчения (в мм). Графическая схема обработки проб имеет вид, приведенный на рис. 8. В некоторых случаях, кроме отбора пробы для определения химического состава породы, требуется отобрать пробы и на другие

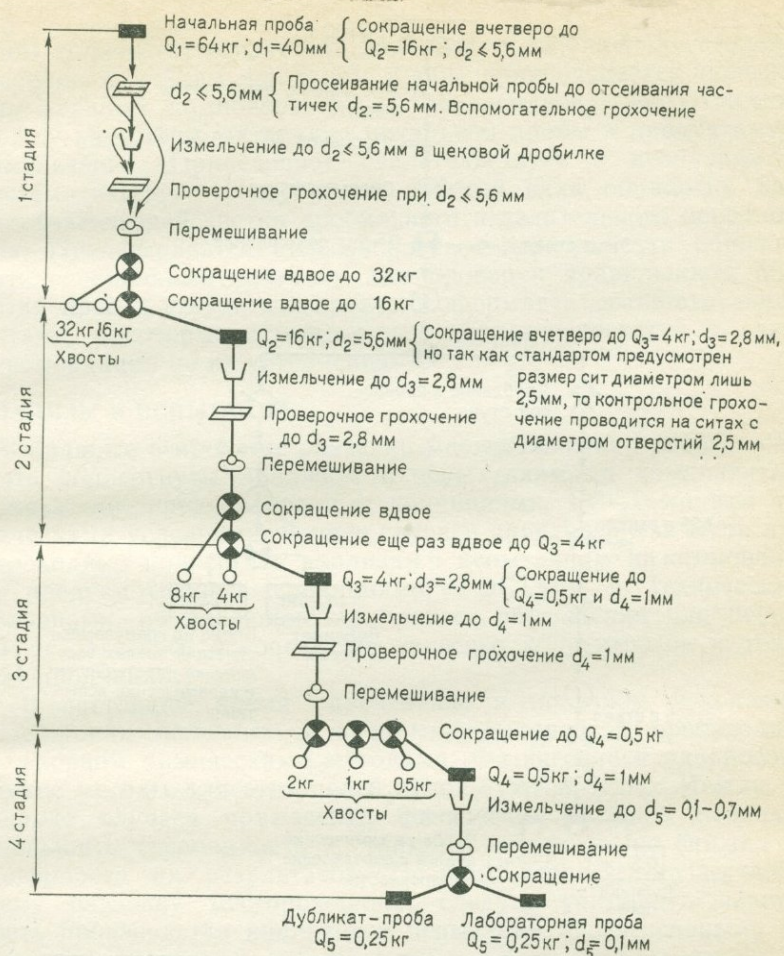


Рис. 8. Схема обработки химических проб (по М. Н. Альбову)

виды испытаний. В этом случае схема обработки проб изменяется таким образом, чтобы обеспечить получение проб требуемой массы для всех видов испытаний и анализов (рис. 9).

Сокращение объема пробы, предназначенной для производства гранулометрических анализов, может производиться по приведенной схеме, но при этом дробление материала пробы не производится, так как требуется установить выход фракций в естественном виде.

Обработка проб для проведения физико-механических испытаний обычно ведется в самой лаборатории, которая производит испытания. Она заключается в придании пробе таких формы и вида, которые требуются для испытаний. При под-

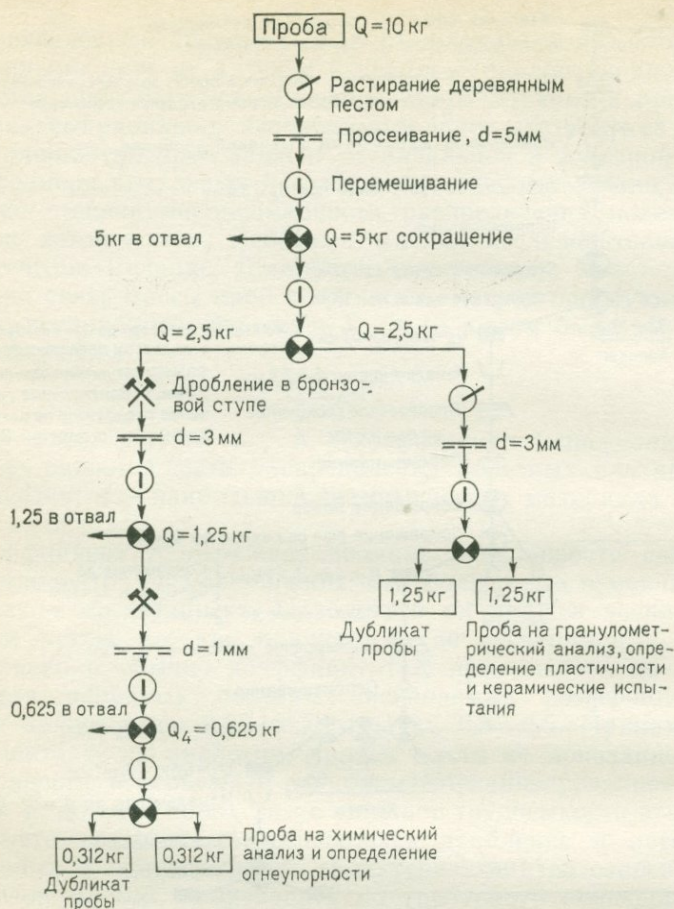


Рис. 9. Схема обработки проб огнеупорных и тугоплавких глин  $Q=Kd^2$  при  $K=0,1$  (по В. П. Звонкову и Л. Я. Выборновой)

готовке пробы, например, для определения сопротивления породы сжатию из нее выпиливаются кубики или цилиндры требуемых размеров. При этом очень важно, чтобы противоположные плоскости их, подвергающиеся давлению пресса, были строго параллельные и идеально плоские.

В практике геологоразведочных работ контроль за правильностью обработки проб к сожалению осуществляется редко. Между тем имеются случаи, когда обработка проб фактически производится не в соответствии со схемами, при составлении схемы не всегда правильно определяется масса пробы после сокращения, и т. д. При дроблении и измельчении материала пробы в дробилках образуется мелочь, которая в том или

инном количестве оседает на аппаратуре дробильной установки. Нередко к мелким фракциям пробы приурочивается полезный или вредный компонент, что и обуславливает несоответствие между качеством материала начальной пробы и продуктами ее измельчения. Приведенное свидетельствует о необходимости систематического контроля за работой цеха обработки проб, систематической чистки дробильного и делительного оборудования. Представляется целесообразным периодически образовывать специальные комиссии для проверки правильности обработки проб и результаты проверки оформлять соответствующими актами, в которых отмечать выявленные недостатки и давать рекомендации по их устранению.

### **АНАЛИЗЫ И ИСПЫТАНИЯ**

Отобранные в процессе разведки месторождения пробы должны быть подвергнуты анализам и испытаниям на компоненты и показатели, предусмотренные кондициями, ГОСТами или техническими условиями. В ряде случаев определенную часть проб необходимо подвергать анализам и испытаниям на компоненты, не предусмотренные кондициями, ГОСТами и техническими условиями, но влияющие на процесс обогащения или переработки полезного ископаемого, качество концентратов и товарной продукции.

В настоящее время определение в полезном ископаемом содержания полезных и вредных компонентов производится в основном химическими методами. Физические и ядернофизические методы для этих целей используются редко. Между тем в ряде случаев применение физических методов позволяет уменьшить трудоемкость и стоимость анализов, не снижая достоверности их результатов. Поэтому геологу, осуществляющему разведку месторождения, следует учитывать возможность производства анализов и испытаний прогрессивными физическими методами.

Химические анализы производятся специальными химическими лабораториями, организованными при геологических организациях и научно-исследовательских институтах. Методы анализов определяются видом полезного ископаемого, областью намечаемого его использования, величиной содержания компонентов и их сочетанием. Во многих случаях методы химических анализов регламентируются соответствующими ГОСТами или техническими условиями. Лаборатории, производящие химические анализы, не правомочны отступать от них или применять другую методику. В тех случаях, когда методы анализов ГОСТами или техническими условиями не регламентируются, они должны быть утверждены Советом по аналитическим работам Министерства геологии СССР. Утвержденные указанным Советом методы анализа не могут заменять методы, регламентированные ГОСТами или техническими условиями.

Применяемый метод лабораторного анализа должен соответствовать вещественному составу анализируемой пробы и содержанию определяемого компонента. Несоблюдение этого условия может привести к серьезным систематическим ошибкам. Особенно критически нужно относиться к выбору метода анализа при разведке месторождений новых видов минерального сырья, для которого апробированные методы отсутствуют. В этих случаях обязателен предварительный, до начала массового использования метода, контроль другим методом.

При производстве химических анализов полезного ископаемого лабораториями могут допускаться ошибки в определении содержания полезных и вредных компонентов. Ошибки могут иметь как случайный, так и закономерный (систематический) характер. С целью определения погрешностей анализов производят внутренний и внешний их контроль.

Внутренний контроль результатов химических анализов осуществляется в лаборатории, в которой производились основные анализы проб. Этот контроль осуществляется путем анализа некоторого количества зашифрованных дубликатов проб. Внутренний контроль нельзя подменить внутрिलाбораторным контролем, при котором лабораторные результаты первого анализа известны. Основной задачей внутреннего контроля является своевременное выявление и устранение причин, приводящих к недопустимым случайным ошибкам в результатах анализа проб. Вследствие этого на результаты внутреннего контроля не должны влиять ошибки отбора и обработки проб, а также их подготовки к анализу. С целью устранения этих влияний внутренний контроль следует производить на дубликатах лабораторных проб, подготовленных к анализу одним способом и одновременно с основными пробами.

Внешний контроль химических анализов преследует цель выявления и устранения систематических ошибок в работе лаборатории. Такой контроль должен осуществляться в лабораториях, имеющих достаточный опыт и отработанную методику выполнения анализов на данный вид минерального сырья. Перечень таких лабораторий утверждается министерством, ведущим геологоразведочные работы. Производить контрольные анализы во многих лабораториях нежелательно, так как это усложняет обработку и оценку результатов контроля. Отбор проб для внешних контрольных анализов следует производить из остатков порошков проб в основной лаборатории. На внешний контроль целесообразно направлять пробы, предварительно подвергнутые внутреннему контролю и показавшие хорошую сходимость. Это необходимо для того, чтобы случайные ошибки не затушевывали систематических. Поскольку случайные ошибки могут быть и в работе контролирующей лаборатории (при установлении резких расхождений в анализах отдельных проб), последние должны быть подвергнуты

повторному анализу в той же контролирующей лаборатории. Контрольные анализы должны быть приняты при обработке контроля анализов независимо от их результатов. Механическое исключение из сопоставления анализов, показавших большие расхождения, не должно иметь места.

Обработку результатов как внутреннего, так и внешнего контроля следует производить в соответствии с методическими указаниями «Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденными Министерством геологии СССР по согласованию с ГКЗ СССР, действующими в период производства контрольных анализов.

При оценке результатов внутреннего контроля обычно возникает вопрос о допустимых погрешностях в определении содержания отдельных компонентов. Во многих случаях такие допуски пока еще не разработаны. Для нерудных полезных ископаемых величина допуска зависит не только от содержания полезного компонента в них, но и от требований промышленности к его содержанию. Поэтому следует выбирать такой метод анализа, который бы обеспечил ту точность анализа, которая требуется заданной областью использования сырья. Для ряда неметаллических полезных ископаемых (известняки, глины, пески и т. д.) абсолютная величина погрешности большого значения не имеет, так как качество сырья и возможность его использования в заданном направлении определяются предельно допустимым содержанием того или иного компонента, и не очень важно, насколько действительное содержание отклоняется от предельного. Поэтому наиболее жесткие допуски следует применять в тех случаях, когда содержание контролируемого компонента близко к пределу его содержания или переходит через него; наименьшие — когда оно значительно выше или ниже этого предела.

Всякая систематическая ошибка недопустима и требует выявления и ликвидации порождающих ее причин. Однако величина этой ошибки может быть большой, заметно влияющей на достоверность качественной характеристики сырья, и очень маленькой, практически не влияющей на оценку качества полезного ископаемого. В последнем случае этой ошибкой можно пренебречь. При установлении значительной систематической ошибки (больше 3—5 % отн.) содержание определяемого компонента должно быть скорректировано путем введения поправочного коэффициента. Однако для этого необходимо убедиться в том, что выявленная систематическая ошибка относится к работе основной, а не контролирующей лаборатории. Для этого производятся арбитражные анализы в третьей, наиболее квалифицированной лаборатории, на которую соответствующим министерством возложено их проведение. Введение поправочного коэффициента возможно только после подтверждения этой лабораторией наличия и величины систематической

ошибки в работе основной лаборатории. Следует при этом иметь в виду, что введение поправочного коэффициента устраняет ошибку в определении среднего содержания компонента, но не устраняет ошибок в определении содержания компонента в каждой пробе, что может привести к ошибкам в оконтуривании полезного ископаемого.

Введение поправочного коэффициента на каждую пробу рекомендовано быть не может, так как систематическая ошибка и ее величина установлены для всей совокупности выборки, а не для каждой пробы. В отдельных пробах отклонения в анализах могут иметь противоположную направленность, а величина их практически во всех частных пробах отличается от средней. Поэтому введение поправочного коэффициента на каждую пробу не только не устранит ошибку, но еще более ее усугубит.

Как внутренний, так и внешний контроль должен производиться систематически (не реже одного раза в квартал). Им должны быть проверены результаты анализов проб всех выделенных на месторождениях типов и разновидностей минерального сырья. При определении достоверности контрольных анализов следует учитывать представительность выборки по каждому классу содержаний и по каждому периоду разведки. К сожалению, вопросу представительности выборки, по которой производятся контрольные анализы, при разведке месторождений должного внимания не уделяется, несмотря на то что непредставительная выборка может привести к неправильной оценке результатов контроля. Так, при разведке одного месторождения плавикового шпата внешний контроль показал наличие систематических расхождений в отдельных классах проб по содержанию  $\text{CaF}_2$ , причем в классах —10 и 10—20 %  $\text{CaF}_2$  контрольные анализы показали более высокие содержания (+21,4 и +14,8 % отн.), а в классах 20—30, 30—50 и свыше 50 %  $\text{CaF}_2$  — более низкие (—4,2; —5,6; —7,8 % отн.). Суммарная ошибка во всех пробах в контрольных анализах составила +0,12 % отн., что позволило авторам отчета прийти к выводу о практическом отсутствии систематической ошибки.

Произведенные арбитражные анализы подтвердили наличие и величину расхождений, установленных контрольными анализами (для указанных классов соответственно: +21,3; +15,1; —4,3; —5,5; —8,1 % отн.), однако суммарная ошибка для всех классов составила +10,6 % отн., что свидетельствует о наличии крупной систематической ошибки и требует введения в основные анализы понижающего поправочного коэффициента.

Противоречивость полученных по данным контрольных и арбитражных анализов результатов кажущаяся и объясняется не работой химических лабораторий, выполнявших анализы (обе лаборатории, и контрольная, и арбитражная, работали хорошо, о чем свидетельствует высокая степень сходимости

результатов анализов проб отдельных классов), а представительностью выборки. Выборки характеризовались различным соотношением проб с высоким и низким содержанием фтористого кальция.

При производстве контрольных анализов непропорционально большое число проб с низким содержанием компенсировало ошибку определения  $\text{CaF}_2$  в пробах с высоким его содержанием. При производстве арбитражных анализов соотношение проб разных классов по содержанию  $\text{CaF}_2$  соответствовало этому соотношению для всех рядовых проб, участвующих в подсчете запасов. Косвенно о непредставительности выборки, по которой производились контрольные анализы, свидетельствовало резкое различие в среднем содержании  $\text{CaF}_2$  в пробах, подвергнутых контрольному анализу (18,2 %), и в среднем его содержании в целом по месторождению (32,3 %). Среднее содержание  $\text{CaF}_2$  в пробах, подвергнутых арбитражному анализу (34,1 %), близко к среднему содержанию его в рудах месторождения.

Приведенный пример свидетельствует о том, что при определении результирующей ошибки в выборке, по которой производились контрольные анализы, необходимо учитывать соотношение рядовых проб различных классов содержания компонента и суммарную ошибку определять путем взвешивания средней ошибки, установленной для каждого класса на частоту не контролируемых, а всех рядовых проб, участвующих в подсчете запасов. При такой обработке средняя ошибка в приведенном примере составила бы 10,4 %, т. е. практически была бы получена та же ошибка, которая впоследствии была установлена арбитражными анализами.

При определении объема контрольных анализов следует исходить из общего числа проб, отобранных при разведке месторождения, длительности проведения разведочных работ и числа выделяемых классов проб по содержанию анализируемых компонентов. При большом количестве анализируемых проб (2 тыс. и более в год) на контрольные анализы следует направлять 3—5 % от общего их количества, а при небольшом — 5 %, но во всех случаях не менее 25—30 проб каждой разновидности полезного ископаемого и каждого класса.

Для полезных ископаемых, ценность которых представляет не химический элемент, а сам минерал (слюда, асбест, пьезооптическое и камнесамоцветное сырье и др.), для определения содержания минерала применяются специальные приемы. На месторождениях мусковита, например, из валовой пробы вручную выбираются все кристаллы слюды размером не менее 4 см<sup>2</sup> (забойный сырец). Для определения содержания мелкой слюды применяются винтовые сепараторы или щелевые грохоты, с помощью которых после соответствующего измельчения материала пробы отделяют кристаллы слюды от пустой по-

роды. Естественно, что такая технология не позволяет определить действительное содержание мусковита в пробе, так как ни ручное извлечение кристаллов слюды, ни механизированное с помощью сепараторов и грохотов не обеспечивают полное извлечение мусковита из породы пробы. Вследствие этого практически описанными способами определяется не содержание мусковита в пробе, а его выход при принятой технологии извлечения. Изменение этой технологии может привести к изменению оценки содержания мусковита во вмещающей его породе.

Кроме того, полученная слюда (забойный сырец) не является еще полезным продуктом и не характеризует его качество. Поэтому отобранный из валовых проб забойный сырец подвергается дальнейшей обработке и анализу с целью установления выхода промышленного сырца, определению его группового состава по размеру и выходу из него подборов, качество которых оценивается в соответствии с действующим ГОСТом. Определение содержания промышленного сырца и выхода из него подборов целесообразно производить по схеме В. А. Серняева как обеспечивающей наиболее полную и правильную оценку выхода промышленного сырца и его качества (рис. 10).

Большие сложности в настоящее время возникают при оценке содержания и качества мусковита по керну буровых скважин. Разработанная методика О. П. Луниной не дает однозначных результатов, и работы в этом направлении следует продолжать. Тем не менее при разведке месторождений мусковита необходимо определять содержание его и качество по керну скважин, выбирая одну из указанных методик в зависимости от характера ослюденения, так как использование при подсчете запасов и промышленной оценке месторождения данных кернового опробования повышает их достоверность, особенно при разведке слепых, глубокозалегающих жил, вскрытие которых горными выработками экономически нецелесообразно.

Не менее сложна и методика определения содержания (выхода) волокна асбеста и его качества. Длительное время на месторождениях хризотил-асбеста в отобранных пробах определялось содержание так называемых геологических сортов асбеста, на которые не распространялся государственный стандарт и для которых не были утверждены оптовые цены.

Вследствие различной методики обработки проб для определения содержания хризотил-асбеста при разведке и при эксплуатации содержание геологических сортов не соответствовало выходу товарных сортов. Существенно различалось и качество волокна по степени его распушки, фракционному составу и пыленности. Все это создавало значительные неудобства при промышленной оценке месторождения и его эксплуатации. В настоящее время предусматривается при разведке месторождений хризотил-асбеста определять общий выход волокна мок-

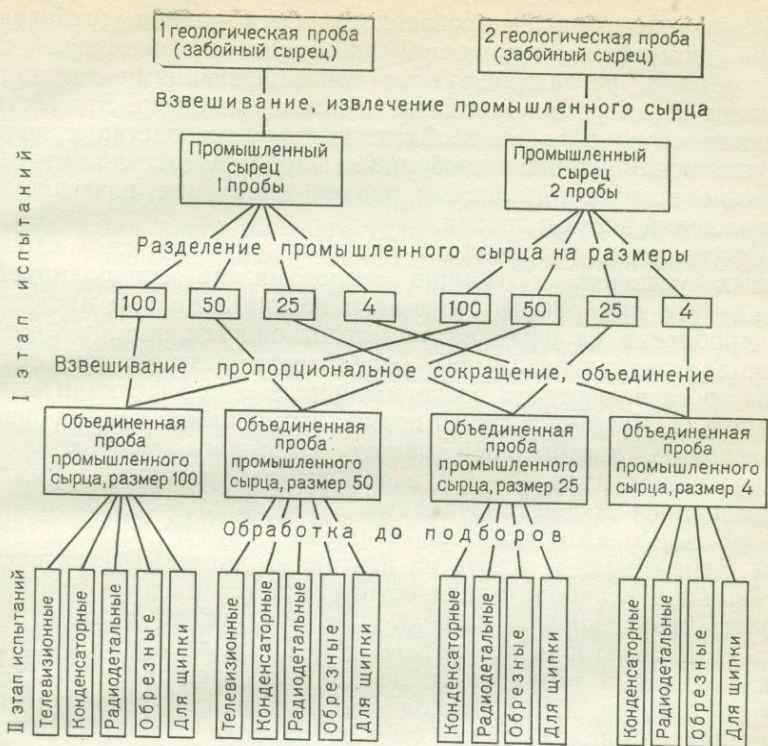


Рис. 10. Схема обработки мусковита, объединенной пробы до подборов (по В. А. Серняеву)

рым способом на гидрокласификаторах, что исключит возможность его запыленности (фракции  $+0,071$  мм). Этот выход будет близок к действительному содержанию волокна асбеста в недрах. Выход товарных сортов асбеста, соответствующих требованиям действующего стандарта, определяется с учетом допустимой им запыленности. Вследствие этого общий выход волокна хризотил-асбеста товарных сортов всегда будет больше содержания волокна асбеста в недрах. Такая методика способствует с одной стороны правильной оценке действительного содержания волокна асбеста в недрах, а с другой — правильной оценке выхода товарных сортов, что позволит составить материальный баланс запасов асбеста в процессе разработки месторождения.

Требуют совершенствования также методы определения содержания антофиллит-асбеста, пьезооптического и камнесамоцветного сырья, так как существующие способы минералогического анализа не обеспечивают полный учет полезного ископаемого в недрах, что исключает возможность учета его потерь.

Отдельные отрасли производства предъявляют требования к гранулометрическому составу полезного ископаемого, которые, обычно, регламентируются соответствующими государственными стандартами или техническими условиями. Это обстоятельство обуславливает необходимость производства гранулометрического анализа отобранных проб. Особенно большое значение гранулометрический анализ имеет при разведке месторождений песка и гравия.

Рассев песка и гравия на фракции производится в лабораторных условиях и обычно геологами не контролируется. Между тем при расसेве полезного ископаемого или продуктов его дробления на фракции возможны ошибки, которые возникают за счет неправильного определения размера сит, неполноты просева, перевода части материала одной фракции в другую и т. д. Чтобы избежать возможных ошибок, целесообразно производить контрольный рассев некоторого количества зашифрованных проб (5—10) в той же лаборатории, в которой производился и первоначальный гранулометрический анализ. С этой целью материал первого рассева следует вновь объединить, перемешать и отдать на повторный рассев. Рассев песков на фракции в лабораториях осуществляется на двух приборах. Геолог, производящий разведку месторождения, должен получить из лаборатории результаты обоих параллельных рассевов. Расхождения в результатах не должны превышать  $\pm 1\%$  от взятой навески. Если отклонения превышают установленную величину, то анализ должен быть забракован.

Промышленная оценка многих видов нерудных полезных ископаемых производится на основе их физических и механических свойств. К горным породам, использование которых основывается на их физических и механических свойствах, предъявляются различные требования в зависимости от их вида и области применения. Методика определения физико-механических свойств для каждого конкретного вида сырья и в зависимости от области его назначения определяется обычно соответствующими ГОСТами или техническими условиями ведомств. К числу наиболее важных физико-механических свойств, характеризующих минеральное сырье, относятся объемная масса, естественная влажность, прочность, пористость, водопоглощение, морозостойчивость, огнеупорность, кислотоупорность и др.

Ниже приведены краткие сведения об учете некоторых из этих свойств при промышленной оценке месторождений полезных ископаемых.

**Объемная масса.** Для большинства видов полезных ископаемых объемная масса определяется с целью установления количества минерального сырья, выраженного в единицах массы. Для некоторых видов строительных материалов (бут, щебень и др.) объемная масса является одним из главных по-

казателей, характеризующих качество сырья. При оценке неметаллических полезных ископаемых различают объемную массу плотного тела и насыпную объемную массу.

Объемной массой плотного тела называется масса единицы объема минерального сырья, установленная без нарушения его структуры и текстуры. Ее величина прямо пропорциональна плотности и обратно пропорциональна пористости и трещиноватости.

Объемная масса плотного тела определяется как в полевых, так и в лабораторных условиях для всех разновидностей и сортов минерального сырья. В полевых условиях объемная масса плотного тела определяется путем выемки небольшого объема полезного ископаемого с последующим замером образовавшегося пространства и взвешиванием вынутого объема минерального сырья. Отношение массы полезного ископаемого к его объему в недрах и является объемной массой сырья. Величина объемной массы указывается в  $\text{т/м}^3$  или  $\text{г/см}^3$ .

В лабораторных условиях объемная масса устанавливается взвешиванием образцов полезного ископаемого в воздухе и в жидкости или взвешиванием образцов и определением их объема в мерном сосуде. В обоих случаях перед взвешиванием в жидкости образцы полезного ископаемого обязательно покрывают тонкой пленкой парафина. Существуют и другие способы вычисления объемной массы, например расчетно-аналитические и графические, применение которых целесообразно, в частности, для установления корреляции между объемной массой и содержанием компонента.

При определении объемной массы лабораторными способами следует иметь в виду, что они дают удовлетворительные результаты для плотных, малотрещиноватых пород. Поскольку крупные полости и крупная трещиноватость при этом не учитываются, объемные массы, определенные лабораторным путем, обычно бывают завышенными. Поэтому лабораторные методы должны контролироваться полевым способом.

Выбор способа определения объемной массы минерального сырья в значительной мере обуславливается и целевым назначением, для которого она устанавливается. Наиболее точные результаты для перевода объема минерального сырья в его массу дает валовой способ, однако объемная масса, определенная валовым способом, не может быть принята для характеристики физико-механических свойств полезного ископаемого, так как в этом случае крупная трещиноватость, кавернозность и пористость не сказываются на качестве сырья, а существенное значение имеют мелкая пористость и микропористость, трещиноватость и кавернозность.

Для промышленной оценки сыпучих полезных ископаемых (пески, гравий, озерные соли, глины для производства керамзита и др.) важное значение имеет насыпная объемная масса.

Насыпная объемная масса — это масса единицы минерального сырья в разрыхленном состоянии. Величина насыпной объемной массы минерального сырья зависит от его плотности, формы и выдержанности размера слагающих его частиц. Насыпная объемная масса валунов и крупного гравия (размером более 80 мм) вычисляется по данным обмера аккуратно сложенных штабелей, а мелкого гравия, песка, соли и других мелкообломочных сыпучих материалов — путем замера объема в мерных ящиках, при соответствующем уплотнении материала пробы встряхиванием ящика. Для отдельных видов нерудного сырья (минеральная вата и др.) величина уплотнения указывается в соответствующих ГОСТах, и объемная масса устанавливается при требуемом давлении.

Объемная масса определяется для всех разновидностей пород, слагающих тело полезного ископаемого. Для получения надежных данных о величине объемной массы обычно в полевых условиях достаточно выемки двух-трех целиков для каждой разновидности, а в тех случаях, когда объемная масса устанавливается лабораторным способом, средняя ее величина может быть вычислена по 10—20 образцам для однородных по сложению полезных ископаемых и по 20—30 — для сложных. Масса, а следовательно, и объем образцов, используемых для определения объемной массы, должны быть достаточными для того, чтобы характеризовать более или менее близкие к средним состав и структурно-петрографические особенности породы. В ряде случаев соответствие состава образцов, по которым определяется объемная масса, среднему составу породы должно контролироваться химическими и минералогическими анализами. На практике масса образцов различных пород, на которых определяется объемная масса, колеблется в широких пределах (от 250—300 г до 1—2 кг).

Принимая для подсчета запасов значение объемной массы, следует учитывать, что ее величина зависит от влажности минерального сырья в момент определения (особенно для пористых руд). Поэтому объемную массу и влажность следует определять одновременно.

Для сохранения естественной влажности образцы обычно упаковываются в стеклянные бюксы. Если объемная масса определяется не при естественной влажности (кроме последней), то должна также устанавливаться лабораторная влажность, при которой определялась объемная масса.

В настоящее время контроль за правильностью установления объемной массы осуществляется лишь внутри самой лаборатории. Так, согласно ГОСТ, объемная масса горной породы, идущей для приготовления щебня, определяется на пяти пробах, а самого щебня — на трех навесках. За объемную массу испытуемого образца принимается среднее арифметическое из всех его значений. Определения объемной насыпной массы

щебня также производятся на трех навесках и принимается среднее арифметическое из них. Просматривая результаты анализов, следует обратить внимание на колебания величин объемной массы в каждом образце или навеске и при значительном их отклонении производить повторные определения на новых образцах. ГОСТ для формовочных глин установлены предельные нормы отклонения: при контрольной проверке, проведенной на одном образце в одной лаборатории и одинаковым способом, расхождения не должны превышать  $0,02 \text{ г/см}^3$ . Расхождения в результатах испытаний, выполненных на одном образце в разных лабораториях или разными способами, не должны превышать  $0,04 \text{ г/см}^3$ . При обнаружении больших расхождений результаты испытаний не должны использоваться для оценки качества сырья.

Плотность представляет собой отношение массы пробы, высушенной при  $110^\circ\text{C}$ , к ее истинному объему, т. е. к общему объему пробы, за исключением пор. В лабораторных условиях определение плотности производят различными способами, предусмотренными ГОСТами для того или иного вида сырья, но обязательно параллельно на двух навесках. Допустимые расхождения также регламентируются стандартами. Так, для формовочных глин расхождения между результатами определений по обеим навескам не должны превышать  $0,005 \text{ г/см}^3$ , а для щебня  $0,02 \text{ г/см}^3$ . В случаях больших расхождений испытания должны быть проведены повторно, на новых навесках той же пробы.

Влажность. Под влажностью минерального сырья понимается содержание в нем механически примешанной воды и гигроскопической влаги, выраженное в процентах к влажному материалу.

Влажность не является строго постоянной величиной и может изменяться в зависимости от времени года, глубины залегания полезного ископаемого, изменения уровня грунтовых вод в результате осушения месторождения и т. д. Методы определения влажности для нерудного сырья лимитируются соответствующими ГОСТами.

Учет запасов нерудных полезных ископаемых в недрах производился при различной влажности, причем большинство видов сырья учитывалось при естественной влажности. Учет запасов полезных ископаемых при их естественной влажности нередко приводил к неправильной оценке качества сырья, так как влажность, при которой подсчитывались запасы, и влажность, при которой производились химические анализы, нередко существенно отличалась. Если различия во влажности сырья, при которой подсчитываются запасы, и влажности, при которой определяется объемная масса сырья, не учитываются, то иногда это приводит к искажению действительных количеств запасов, так как они зависят от степени влажности сырья.

Результаты химических анализов, как правило, лабораториями выдаются в пересчете на сухое вещество (высушенное при температуре 105—110 °С), однако в отдельных случаях химические анализы производятся на навесках при лабораторной влажности. Если при этом параллельно с химическими анализами производилось определение лабораторной влажности, то результаты химических анализов должны быть пересчитаны на сухое вещество. В тех случаях, когда данные о лабораторной влажности отсутствуют, результаты химических анализов следует считать браком.

Приведение результатов химических анализов к естественной влажности сырья даже в тех случаях, когда запасы подсчитываются и учитываются при естественной влажности, не может быть рекомендовано, так как влажность минерального сырья в недрах — величина переменная и часто отличается от рабочей влажности, при которой минеральное сырье используется.

Запасы всех видов нерудного сырья, из которых производится извлечение полезного ископаемого, следует подсчитать в недрах в пересчете на сухое вещество. В соответствии с этим и химический состав сырья должен быть пересчитан на сухое вещество. Запасы полезных ископаемых, используемых полностью, следует подсчитывать при естественной влажности. Химический состав их должен пересчитываться на сухое или прокаленное вещество. Обязательно при этом должна указываться величина влажности сырья в недрах.

Влажность выражается в процентах и определяется по формуле

$$x = \frac{Q - Q_1}{Q} \cdot 100 \%,$$

где  $Q$  и  $Q_1$  — соответственно масса породы до и после высушивания, г.

Порода считается высушенной в том случае, если при нагревании при температуре 105—110 °С масса ее остается постоянной. Для некоторых видов минерального сырья устанавливаются допуски в массе после высушивания. Так, формовочная глина считается высушенной до постоянной массы при условии, что разница в результатах взвешивания, между которыми навеска сушится в течение 15 мин, не превышает 0,02 г.

Прочность породы характеризуется чаще всего величиной временного сопротивления сжатию в сухом состоянии. Она зависит от структуры, текстуры и трещиноватости породы.

Величина временного сопротивления сжатию устанавливается путем раздавливания образцов определенной величины и формы (куб, цилиндр) на прессе и выражается в Н·см.

Предел прочности при сжатии горной породы вычисляют как среднее арифметическое из результатов испытания трех

или шести образцов одной и той же пробы. Если значения предела прочности одного образца из трех или двух образцов из шести отличаются от среднего арифметического значения предела прочности остальных образцов в три раза и более, то они должны быть отброшены.

В некоторых случаях, наряду с временным сопротивлением сжатию, для оценки сырья требуется определение временного сопротивления разрыву, изгибу или скалыванию.

При насыщении породы водой и последующем ее замораживании прочность породы меняется. Поэтому для оценки качества породы необходимо знать также величину временного сопротивления нагрузке после насыщения породы водой, а также после многократного (обычно 20 раз) замораживания и оттаивания насыщенного водой образца.

Пористость наряду с микротекстурой является одним из главных факторов, влияющих на прочность породы. Различают пористость кажущуюся (открытую) и истинную (суммарную).

Пористость кажущаяся — это отношение объема, занятого в образце порами, сообщающимися между собой и с атмосферой (открытыми), к общему объему образца. Выражается она в процентах и определяется по формуле

$$B = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2 - Q_3} \cdot 100 \%,$$

где  $Q_1$  — масса сухого образца в воздухе, г;  $Q_2$  — масса насыщенного водой образца в воздухе, г;  $Q_3$  — масса образца в воде, г.

Пористость истинная — это отношение объема всех пор (открытых и закрытых) к общему объему образца. Выражается она в процентах и определяется по формуле

$$A = \frac{\gamma - \gamma_1}{\gamma} \cdot 100 \%,$$

где  $\gamma$  и  $\gamma_1$  — соответственно плотность и объемная масса испытуемого материала.

Определения величины пористости должны подвергаться контрольной проверке. Государственными стандартами для разных видов сырья устанавливаются методы определения пористости и величина допусков. Так, для глин формовочных предусматривается, что при контрольной проверке расхождения в результатах испытаний, выполненных на одном образце в одной лаборатории и одинаковым способом, не должны превышать 0,5%. Расхождения в результатах испытаний, выполненных на одном образце в разных лабораториях или разными способами насыщения пор, не должны превышать 1,0%.

Водопоглощение связано с пористостью. Оно обозначает способность породы впитывать воду при обычном атмосферном давлении.

Величина водопоглощения представляет собой отношение массы поглощенной порами образца воды к массе сухого образца. Водопоглощение выражается в процентах и вычисляется по формуле

$$W = \frac{Q_2 - Q_1}{Q} \cdot 100 \%,$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  — соответственно масса сухого и насыщенного водой образца в воздухе, г.

Определение водопоглощения производится на образцах, высушенных до постоянной массы. Водопоглощение горной породы по пробе вычисляют как среднее арифметическое из результатов определения водопоглощения трех образцов одной пробы.

При контрольной проверке расхождения в результатах испытаний, выполненных на одном образце в одной лаборатории и одинаковым способом, не должны превышать 0,3 %. Расхождения в результатах испытаний, выполненных на одном образце в разных лабораториях или разными способами насыщения пор, не должны превышать 0,6 %.

Водонасыщение — способность горной породы впитывать воду при давлении ниже атмосферного или при кипячении. Водонасыщение всегда превышает водопоглощение. Выражается оно в процентах и вычисляется по той же формуле, что и водопоглощение.

Водоотдача — способность горной породы отдавать воду. Она характеризуется скоростью просушивания насыщенного водой образца. Определение водоотдачи производится в эксикаторе над серной кислотой, а показателем ее является время, необходимое для просушивания образца до постоянной массы.

Прочность (предел прочности) — нагрузка, которую выдерживает горная порода до ее разрушения. Предел прочности вычисляют по формуле:

$$\text{БСЖ} = \frac{P}{F},$$

где  $P$  — разрушающее усилие в Н;  $F$  — площадь поперечного сечения образца, в  $\text{см}^2$ .

Определение прочности горной породы производят в сухом и водонасыщенном состоянии, а также после замораживания с точностью до 100 Н/см<sup>2</sup>.

Истираемость — способность породы сопротивляться истиранию. Величина истираемости определяется потерей в массе образца в барабане при его вращении и выражается в процентах. Истираемость определяется как среднее арифметическое из результатов испытания трех образцов.

Морозостойкость — способность горной породы, насыщенной водой, выдерживать многократное замораживание в воздушной среде и оттаивание в воде. Она характеризуется числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое способны выдержать образцы без снижения прочности на сжатие и без потери в массе больше установленного предела. Величина снижения прочности и потерь в массе устанавливается соответствующими ГОСТами для различных видов сырья.

Морозостойкость зависит от пористости, структуры, текстуры и состава породы. На морозостойкость влияют и трещиноватость породы как естественная, так и возникающая в процессе добычи, а также наличие включений, обладающих резко отличным от остальной массы породы коэффициентом расширения.

Теплопроводность — способность горной породы проводить тепло. Оценивается она скоростью прогрева горной породы и выражается в Вт/(м·К).

Звукопроводность — свойство горной породы поглощать внешние звуки. Оценивается она по величине звукопоглощения в слуховых единицах на 1 см толщины образца породы.

Огнеупорность — свойство породы противостоять, не расплавляясь, воздействию высоких температур. Огнеупорность зависит от химического и минералогического состава породы, наличия примесей и пр. Огнеупорность является важнейшим показателем при оценке месторождений огнеупорных глин, магнезита, доломита и других огнеупорных материалов. При определении огнеупорности устанавливается температура «падения» образца сравнительно с пироскопами в условиях нагревания, установленных ГОСТ.

Газопроницаемость — показатель, характеризующий качество формовочных материалов. Газопроницаемостью называется способность породы пропускать газы. Определение газопроницаемости производят путем пропускания воздуха при комнатной температуре через стандартный образец, изготовленный из испытуемого материала. Величину газопроницаемости вычисляют по формуле

$$K = \frac{Vh}{Fpt},$$

где  $V$  — объем воздуха, прошедшего сквозь образец, см<sup>3</sup>;  $h$  — высота образца, см;  $F$  — площадь поперечного сечения образца, см<sup>2</sup>;  $p$  — давление воздуха перед образцом, г/см<sup>2</sup>;  $t$  — время, в течение которого сквозь образец прошло  $V$  см<sup>3</sup> воздуха, мин.

Газопроницаемость песка определяют при естественной влажности. Если газопроницаемость не соответствует требова-

ниям стандарта, то испытания производят на влажных образцах. Влажность, при которой газопроницаемость получается наибольшей, называется оптимальной.

Определение газопроницаемости производят на трех стандартных образцах из одной и той же пробы. За показатель газопроницаемости принимают среднее арифметическое полученных результатов. Если результаты какого-либо из образцов отличаются от среднего арифметического более чем на 10 %, то испытания производят повторно на трех новых образцах, изготовленных из свежего материала той же пробы.

Кислотостойкость — способность горной породы противостоять воздействию различных кислот. Определяется она по потере в массе образца после воздействия на него кислоты в течение определенного времени.

Укрывистость — один из важнейших показателей, характеризующих качество минеральных красок. Укрывистостью называют способность краски при равномерном нанесении ее на одноцветную поверхность делать невидимым цвет последней или в случае нанесения на черно-белую подложку уменьшать контрастность между черной и белой поверхностями до исчезновения разницы между ними.

Количественно укрывистость выражается в граммах краски, необходимой для того, чтобы сделать невидимым цвет закрашиваемой поверхности площадью в  $1 \text{ м}^2$  или при нанесении на черно-белую подложку — в граммах краски на площадь в  $1 \text{ м}^2$ , необходимой для достижения контрастности 0,980.

Коэффициентом контрастности называют коэффициент отражения света, диффузно рассеянного черной и белой поверхностями окрашенной или неокрашенной подложки. Коэффициент контрастности вычисляется по формуле

$$K = \frac{V_1}{V_2},$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — соответственно коэффициент отражения от черной и белой поверхностей.

Расхождение между двумя параллельными определениями укрывистости допускается не более 5 %, считая максимальную укрывистость за 100 %.

Белизна (светлота) — отношение отраженного от исследуемой поверхности светового потока к потоку, который дает свет, отраженный в тех же условиях от стандартной поверхности. Белизну определяют на фотометрах или по специальным шкалам. Белизна (светлота) является важным показателем для оценки минеральных пигментов, наполнителей (мела, барита, каолина, талька, цветного и белого цементов).

Приведенные выше физические и механические свойства не исчерпывают всего разнообразия свойств, требуемых для про-

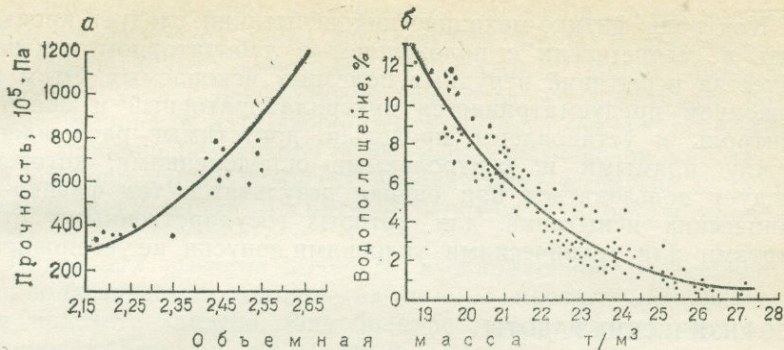
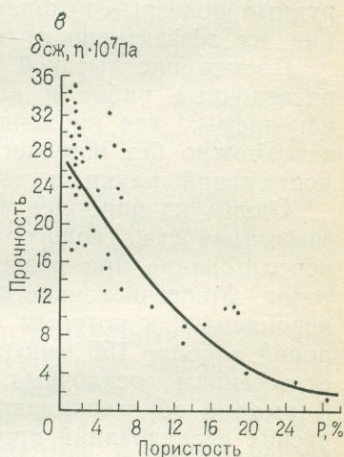


Рис. 11. Графики зависимости:

а — между объемной массой и прочностью; б — между объемной массой и водопоглощением для Центрально-Сокского месторождения известняков (по Ф. И. Корюкину); в — предела прочности пород на сжатие от пористости (по В. В. Ржевскому)



мысленной оценки различных видов нерудного минерального сырья. Конкретные требования к физическим и механическим свойствам минерального сырья излагаются в соответствующих ГОСТах, которые также регламентируют методы их определения.

Не рассматривая эти свойства, следует отметить, что для ряда полезных ископаемых устанавливается зависимость между некоторыми физическими свойствами. При наличии такой зависимости массовые определения физико-механических свойств сырья могут не производиться. Вместо этого составляются графики зависимости отдельных свойств сырья друг от друга. На графиках (рис. 11) видна отчетливая зависимость между объемной массой и водопоглощением. Использование графиков зависимости отдельных физико-механических свойств позволяет резко сократить объем работ по определению тех или иных особенностей минерального сырья.

Контроль физико-механических испытаний следует производить в соответствии с положением о лабораторном контроле качества испытаний нерудных полезных ископаемых. Этим положением предусматривается внутрилабораторный и внешний контроль и установлены предельно допустимые расхождения между прямыми и контрольными определениями, которыми следует пользоваться при оценке результатов тех физико-механических испытаний, для которых государственными стандартами или техническими условиями допуски не установлены.

## ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Все возрастающие объемы геологоразведочных работ на нерудные полезные ископаемые требуют существенного повышения их эффективности и качества.

Достижение высокой геологической эффективности геологоразведочных работ и качества подготовки запасов полезных ископаемых для промышленного освоения в настоящее время невозможно без широкого внедрения в производство новейших достижений науки и техники.

Одним из наиболее реальных путей повышения качества и эффективности геологоразведочных работ является широкое использование при разведке месторождений геофизических методов. Многочисленность и разнообразие нерудных полезных ископаемых, к которым относится около 50 различных горных пород и более 150 минералов, их приуроченность к различным отложениям осадочных, магматических и метаморфогенных формаций обуславливают специфические особенности геофизических исследований, проводимых на месторождениях неметаллических полезных ископаемых.

На месторождениях нерудного минерального сырья, как правило, дифференциация продуктивных и вмещающих пород по их физическим свойствам выражена слабо, что затрудняет применение физических методов исследования при их разведке. Более благоприятны условия для поисков неметаллических полезных ископаемых, благодаря заметному выделению физических полей геологических образований к которым приурочены залежи полезных ископаемых. Наличие таких полей используется для изучения особенностей геологического строения районов развития нерудных полезных ископаемых, определения характеристик геофизических поисковых признаков и критериев и в относительно редких случаях для непосредственного выделения тел полезного ископаемого и количественной оценки его качества.

На современном уровне развития науки при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых для получения достоверных данных о мощности тела полезного ископаемого

и содержания в нем полезных компонентов, реже вредных примесей, наиболее часто используется каротаж скважин.

Разработанные комплексы каротажных работ позволяет в ряде случаев с необходимой точностью устанавливать положение, мощность и строение тел полезного ископаемого. Наиболее хорошие результаты дают ядернофизические методы, но при благоприятных условиях используются и другие виды каротажа, в частности магнитный каротаж и каротаж проводимости.

Благодаря высокой точности и достаточной достоверности ядерно-физических методов их данные нередко используются при подсчете запасов. Опробование и определение мощности ядернофизическими и другими методами каротажа имеют особо важное значение на месторождениях, представленных полезным ископаемым, по которому вследствие его хрупкости и склонности к избирательному истиранию трудно, а иногда и невозможно получить представительный керновый материал. Использование геофизических методов представляет возможность увеличить скорость проходки скважин и частично перейти на бескерновое бурение, что имеет большое экономическое значение.

Ядернофизические методы каротажа скважин успешно применялись при разведке ряда месторождений флюорита, апатита, калийных солей, барита и др. По результатам каротажа скважин были подсчитаны и утверждены ГКЗ СССР запасы полезных ископаемых.

При оценке месторождений нерудных полезных ископаемых затрудняющим обстоятельством практического использования данных ядернофизического каротажа является невозможность определения существующими методами всех необходимых для характеристики качества сырья элементов, большей частью являющихся вредными примесями. Серьезным препятствием широкому использованию ядернофизических методов каротажа является также отсутствие унифицированной методики их проведения. По существу, при разведке каждого нового месторождения одного и того же полезного ископаемого применяется новая модификация метода и новый комплекс методов. Так, при разведке Покрово-Киреевского месторождения плавленого шпата применялся стандартный метод активационного каротажа скважин (АК). Использование этого метода на месторождении Таскайнар Южный показало, что он не обеспечивает надежного выделения руд с содержанием  $\text{CaF}_2$  менее 15 %. Это не позволило опробовать руды с бортовым содержанием 10 %. Учитывая изложенное, был разработан и внедрен в разведку спектрометрический вариант активационного каротажа.

Различные методы и их комплексы применяются и при разведке месторождений фосфоритов: гамма-каротаж — на

Вятско-Камском, Егорьевском и Чилисайском месторождениях, гамма-гамма-каротаж, НАК и НАК-С — на месторождениях Каратауского бассейна.

На разных месторождениях калийных солей также используются различные методы каротажа: ГК, ГГК и ННК — на Верхне-Камском и Старобинском, ГГК и НАК — на Предкарпатских месторождениях и т. д.

Это обстоятельство снижает эффективность геофизических методов вследствие необходимости производства на каждом месторождении большого объема экспериментальных и заверочных работ.

Не менее важное значение, чем каротаж скважин, имеют и межскважинные геофизические исследования, с помощью которых возможно выявление элементов тектоники, обнаружение тел полезного ископаемого в межскважинном пространстве, определение границы выветривания пород и зон карстовых нарушений и т. д. И, несмотря на то что данные, полученные этими методами, непосредственно при подсчете запасов используются редко, применение их существенно облегчает решение ряда геологических и разведочных задач.

Для установления ориентировочного контура развития полезного ископаемого и оценки элементов его залегания на месторождениях минеральных солей, самородной серы, баритов и других неметаллических полезных ископаемых наиболее широко и успешно используются различные модификации электроразведочных методов на постоянном или низкочастотном полях.

Для оконтуривания известняков и доломитов под наносами неплохие результаты дает электропрофилирование; метод вертикального электротзондирования (ВЭЗ) иногда используется для определения мощности вскрышных пород и в некоторых случаях — мощности толщи известняков или доломитов.

При разведке Боснинского месторождения доломитов для определения границы делювиальных отложений и коренных пород применялся метод кажущегося сопротивления (КС) и естественной поляризации (ПС). Методом ВЭЗ определялись мощности рыхлых отложений в промежутках между скважинами.

На месторождениях магнезита при благоприятных условиях магнитометрией и электрометрией можно оконтурить полезную толщу, электроразведкой — установить контакты между различными породами и свитами, уточнить рельеф почвы и кровли залежи. С помощью электроразведки устанавливаются зоны дробления слагающих месторождение пород.

При разведке кварцитов Антоновской группы месторождений удовлетворительные результаты дал комплекс геофизических методов, включающий электрический каротаж с записью

кривых КС градиент- и потенциал-зондами, радиоактивный каротаж ГК, в безводных интервалах МСК, кавернометрия и инклинометрия. Этими методами выделялись в разрезе скважин пласты кварцитов, определялись их мощности и строение, литология вмещающих пород, техническое состояние скважин.

На Троицко-Байновском месторождении огнеупорных глин с помощью сейсморазведки (ударно-возбуждающих упругих колебаний) были установлены характерные особенности волнового поля, соответствующие структурам, осложняющим строение залежи глин. Для выявления и разведки карста на месторождениях карбонатных пород, ископаемых солей, гипса, самородной серы успешно применяются электро-, грави- и сейсморазведка, причем для карбонатных и галогенных толщ особенно эффективна электроразведка.

При разведке плавиковошпатовых месторождений эффективно применяется пьезоэлектрический метод, основанный на различии пьезомодулей кварц-флюоритовых тел и вмещающих пород. Этот же метод в комплексе с электро- и магниторазведкой успешно может использоваться и при разведке месторождений пьезооптического сырья, жильного кварца, драгоценных и поделочных камней, а также на месторождениях гранитных пегматитов. Известны примеры разведки пьезокварцевых месторождений с применением метода радиоволнового просвечивания.

Из приведенного далеко не полного перечня видно, что при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых применяются различные методы каротажа и межскважинной геофизики. От правильности выбора методов и их комплексирования зависит эффективность геофизических работ. Правильное и рациональное комплексирование каротажа, межскважинной геофизики и методов геологического изучения месторождений по керну скважин несомненно дает значительный экономический эффект и позволяет повысить достоверность разведанных запасов.

Однако имеются случаи, когда проводимые на месторождениях геофизические работы не дают практического результата и приводят лишь к увеличению затрат на разведку месторождения и снижению эффективности геологоразведочных работ. Характерны в этом отношении геофизические работы, выполненные на месторождениях слюды. Слюдоносные образования по физическим свойствам практически не отличаются от вмещающих пород, что исключает возможность их выявления методами электро-, грави- и сейсморазведки. Несмотря на это, указанные методы систематически применяются при разведке месторождений мусковита и флогопита в различных их модификациях и сочетаниях. Между тем, слюдоносные образования характеризуются повышенным содержанием калия,

что определяет предпосылки его выявления в спектрах гамма-излучения. Однако этот метод был применен только на Ковдорском месторождении.

Особенно опасны неправильность выбора методов и ошибочное их комплексирование. Так, например, неправильный выбор и использование непригодных для данного месторождения геофизических методов для определения карста на Соломенском и Пикалевском месторождениях привело к усложнению и удорожанию геологоразведочных работ.

При выборе методов геофизических исследований чрезвычайно важное значение имеет правильная оценка возможности их применения. На эффективность геофизических методов оказывают влияние геологическое строение месторождения, вещественный состав полезного ископаемого, обводненность, техническое состояние скважин при их каротаже, естественные и промышленные помехи. Поэтому перед постановкой геофизических работ необходимо определить условия, при которых они дадут надежные результаты. Так, например, применяемый при разведке баритовых руд на месторождениях Кентобе и Жуманай рентгено-радиометрический метод каротажа дает удовлетворительные результаты лишь при условии отсутствия в рудах месторождений свинца, резких колебаний содержания железа (не более 5 % от принятого при градуировке), крупных каверн в стенках скважин (размером более 1 см×35 см) и значительной их глинизации. Высокая глинистость руд на Жуманайском месторождении исключила возможность использования указанного метода для определения содержания в рудах сернокислого бария.

В районе проведения геофизических работ нередко наблюдаются многочисленные аномалии, не связанные с изучаемым геологическим объектом. Таковы, например, аномалии естественного электрического поля, вызванные фильтрационными процессами, магнитные аномалии за счет ударов молний, аномалии, обусловленные резкой неоднородностью состава и мощности элювиально-делювиальных и пролювиальных отложений, и другие естественные аномалии. Кроме них большое искажающее влияние на результаты геофизических исследований могут оказывать промышленные помехи. Поэтому очень важно установить природу возмущающих объектов и выбрать такой комплекс, при котором не сказывается влияние указанных аномалий и помех.

Геофизические работы должны применяться на всех стадиях геологоразведочных работ, прежде всего с целью рационального размещения горных выработок и буровых скважин, сокращения их количества, сроков разведки и затрат на ее проведение. Особенно большое значение геофизические работы имеют на стадии предварительной разведки, на которой с их помощью, кроме решения указанных задач, возможно в ряде

случаев решить вопрос о возможности применения бескернового бурения части скважин.

Геофизические работы планируются и проводятся в общем комплексе геологоразведочных работ и с учетом охраны окружающей среды. Рациональный комплекс исследований в проекте определяется, исходя из специфических условий полезного ископаемого, рельефа местности, климата, наличия или отсутствия подземных вод и других природных и искусственных факторов.

При выборе методов геофизических исследований следует учитывать, кроме указанных выше, также условия передвижения геофизических установок по местности, наличие аэродромов, залесенность, продолжительность сезона полевых работ и т. д.

Для каждого выбранного метода должны быть установлены конкретные задачи, решаемые им, определен объем работ и взаимосвязь между исследованиями, проводимыми различными методами. Особенно важно выделить задачи, подлежащие решению комплексом геофизических и других методов и видов работ, а также правильно определить соотношение объемов этих работ.

На тех месторождениях, где хорошие результаты дает каротаж скважин, определение по его данным мощности тела полезного ископаемого и содержания полезных и вредных компонентов в нем должно проводиться по всем скважинам, независимо от выхода керна, так как в ряде случаев, даже при высоком выходе керна (90—100 %) данные кернового опробования не всегда могут характеризовать тело полезного ископаемого. Такие случаи возможны при резко изменчивом, вкрапленном оруденении, когда скважины, пройденные в контуре промышленной минерализации могут характеризоваться по керну как безрудные. В этих случаях возникает необходимость оценки степени оруденения за пределами объема ограниченного стенками скважины. Эта задача решается лучше всего методами межскважинной геофизики, но в определенных случаях и в известной мере она может быть решена и средствами каротажа, поскольку он также дает характеристику горных пород за пределами стенок скважины.

В тех случаях, когда результаты геофизических работ используются непосредственно для подсчета запасов полезных ископаемых, на месторождении должен быть проведен оптимальный объем заверочных работ.

Использование для подсчета запасов геофизических данных возможно только при условии подтверждения заверочными работами достоверности их результатов, одобрения применяемой методики соответствующим научно-методическим Советом Мингео СССР и Экспертно-техническим советом ГКЗ СССР.

Промышленное использование полезных ископаемых определяется не только их природными особенностями и качеством, но и возможностью экономически выгодного обогащения и переработки минерального сырья. Поэтому выбору технологической схемы передела полезного ископаемого, отвечающему современному уровню развития науки и техники, при разведке месторождений полезных ископаемых должно уделяться самое пристальное внимание.

Технологические исследования должны производиться на всех стадиях изучения месторождения. Уже при поисково-оценочных работах должны быть установлены основные технологические особенности полезного ископаемого. В дальнейшем по мере изучения месторождения все большее значение приобретает изменчивость состава, качества и технологических свойств полезного ископаемого, что предопределяет необходимость изучения технологических свойств отдельных природных разновидностей, типов и сортов минерального сырья.

Характер технологических исследований на каждой из стадий определяется основными задачами этих стадий. Основной задачей технологических исследований на стадии предварительной разведки является разработка ориентировочной схемы и режимов рациональной технологической переработки полезного ископаемого с учетом комплексного использования компонентов, представляющих промышленный интерес. Для решения этой задачи на стадии предварительной разведки необходимо установить, к какому из технологических типов должно быть отнесено полезное ископаемое разведываемого месторождения, на основании чего определить объем и направление дальнейших технологических исследований. Для полезных ископаемых, переработка которых предполагается на близрасположенных промышленных предприятиях, необходимо в первую очередь проверить применяемую там технологическую схему и критически ее оценить. Развитие теории и практики технологической переработки полезных ископаемых позволяет шире использовать специфические особенности сырья и, пользуясь новыми методами, в сочетании с освоенными промышленностью, разработать более эффективные способы технологического передела разведываемого минерального сырья.

Технологические исследования на стадии детальной разведки должны дать необходимую и достаточную информацию для проектирования предприятия. Исходя из этого полученные на стадии предварительной разведки результаты технологических исследований оцениваются с точки зрения возможности внедрения их в промышленное производство, изучается возможность использования оборотной воды и очистки промышленных стоков, анализируются и проверяются различные технологические

схемы и на основе этого анализа выбирается оптимальная по технологическим и экономическим показателям схема.

Объем технологических исследований определяется типом полезного ископаемого, степенью промышленного освоения сырья данного типа и стадией геологоразведочного процесса.

Исходя из степени промышленной освоенности минерального сырья М. А. Эйгелес и В. П. Кузнецов [49] предложили все месторождения полезных ископаемых разделить на три технологические группы.

К первой группе они относят месторождения детально освоенного промышленностью типа, не отличающиеся по вещественному составу, гидрогеологическим и горнотехническим условиям разработки от эксплуатируемых. Для этих месторождений, по их мнению, достаточно укрупненных лабораторных испытаний, а при неоднородном качестве полезного ископаемого потребуются и технологическое картирование. Ко второй группе относятся месторождения, хотя и освоенного промышленностью типа, но взаимосвязь геолого-минералогическими характеристиками и технологическими свойствами на которых устанавливаются недостаточно четко, что характерно, например, для огнеупорных и керамических глин. Технология переработки сырья на месторождениях этой группы требует внесения соответствующих коррективов, усовершенствования или внедрения новых методов.

Технологические исследования на месторождениях этой группы, по мнению М. А. Эйгелеса и В. П. Кузнецова, должны производиться в полупромышленных условиях с экономическим анализом полученных результатов.

К третьей группе относятся месторождения новых для промышленности типов полезных ископаемых. Минеральное сырье этой группы требует детального изучения условий переработки в промышленных условиях, технологического картирования и исследования получаемых при обогащении и переделе продуктов.

Предлагаемая группировка принципиальных возражений не вызывает и может быть рекомендована для использования в процессе проведения разведочных работ на месторождениях нерудных полезных ископаемых. Однако рекомендация о необходимости проведения на месторождениях третьей группы технологических испытаний полезного ископаемого в промышленных условиях требует некоторого уточнения.

Промышленные или заводские технологические испытания проводятся в условиях действующего промышленного предприятия. При проведении промышленных испытаний проверяется весь ход технологического процесса обогащения или переработки минерального сырья по принятым на действующем предприятии схеме и технологическом режиме. Это обстоятельство не позволяет вносить в технологический процесс каких-либо существенных изменений, что легко осуществимо при проведении полупромышленных испытаний.

Полупромышленные испытания осуществляются в условиях моделирующих промышленную технологию обогащения или переработки минерального сырья. При проведении полупромышленных испытаний уточняются основные узлы технологической схемы, реагентный режим и т. д. Производятся они обычно на опытно-промышленных фабриках или в лабораторных условиях, на установках, моделирующих промышленные. Это позволяет исходя из особенностей сырья разведываемого месторождения вносить и проверять в ходе испытаний необходимые изменения как в саму схему, так и в технологический режим.

Кроме того, для производства технологических испытаний в промышленных условиях требуются пробы большой массы, отобрать которые при проведении разведочных работ весьма затруднительно. Так, например, для проведения технологических испытаний известняков как сырья для производства конверторной извести в промышленных условиях требуется проба массой 1800 т, а для промышленных испытаний доломитов как сырья для производства смолодоломитовых огнеупоров — 3000 т. Естественно, что отбор проб такой массы при разведке месторождения буровыми скважинами представляет большие трудности и обуславливает необходимость проходки только для отбора технологической пробы большого объема горных выработок, что удорожает разведочные работы и увеличивает срок их проведения. При проведении технологических исследований в полупромышленных условиях масса проб в указанных случаях может быть сокращена до нескольких сот килограмм; отбор таких проб в процессе разведочных работ особой сложности не представляет.

Исходя из изложенного промышленным технологическим испытаниям рекомендуется подвергать труднообогащаемое или сложноперерабатываемое сырье новых участков или месторождений, предназначенное для обогащения или переработки на том предприятии, где производятся технологические испытания. Кроме того, испытаниям следует подвергать технологически сложное сырье новых месторождений или участков, переработка которого будет производиться на другом, новом предприятии, построенном по той же схеме, что и данное предприятие, и при условии, что на нем достигнуты высокие технологические показатели.

Во всех остальных случаях должны производиться лабораторные или полупромышленные испытания. Лабораторным испытаниям подвергаются полезные ископаемые промышленно освоенного типа, относимые М. А. Эйгелесом и В. П. Кузнецовым к первой группе, а также все полезные ископаемые на стадии предварительной разведки, независимо от технологической сложности сырья.

На стадии детальной разведки полупромышленным испытаниям должно быть подвергнуто сырье новых технологических

типов, схема переработки которых промышленностью не освоена, а также сырье известных промышленных типов при внесении в схему обогащения или переработки усовершенствований, не внедренных в производство. Сырье известных промышленных типов, технология обогащения и переработки которых не вызывает затруднений, полупромышленным испытаниям, как правило, подвергать не следует. Производятся они в виде исключения, с целью уточнения деталей промышленно освоенной схемы применительно к сырью данного месторождения и улучшения технологических показателей.

Изучение технологических свойств полезного ископаемого при разведке месторождений производится на специально отбираемых для этой цели пробах. При отборе технологических проб особое внимание должно быть уделено особеспечению их представительности.

В литературе по методике разведки месторождений полезных ископаемых и в практической деятельности геологоразведочных организаций прочно укоренилось представление, что представительной может считаться проба, которая по составу и качеству полезного ископаемого соответствует среднему составу и качеству полезного ископаемого на месторождении.

Такое определение является одной из причин, обуславливающих недостижение в промышленных условиях технологических показателей, полученных при производстве технологических исследований в процессе разведки месторождения. Дело в том что на обогатительные фабрики и перерабатывающие минеральное сырье предприятия полезное ископаемое поступает не такого состава и качества, каким оно было в недрах и технологических пробах, а в определенной степени разубоженное, содержащее вредные примеси, находящиеся не только в самом полезном ископаемом, но и в разубоживающих его породах. Вовлечение в промышленное освоение новых месторождений, характеризующихся сложной морфологией тел полезного ископаемого, механизация горнодобычных работ, применение высокопроизводительных систем разработки месторождений неизбежно приводят к увеличению степени разубоживания полезного ископаемого в процессе его добычи. Поэтому приведенное выше определение представительности технологической пробы в настоящее время не может быть признано достаточным и требует уточнения.

При определении представительности технологической пробы необходимо учитывать степень разубоживания полезного ископаемого при добыче, а также вещественный состав не только полезного ископаемого, но и разубоживающих его пород.

Поскольку на результаты технологических исследований оказывают влияние не только химический состав полезного ископаемого, но и состав слагающих его минералов, их размеры, крупность, характер взаимопрорастания (свободные или тесносрос-

шиеся), а также физическое состояние полезного ископаемого, то при оценке представительности технологических проб необходимо учитывать и эти факторы.

Кроме того, полезное ископаемое на каждом месторождении неоднородно: имеется сырье с лучшими и худшими свойствами и качеством, чем среднее по месторождению. Если вопрос о технологии переработки сырья лучшего качества, чем среднее по месторождению, не возникает, то вопрос о возможности использования сырья худшего качества (с более низким содержанием полезных компонентов, с более высоким содержанием вредных примесей, более сложным характером прорастания полезных, вредных или балластных минералов, с пониженными физико-механическими свойствами и т. д.) нередко является весьма актуальным, особенно при отсутствии возможности или нецелесообразности усреднения сырья.

Отбор и испытание таких проб позволят установить технологическую возможность и экономическую целесообразность добычи и переработки сырья с предельно допустимыми показателями.

Приведенное выше свидетельствует о том, что для отбора представительной пробы необходимо геологам, отбирающим пробу, хорошо знать вещественный состав, структуру и текстуру полезного ископаемого и вмещающих его пород, участвующих в разубоживании. Для этого в процессе разведки месторождения следует изучить минеральный и химический состав полезного ископаемого и вмещающих пород, их структуру и текстуру, физико-механическое состояние, составить баланс распределения полезных и вредных компонентов по минералам.

Для правильного определения количества технологических проб большое значение имеют разделение полезного ископаемого на природные разновидности и типы по вещественному составу, структуре и текстуре, а также количественная оценка каждой разновидности и типа.

Все выделенные на месторождении разновидности и типы прежде всего должны быть охарактеризованы самостоятельными пробами. Проведенные в лабораторных условиях технологические исследования этих проб позволят определить принципиальную возможность обогащения или переработки сырья всех разновидностей и типов по одной схеме или необходимость применения двух и более схем.

Для подтверждения возможности обогащения или переработки полезного ископаемого всех разновидностей и типов по одной технологической схеме, если это будет установлено лабораторными испытаниями частных проб, необходимо составить объединенные пробы, включающие материал проб разных разновидностей и типов пропорционально их природному соотношению на месторождении.

Направление и характер технологических испытаний, а также объем проб, на которых они должны осуществляться, определяется программой, разработанной организацией, которая будет производить технологические испытания совместно с геологоразведочной организацией, осуществляющей разведку месторождения. При определении и согласовании объема проб следует иметь в виду, что технологические организации нередко предъявляют завышенные требования, не всегда достаточно обоснованные. Так, например, для проведения технологических исследований фосфоритовых руд месторождения Чилисай была отбрана технологическая проба массой 6 тыс. т, из которой затем отбирались частные пробы для лабораторных и полупромышленных испытаний. Всего было использовано около 300 кг; остальная масса пробы оказалась ненужной. Особенно высокие требования к объему проб предъявляют технологи, испытывающие нерудное металлургическое сырье, что в большинстве случаев вызвано не технологическими нуждами, а необходимостью приспособления к работе действующих предприятий. Создание в системе Министерства геологии СССР собственной технологической базы во многом способствовало бы сокращению затрат на производство технологических исследований и повышению их достоверности.

Приведенное свидетельствует о необходимости критического отношения к объему проб и обоснованию соответствующими расчетами.

В практической деятельности нередко возникают вопросы о месте отбора технологических проб и должна ли технологическая проба характеризовать полезное ископаемое на полную его мощность? Технологическая проба должна отбираться преимущественно на участке первоочередной разработки месторождения, представительному по составу и качеству полезного ископаемого. Отбор проб, характеризующих полную мощность полезного ископаемого, не всегда возможен (особенно при большой его мощности), а практически и не нужен. Проба может отбираться из вскрытой горными выработками части разреза полезного ископаемого, однако нередко обеспечить представительность пробы путем взятия ее из одной выработки не всегда возможно. Вследствие этого технологическая проба может отбираться из разных выработок. Основное условие к ней — быть представительной по всем тем показателям, которые были изложены выше.

Полученные результаты технологических испытаний необходимо критически проанализировать как технологами, так и геологами. Обычно результаты технологических исследований, проведенных на нескольких единичных пробах или при непрерывных испытаниях в отчетах, выражаются средними величинами. Это не позволяет судить о стабильности технологических параметров и исключает возможность объективной оценки их

воспроизводимости, что нередко приводит к неподтверждению технологических показателей в промышленных условиях.

Анализируя результаты технологических исследований, необходимо учитывать постоянство качества и свойств концентратов основных и попутных компонентов, показатели их технологического передела. С целью контроля качества технологических исследований можно воспользоваться методикой, предложенной Г. В. Остроумовым, И. Д. Ивановой и Н. С. Масалович [36], которая позволяет оценивать фактическую воспроизводимость полученных в процессе технологических испытаний результатов не только количественно, но и выявлять влияние различных факторов на стабильность технологических показателей.

Для нахождения суммарной погрешности методикой предусматривается определение по данным 10—12 опытов, проведенных в разное время при идентичных условиях, по известным формулам среднего квадратичного отклонения результатов от их среднего значения, которое и будет характеризовать воспроизводимость технологического процесса и позволит установить границы его возможных отклонений.

При оценке стабильности результатов обогащения следует давать оценку воспроизводимости выхода концентрата и его качества. Если в результате обогащения получается во всех случаях кондиционный концентрат, то достаточно определить воспроизводимость только по извлечению.

Факторы, влияющие на стабильность технологических показателей, могут быть как объективными (состав исходного материала, интервал между опытами и т. д.), так и субъективными (квалификация исполнителей, подбор оборудования и др.). Для исключения влияния субъективных факторов в эксперименте должны участвовать одни и те же исполнители с одним и тем же оборудованием. Продолжительность опытов, нормы расхода и последовательность введения реагентов, а также подготовка проб к анализу при проведении исследований на воспроизводимость должны быть строго одинаковыми во всей серии опытов.

В ряде случаев проведенные технологические испытания свидетельствуют о возможности переработки полезного ископаемого по двум или нескольким технологическим схемам, иногда принципиально отличным.

В этих случаях необходимо произвести сравнение технико-экономических показателей разработанных схем, и на основе сопоставления определить не только преимущество той или иной схемы, но и установить границы эффективности каждой из них. При разведке, например, месторождений фосфоритов Каратау обычно возникает вопрос о преимуществах и недостатках термического и кислотного способов их переработки, а при разведке месторождений калийных солей нередко трудно отдать предпочтение галургическому или флотационному способу пе-

переработки, и т. д. Решение этих вопросов возможно только путем сопоставления технико-экономических показателей каждой из схем. Естественно, что для сопоставления должны быть использованы технологические опыты, проведенные на сырье с одинаковым содержанием не только основного, но и всех других компонентов. На оценку эффективности каждой схемы немаловажное влияние оказывает и ассортимент продукции, которую предполагается получить из минерального сырья. Проведенное, например, Ю. А. Забелешинским, Э. И. Цининым и М. В. Андреевым (1978) экономическое сравнение термической и кислотной переработки фосфатного сырья показало, что термическая переработка фосфатного сырья экономически оправдана только при необходимости выпуска чистых соединений (кормовых фосфатов для животноводства, реактивов и др.) либо в тех случаях, когда технически невозможно переработать сырье кислотным методом без предварительного обогащения, а эффективный способ обогащения отсутствует.

Исследованиями Всесоюзного научно-исследовательского института галургии установлено, что калийные соли с низким содержанием хлористого калия и высоким содержанием нерастворимого остатка и окиси магния целесообразно перерабатывать галургическим способом, а соли с относительно низким содержанием вредных примесей — флотационным способом. В ряде случаев хорошие результаты дает комбинированный флотационно-галургический способ.

Оценивая результаты технологических исследований, необходимо учитывать, насколько разработанная схема соответствует особенностям вещественного состава полезного ископаемого разведываемого месторождения. Недоучет этого обстоятельства нередко приводит к тому, что существующая технология переработки минерального сырья не позволяет стабильно получать продукцию высокого качества. Происходит это потому, что при проведении испытаний технологи не учитывают возможность нейтрализации содержащихся в полезном ископаемом вредных примесей. Так, в цементном сырье, кроме основных клинкеробразующих компонентов, содержатся примеси, которые сами по себе являются вредными, но при определенном сочетании вредное влияние их нейтрализуется. Вредное влияние окиси магния, например, нейтрализуется в том случае, если в сырье присутствуют плавиковый шпат, фосфор, окись хрома и даже другая вредная примесь — щелочь. При высоком содержании щелочей их вредное влияние может быть нейтрализовано путем введения в шихту гипса, плавикового шпата, хлористого кальция или какого-либо другого минерализатора. Все это свидетельствует о необходимости при проведении технологических испытаний строго учитывать вещественный состав полезного ископаемого, соотношение в нем содержания различных примесей, добиваться устранения вредного влияния примесей путем

введения соответствующих минерализаторов. Геологи, принимающие результаты технологических исследований, должны критически оценивать их и с этих позиций.

При современном высоком уровне потребления нерудных полезных ископаемых удовлетворение потребности народного хозяйства в минеральном сырье, пригодном для использования в естественном виде, становится трудно разрешимой задачей. Вследствие этого возникла необходимость использования в народном хозяйстве сложных по составу, труднообогатимых, бедных по содержанию ценных компонентов руд. Применение обычных, традиционных способов обогащения не всегда дает положительные результаты. Новые методы обогащения нерудных полезных ископаемых при разведке месторождений нерудных полезных ископаемых, к сожалению, используются редко. Широкие перспективы открывают радиометрические методы. Эти методы (фторометрический, люминесцентный, авторадиметрический, фотонейтронный, гамма-абсорбционный и др.) обладают, как правило, высокой селективностью при обработке труднообогатимых и комплексных полезных ископаемых. Они позволяют разделить полезное ископаемое на разновидности, эффективно обогащаемые в дальнейшем другими способами. В настоящее время доказана возможность использования радиометрических способов обогащения практически для всех полезных ископаемых, но наиболее эффективно их применять для обогащения контрастных руд. Поэтому при составлении программ технологических исследований необходимо предусматривать проведение опытов по радиометрическому обогащению полезного ископаемого.

Разработанная технологическая схема обогащения или переработки минерального сырья предназначена для внедрения ее в промышленность. Вследствие этого при оценке результатов технологических исследований следует учитывать возможность ее воспроизводства в промышленных условиях, цены и возможность получения предусмотренных схемой реагентов, использование оборотной воды, а также состав сточных вод и возможность их сброса в поверхностные водоемы.

## **ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основной целью гидрогеологического и инженерно-геологического изучения месторождения является сбор и обработка материалов, обосновывающих возможность составления технически правильного и экономически целесообразного проекта безопасной его разработки.

Знание гидрогеологических и инженерно-геологических особенностей разведываемого месторождения обеспечивает также правильную и безопасную проходку разведочных выработок. В ряде случаев содержащиеся на месторождении подземные воды

могут сами по себе представлять практический интерес как источник технического или хозяйственно-питьевого водоснабжения, что требует оценки обводненности месторождения не только с точки зрения его осушения, но и с точки зрения хозяйственного использования подземных вод.

Основными факторами, обуславливающими гидрогеологические и инженерно-геологические условия разработки месторождения, являются: 1) наличие на месторождении или вблизи его границ поверхностных водотоков или водоемов; 2) мощность и литологический состав пород, наличие в них водоносных горизонтов и взаимосвязи между ними; 3) напоры подземных вод на кровлю и почву полезного ископаемого; 4) физико-механические свойства песчано-глинистых пород, степень трещиноватости и закарстованности скальных пород как самой полезной толщи, так и вмещающих ее отложений; 5) степень изоляции полезного ископаемого водоупорными породами; 6) наличие тектонических нарушений; 7) характер современного и погребенного древнего рельефа; 8) намечаемая система разработки месторождения.

По степени сложности гидрогеологических и инженерно-геологических условий все месторождения твердых полезных ископаемых принято разделять на четыре группы [19].

1. Месторождения с простыми гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями. Эти месторождения характеризуются залеганием почвы полезного ископаемого выше местного базиса эрозии или ниже его, но в тех случаях, когда физико-географические и геолого-тектонические условия не благоприятны для интенсивного питания и накопления подземных вод, а расчетные водотоки в подземные горные выработки или карьер не превышают 100—200 м<sup>3</sup>/ч; слагающие месторождение породы устойчивы. Освоение месторождений этой группы не требует разработки специальных осушительных мероприятий и мер, направленных на предотвращение проседания или обвалов кровли, оползней, селей и т. д.

2. Месторождения со средней сложностью гидрогеологических и инженерно-геологических условий. Для месторождений этой группы характерно залегание почвы полезного ископаемого ниже местного базиса эрозии, а физико-географические и горно-тектонические условия благоприятны для питания подземных вод; отсутствие связи водоносных горизонтов с поверхностными водотоками и водоемами; наличие в кровле полезного ископаемого рыхлого обломочного водоносного материала мощностью до 10—15 м. Водоприитоки в подземные горные выработки или карьер могут достигать 200—500 м<sup>3</sup>/ч. Освоение месторождений этой группы требует проведения относительно небольших мероприятий по предварительному осушению или снижению напора подземных вод и обычно не вызывает осложнений, связанных с инженерно-геологическими свойствами пород.

3. Месторождения со сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями разработки. Физико-географические и геолого-тектонические условия этих месторождений благоприятны для накопления значительных количеств подземных вод в рыхлообломочном материале; на поверхности месторождения или вблизи его границ имеются водотоки или водоемы; водопритоки в горные выработки или карьер могут достигать 500—1000 м<sup>3</sup>/ч; породы, вмещающие полезное ископаемое, не устойчивы и обладают слабой водоотдачей. Для нормальных условий вскрытия и разработки месторождений этой группы требуется проведение предварительных и систематических мероприятий по осушению или снижению напора подземных вод и специальные мероприятия по поддержанию устойчивости вскрываемых пород.

4. Месторождения с очень сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями разработки. Характеризуются они наличием в кровле полезного ископаемого мощной (50—100 и более м) толщи водоносных пород, представленных преимущественно рыхлообломочным материалом; наличием на поверхности месторождения или вблизи его границ крупных водотоков и водоемов; водопритоки в подземные горные выработки или карьеры достигают 1000—2000 м<sup>3</sup>/ч. Промышленное освоение месторождений этого типа требует проведения большого объема работ по осушению или снижению напора подземных вод, причем проведение этих работ осложняется неблагоприятными инженерно-геологическими свойствами пород (слабая водоотдача, частое переслаивание водопроницаемых и водупорных пород и т. д.). Не исключаются возможности оползней, обвалов и т. д.

Сложность гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений обуславливает различную методику и объемы проведения этих работ.

В общем случае они сводятся к наблюдениям за уровнем воды и состоянием стенок горных выработок и буровых скважин в процессе их проходки и после окончания. Такие наблюдения должны производиться на месторождениях всех четырех групп и на всех стадиях геологоразведочного процесса. В более сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях на стадии поисково-оценочных работ и предварительной разведки месторождения производятся кратковременные пробные откачки с последующим наблюдением за восстановлением уровня воды.

При детальной разведке производят опытные откачки, обычно на три понижения (раздельно для вскрышных пород и полезного ископаемого), а при большой их мощности и существенных различиях в литологическом составе — для каждой литологической разновидности. Эти откачки продолжаются до получения постоянного дебита на каждом понижении. В стадию

детальной разведки как правило оборудуются также куст скважин из одной опытной и двух-трех наблюдательных скважин. При наличии в районе разведываемого месторождения эксплуатируемых месторождений, находящихся в аналогичной гидрогеологической обстановке, следует собрать сведения о степени обводненности этих месторождений, а также о применяемых мероприятиях по их осушению, использование которых с одной стороны позволит более правильно запроектировать объем и характер гидрогеологических работ на разведываемом месторождении, а с другой — повысить достоверность полученных на нем гидрогеологических данных. На разрабатываемых месторождениях необходимо производить наблюдения за водоотливом в течение всего периода разведочных работ, а также режимные наблюдения за характером изменения уровней и состава подземных вод при разработке месторождения.

В процессе проведения разведочных работ необходимо обследовать и опробовать существующие в районе месторождения источники водоснабжения.

При разведке месторождений, расположенных в районах развития многолетнемерзлых пород, необходимо установить горизонты межмерзлотных и подмерзлотных вод, определить их дебит и химический состав.

Объем гидрогеологических исследований (количество кратковременных и пробных откачек, их продолжительность и т. д.) зависит от сложности гидрогеологических условий разработки месторождения и определяется проектом работ.

В результате гидрогеологических исследований на месторождениях, подготовленных для промышленного освоения, должны быть выявлены, изучены и оценены потенциальные ресурсы подземных и поверхностных вод, которые могут участвовать в обводнении эксплуатационных горных выработок или могут быть использованы как источник водоснабжения.

Для составления правильного проекта разработки месторождения гидрогеологическими работами должны быть выявлены все водоносные горизонты, наиболее обводненные участки и зоны (карстования, тектонические, дробления), а также талики среди многолетнемерзлых пород, возможные водопритоки в эксплуатационные выработки, особенности формирования депрессионной воронки при осушении месторождения, влияние осушения месторождения на существующие водозаборы и поверхностные водотоки и водоемы, химический состав подземных и поверхностных вод, их бактериологическое состояние, агрессивность по отношению к металлу и бетону.

В случае намечаемого использования воды необходимо дать оценку соответствия качества воды требованиям государственного стандарта, если воды предполагается использовать для хозяйственно-питьевого водоснабжения или технических целей. При отсутствии технических условий они должны быть до на-

чала детальной разведки месторождения разработаны и утверждены заинтересованной организацией.

При разведке новых месторождений в районах отсутствия известных источников возможного водоснабжения будущего предприятия необходимо произвести исследования с целью изыскания этих источников и дать выявленным источникам предварительную оценку в степени, необходимой и достаточной для обоснования в дальнейшем специальных гидрогеологических работ. В районах с дефицитом водных ресурсов возможным источником водоснабжения необходимо дать количественную и качественную оценку с подсчетом эксплуатационных запасов.

Для определения возможных водопритоков на месторождениях, характеризующихся сложными гидрогеологическими условиями, следует применять метод моделирования.

По результатам гидрогеологических исследований, проведенных на месторождении, необходимо составить гидрогеологическую карту месторождения с соответствующими разрезами.

Для изучения инженерно-геологических условий разработки месторождения из пород полезной толщи и пород вскрыши и почвы полезного ископаемого отбираются монолиты. Количество отбираемых для изучения физико-механических и инженерно-технических свойств пород зависит от сложности инженерно-геологических условий разработки, а характер их испытаний — от литологического состава пород. Объем и вид инженерно-геологических исследований определяются проектом работ.

В общем случае в результате проведенных инженерно-геологических исследований должны быть изучены: физико-механические свойства рыхлых покровных отложений полезного ископаемого и вмещающих его пород, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии (крепость, пористость, водопроводящие и водоотдающие свойства, размокаемость, пластичность, способность к пучению и оплыванию, объемная масса, плотность, коэффициент сцепления и угол внутреннего трения); литологический и минеральный состав пород, их трещиноватость, слоистость, а также возможность возникновения оползней, селей, лавин и других физико-геологических явлений, которые могут осложнить разработку месторождения.

Определение физико-механических свойств горных пород обычно производится в стационарных лабораторных условиях, что ввиду загруженности лабораторий нередко вызывает трудности в размещении анализов, удлинение сроков разведки месторождения. В настоящее время сконструирована экспериментальная полевая инженерно-геологическая лаборатория (ПИГЛ-1), использование которой может существенно удешевить и ускорить производство физико-механических испытаний

Схема проведения физико-механических испытаний скальных и полускальных пород на установке ПИГЛ-1 (по М. Ф. Кунтышу, С. В. Николаеву и В. И. Савченко)

Исходный материал	Вид образца	Испытания для определения
Проба	Правильной и полуправильной формы	Упругих свойств Поглощающих свойств
		Средней плотности Свободного водопоглощения Принудительного водопоглощения Способности к размоканию
Проба	Неправильной формы	Сопrotивления сдвигу по поверхности ослабления
		Контактной прочности Крепости Абразивности

горных пород. Эта лаборатория позволяет непосредственно в полевых условиях получить информацию о физико-механических и технических свойствах пород. С ее помощью можно определить показатели водно-физических свойств горных пород (среднюю плотность, открытую и эффективную пористость, влажность, водонасыщенность, способность к размоканию и набуханию), прочностные свойства пород (прочность при сжатии и разрыве, сопротивление сдвигу по поверхности ослабления, сцепления и угол внутреннего трения), деформационные показатели (модуль упругости, коэффициент Пуассона), технические характеристики (крепость по М. М. Протодьякову, константную прочность, абразивность, буримость).

Установка ПИГЛ-1 смонтирована на платформе автомашины, что обуславливает мобильность ее перемещения.

Проведенные сравнительные испытания образцов горных пород в стационарных лабораторных и полевых условиях на установке ПИГЛ-1, показали, что точность определения средних значений показателей физико-механических и технических свойств в обоих случаях практически одинакова. Это позволяет рекомендовать применение полевой лаборатории при проведении разведочных работ на месторождениях нерудных полезных ископаемых.

Определение физико-механических и технических свойств горных пород на установке ПИГЛ-1 целесообразно производить по схеме, приведенной в табл. 3.

Для районов с развитием многолетнемерзлых пород необходимо кроме вышеуказанных физико-механических свойств определить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, контуры и глубину распространения таликов, изменение физико-механических свойств пород при оттаивании.

Особое внимание при разведке месторождений в районах развития мерзлоты следует обратить на изучение геокриологических условий как самого месторождения, так и прилегающих к нему площадей, что позволяет составить прогноз возможных изменений окружающей среды в результате разработки месторождения, учесть и по возможности уменьшить влияние этих изменений при составлении проекта горнодобывающего предприятия.

При наличии в районе разведываемого месторождения действующего горнодобывающего предприятия, работающего на базе месторождения, находящегося в аналогичных с разведываемым горнотехнических условиях, необходимо собрать материалы об условиях его разработки и учесть их при оценке инженерно-геологических условий разведываемого месторождения.

В результате проведенных на месторождении гидрогеологических и инженерно-геологических исследований должны быть получены исходные данные для проектирования на базе разведанного месторождения горнодобывающего предприятия. В отдельных случаях, при особой сложности гидрогеологических и инженерно-геологических условий, получить в процессе разведочных работ необходимые данные без существенного увеличения затрат и сроков разведки месторождения невозможно. В этих случаях требуется проведение специальных работ. Вопрос о сроках и порядке их проведения должен быть согласован с заинтересованным министерством или ведомством.

## **КОМПЛЕКСНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Несмотря на то что Советский Союз располагает большими запасами полезных ископаемых, Коммунистическая партия и Правительство СССР проявляют большую заботу о бережном, хозяйском отношении к природе как первоисточнику материальных благ, как важному фактору успешного решения экономических и социальных задач.

Первостепенное значение в сохранении природных богатств имеет проблема наиболее полного комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов и отходов производства.

Комплексное использование минерального сырья, кроме того, способствует концентрации горной промышленности, значительному уменьшению капитальных затрат, экономии времени и средств на добычу полезных ископаемых. Наибольшее значение имеет комплексное изучение и использование нерудных

(неметаллических) полезных ископаемых. Многие виды их в зависимости от состава и свойств используются в различных отраслях народного хозяйства. Например, известняки применяются в 15 отраслях производства. Не менее многочисленны и области использования песков — формовочный материал, стекольная и абразивная промышленность, строительство и т. д. Разнообразно применение глин, доломитов, различных видов изверженных пород. На некоторых месторождениях в теле полезного ископаемого содержится несколько ценных минералов или элементов, каждый из которых представляет промышленный интерес: слюда, полевой шпат и кварц в слюдоносных пегматитовых жилах, барит, флюорит и металлы — в барито-флюоритовых полиметаллических рудах и т. д. Использование в качестве полезного ископаемого пород вскрыши повышает экономичность разработки месторождения.

Ценным сырьем для промышленности могут служить попутно получаемые при добыче и переработке продукты, которые в настоящее время нередко рассматриваются как отходы производства.

Все это показывает, что изучение месторождений нерудных полезных ископаемых должно производиться комплексно. Это положение зафиксировано в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к различным видам нерудных полезных ископаемых [24], однако практически при оценке месторождений принцип комплексности не всегда соблюдается.

При разведке месторождений полезных ископаемых не всегда дается оценка пород вскрыши и отходов производства, как агрохимического сырья и сырья для производства строительных материалов. Нередко в качестве сырьевых баз для производства строительных материалов разведываются полезные ископаемые, использование которых более рационально в других отраслях промышленности. При разведке месторождений, содержащих ряд других компонентов, не всем им дается промышленная оценка, слабо разработана методика комплексной оценки месторождений нерудных полезных ископаемых.

При комплексном изучении месторождений нерудных полезных ископаемых должна быть дана оценка: 1) пригодности полезного ископаемого для различных назначений; 2) всех компонентов, содержащихся в полезном ископаемом в концентрациях, представляющих промышленный интерес; 3) возможности использования пород вскрыши, а также непригодных для применения по основным назначениям пород, залегающих в продуктивной толще; 4) возможности и экономической целесообразности переработки и использования попутно получаемых при добыче и технологическом пределе продуктов: мелочи, отсевов, хвостов обогащения, шлаков и т. д.

Одним из важнейших условий правильной промышленной оценки месторождений полезных ископаемых является всесто-

роннее изучение их свойств, позволяющее установить, в какой области наиболее целесообразно применить данное сырье.

Обычно с необходимой детальностью полезное ископаемое изучается применительно к установленным в задании областям использования его, что является правильным. Однако одновременно с оценкой сырья для целей, предусмотренных заданием на его разведку, необходимо проводить дополнительные исследования, позволяющие предварительно оценить его для использования в других отраслях народного хозяйства, что требует увеличения затрат. Размер этих затрат и их эффективность в значительной степени зависят от правильности методики комплексной оценки.

Вследствие большого разнообразия состава и свойств нерудных полезных ископаемых конкретные требования к комплексности оценки того или иного вида сырья могут иметь свои специфические особенности. Однако общие принципы для всех полезных ископаемых едины.

Эти принципы сводятся к следующему.

1. Максимальное использование результатов химических и минералогических анализов, петрографических исследований и технологических испытаний, полученных при изучении сырья для основных назначений.

2. Дополнительные анализы и испытания следует производить в том случае, если результаты изучения сырья свидетельствуют о: а) непригодности сырья для назначения, указанного в задании, но не исключают возможности использования его для другого назначения; б) возможности использования сырья для более ответственного назначения или в отрасли производства, сырье для которого более дефицитно в данном районе.

В этом случае вопрос об области применения сырья должен быть согласован с заинтересованными организациями и решен в госплане республики или Госплане СССР.

3. Применение скоростных методов анализов и испытаний, выяснение и использование зависимости между отдельными свойствами сырья.

Согласно классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в комплексных рудах, подлежат обязательному подсчету и учету, помимо основных, также и сопутствующие ценные компоненты.

Парагенетический комплекс минералов или элементов, которые в определенных условиях могут представлять практический интерес для месторождений нерудных полезных ископаемых, довольно широк и разнообразен. Это прежде всего барит и флюорит в полиметаллических рудах, слюда и редкие металлы в пегматитах, хромит, асбест, тальк в ультраосновных породах, никель и кобальт в коре выветривания, рассеянные редкие элементы, титан, цирконий, золото и другие в месторождениях песков.

Наличие в теле полезного ископаемого нескольких элементов или минералов, каждый из которых представляет промышленный интерес, требует комплексного изучения его, так как извлечение из одного и того же сырья многих компонентов удешевляет стоимость передела его и позволяет получить готовую продукцию по более низкой себестоимости. Несоблюдение условий комплексного использования сырья наносит народному хозяйству большой материальный ущерб. Переработка одних только нефелинов дала бы народному хозяйству миллионы тонн остродефицитных продуктов: соды, поташа, окиси алюминия и цемента.

Обычно к попутным полезным компонентам относят все выявленные минеральные комплексы, отдельные компоненты руд и рассеянные элементы, которые при разработке основного полезного ископаемого могут быть рентабельно извлечены и использованы в промышленности. Эта формулировка не позволяет четко определить грань между основными и попутными компонентами. В большинстве случаев к основным относят компоненты, извлечение которых является целью разработки месторождения, что во многих случаях не оправдано и сдерживает промышленное освоение месторождения. Действительно цель разработки месторождения определяется отраслью, которая будет его эксплуатировать. Так, например, при разведке апатит-редкометалльных месторождений по заданию Министерства цветной металлургии в качестве основных компонентов будут выступать редкие металлы, а при разведке этих же месторождений по заданию Министерства химической промышленности основным компонентом будет апатит. Иногда основной компонент не обеспечивает необходимую рентабельность разработки месторождения без извлечения и утилизации попутного в этом понимании компонента, вследствие чего отрасль, выдавшая задание на разведку месторождения, не заинтересована в его промышленном освоении.

Представляется более правильным к основным компонентам относить все компоненты, извлечение и утилизация которых обеспечивают получение отраслевой нормы прибыли. К попутным компонентам следует относить только те, которые повышают рентабельность работы горнодобывающего предприятия, но не определяют ее целесообразность. Такое определение будет способствовать повышению комплексного использования недр.

Изучение месторождений на попутные полезные компоненты должно осуществляться в соответствии с требованиями ГКЗ СССР к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья [13].

Несмотря на большое значение комплексной оценки месторождений полезных ископаемых, при выборе объектов, на которых следует производить комплексное изучение сырья, нужно

проявлять определенную осторожность, чтобы избежать неоправданных затрат. Это прежде всего относится к тем месторождениям, на которых визуально определить попутные компоненты невозможно или трудно. Естественно, что подвергать анализам все породы любого разведываемого месторождения бессмысленно: кроме затрат больших средств, это ни к чему не приведет.

При разведке месторождений нерудных полезных ископаемых, находящихся в благоприятных структурно-литологических условиях, в первую стадию исследования необходимо производить качественные спектральные анализы, а при разведке месторождений песка в металлоносных провинциях или горизонтах — минералогический анализ тяжелой фракции. При встрече тех или иных металлов или минералов следует выполнить количественный спектральный анализ единичных проб, отобранных из различных пород, слагающих месторождение. Если будет установлено повышенное содержание какого-либо элемента, то необходимо произвести химические анализы на этот элемент, и при подтверждении его промышленной концентрации разведать месторождение по соответствующей программе. Если же концентрации обнаруживаемых спектральным анализом элементов незначительны, то следует отобрать мономинеральные пробы основных рудообразующих минералов (например, барита и кварца при установлении содержания золота в кварц-баритовых жилах), чтобы выявить связь обнаруженного компонента с тем или иным минералом.

Количество мономинеральных проб в каждом случае определяется с учетом особенностей месторождения. При установлении корреляционной связи попутного компонента с определенным минералом необходимо по достаточному количеству анализов построить графики зависимости содержания попутных компонентов от содержания основного компонента. При детальной разведке следует изучить возможность извлечения попутных компонентов и выполнить технико-экономические расчеты, подтверждающие целесообразность их извлечения. При низких содержаниях попутных компонентов вопрос о промышленной ценности решает технология их извлечения. Запасы попутных компонентов относят к балансовым или забалансовым в зависимости от того, подсчитаны они в блоках балансовых или забалансовых руд по основному компоненту. В обоих случаях должна быть доказана возможность извлечения этих компонентов при обогащении либо в самостоятельные концентраты, либо в концентраты основных компонентов. В последнем случае должна быть изучена также возможность и целесообразность их разделения.

При разведке месторождений, в полезном ископаемом которого содержатся попутные компоненты, неизбежно возникает вопрос о степени их разведанности и в каком количестве они

должны разведываться, если их общие ресурсы значительно превышают требуемые.

При решении этого вопроса основное значение приобретают потребность народного хозяйства в попутных компонентах, наличие разработанной технологии, экономическая целесообразность и необходимость их извлечения.

В последнее время наблюдаются случаи значительных затрат средств на излишне детальное изучение попутных компонентов, потребность в которых отсутствует или ограничена, а технология извлечения требует существенного изменения технологии переработки основного полезного ископаемого, что экономически нецелесообразно. Вследствие этого глубокому изучению должны подвергаться только те попутные компоненты, на которые установлена конкретная потребность, а детально изученные запасы в количественном отношении должны находиться в пределах этой потребности. Изучая попутные компоненты и давая им промышленную оценку, необходимо учитывать возможность их извлечения по технологической схеме переработки основного компонента, в котором они рассеяны, а если это невозможно, то давать оценку экономической целесообразности переработки основного компонента по другой схеме, по которой достигается извлечение попутного компонента. Изучение попутных компонентов должно ограничиваться предварительной оценкой их количества и качества с указанием возможных областей промышленного использования.

Полезная толща многих месторождений нерудных полезных ископаемых имеет неоднородное строение — чередуются кондиционные и некондиционные породы, а также прослои и линзы пород, непригодных для использования по назначению, указанному в задании. Включение этих пород в полезную толщу в случае их большого количества или большой мощности может привести к тому, что полезная толща в целом не будет удовлетворять требованиям промышленности по качеству. В то же время исключение этих пород путем селективной их отработки с отнесением в отвал усложняет горнотехнические условия разработки месторождения, и в отдельных случаях она становится нерентабельной. В таких условиях остро встает вопрос о комплексном использовании пород, слагающих полезную толщу. В практике геологоразведочных работ и эксплуатации известно много случаев, когда отдельные горизонты оцениваются для различных целевых назначений. Так, на Еленовском месторождении чистые и доломитизированные разности известняков рассматриваются как флюсовое сырье, а доломиты — как сырье для огнеупорной промышленности, на Каймановском месторождении чистые разности известняков оценены как сырье для цементной промышленности, а заключенные в них горизонты доломитов и доломитизированных известняков — как материал для бутового камня и щебня.

Нередко полезная толща перекрыта мощным слоем пород вскрыши, вследствие чего разработка месторождения становится нерентабельной, и запасы относятся к забалансовым. Использование пород вскрыши позволило бы изменить экономику добычи сырья и перевести запасы в разряд балансовых.

К сожалению, положение с использованием пород вскрыши все еще нельзя признать удовлетворительным. Ежегодный объем выемки вскрышных пород на карьерах, например, Марганецкого горнообогатительного комбината составляет 35—40 млн. м<sup>3</sup>, а используется не более 3%. Среди добытых и неиспользуемых вскрышных пород находится 5—6 млн. т суглинков, пригодных для кирпично-черепичного производства, до 1 млн м<sup>3</sup> ракушечниковых и оолитовых известняков, из которых при обжиге можно получить строительную известь, 1,0—1,5 млн. м<sup>3</sup> песков различного состава, которые могут найти применение при изготовлении кладочных и штукатурных растворов, а также в качестве мелкого наполнителя бетона, 2,3—3 млн. м<sup>3</sup> зеленых надрудных глин, являющихся сырьем для изготовления, керамзита. Не лучшее положение с использованием вскрышных пород и на других крупных разрабатываемых месторождениях.

При разведке новых месторождений строительных материалов геологические организации обычно ориентируются на заявки отраслевых министерств и глубоко не анализируют возможность удовлетворения потребности за счет вскрышных пород, разрабатываемых и намечаемых к промышленному освоению месторождений других видов полезных ископаемых. В ряде случаев разведываются месторождения строительных материалов, находящиеся в непосредственной близости от разрабатываемого месторождения другого полезного ископаемого, во вскрыше которого залегают те же породы, что и на разведываемом. Нередко отказ в изучении пород вскрыши аргументируется отсутствием потребности и даже приводятся документы, подтверждающие это. В действительности в некоторых районах потребность в дополнительных материалах отсутствует, так как она полностью удовлетворяется за счет привозного сырья или разработки многочисленных мелких карьеров, что приводит к изъятию из сельскохозяйственного производства значительных площадей.

Большая часть предприятий Облмежколхозстроя, облкоммунхозов, отдельных совхозов и колхозов удовлетворяет свою потребность за счет разработки месторождений самостоятельными небольшими карьерами. Эти карьеры, вследствие незначительной глубины, занимают большие площади пахотных земель, характеризуются малой производительностью, низким качеством продукции и высокой ее себестоимостью. Таким образом, необходимо глубоко анализировать баланс потребления и производства стройматериалов, оценивать источники покрытия потребности, производить сравнительные технико-экономические

расчеты удовлетворения потребности за счет существующих источников и вскрышных пород. Однако, выбирая в качестве источника покрытия потребности в строительных материалах вскрышные породы, необходимо иметь в виду, что они нередко существенно отличаются в худшую сторону от аналогичных пород, не затронутых процессами рудообразования. Для них характерны более высокая объемная масса и повышенное содержание сульфидов, что увеличивает стоимость строительства и обуславливает быстрое разрушение зданий и сооружений. В одном из городов нашей страны вследствие этого создалось очень неприятное положение: применение в качестве строительного материала вскрышных пород одного месторождения никеля привело к необходимости перестройки целых жилых кварталов. Поэтому при оценке вскрышных пород, особенно месторождений сульфидов и других рудных минералов, нельзя исходить только из традиционно сложившихся требований, а следует учитывать особенности вещественного состава вскрышных пород этих месторождений.

Большое значение в настоящее время приобретает утилизация отходов производства: хвостов обогатительных фабрик, металлургических, химических и других заводов. Уже сейчас на металлургических предприятиях Украины перерабатывается около 37 % доменных шлаков, а в дальнейшем планируется переход на безотвальную работу.

Возрастающее потребление побочно полученных при добыче, обогащении и технологическом переделе продуктов, по-видимому, не позволяет называть эти продукты «отходами производства», так как этот термин неверно отражает их роль и значение в народном хозяйстве.

Побочно получаемые продукты сами по себе являются ценным сырьем. Из шлаков возможно получение широкой номенклатуры материалов и изделий: отвального и специального щебня, гранулированных шлаков, минеральной ваты, пемзы, различных блоков и плит, ситаллов, минеральных удобрений и т. д.

На Ждановском металлургическом заводе «Азовсталь» при годовой выплавке 5 млн. т чугуна одновременно производятся 1 млн. т гранулированного шлака, около 1 млн. м<sup>3</sup> шлаковой пемзы, более 300 тыс. м<sup>3</sup> шлаковаты и свыше 1 млн. м<sup>3</sup> литого щебня. Годовой доход от реализации этой продукции составляет 12 млн. руб., в т. ч. прибыль 7 млн. руб. Выпуск стройматериалов на «Азовстали» обходится в 2—3 раза дешевле, чем на специализированных предприятиях.

Несмотря на имеющиеся успехи, уровень переработки и использования побочно получаемых продуктов еще не соответствует требованиям народного хозяйства. В очень небольшом количестве используются отходы электростанций, которые с каждым годом увеличиваются, отходы углеобогащения, коксохимза-

водов, предприятий горнохимической и других отраслей промышленности.

Немалую ответственность за это должны нести геологи, разведующие месторождения полезных ископаемых. До сих пор изучению и оценке отходов добычи и обогащения при разведке месторождений уделялось мало внимания, а изучение и оценка отходов технологического передела вообще не производились. По-видимому, появилась необходимость уже на стадии детальной разведки давать обстоятельную оценку получаемым при добыче, обогащении и технологическом переделе побочных продуктов. Для этого прежде всего нужно на основе их минерального и химического состава и физико-механических свойств устанавливать возможное направление использования; при проведении технологических испытаний основного сырья ставить перед организациями, проводящими эти испытания, задачу оценки продуктов технологического передела и обогащения; изучить технологию переработки отходов, получаемых при добыче. При этом следует иметь в виду, что в переработке отходов производства, особенно в шлакопереработке, сложилась своя собственная технология, внедрено специальное оборудование и автоматизированные установки, номенклатура и ассортимент продукции непрерывно расширяются. Поэтому для проведения технологических исследований необходимо привлекать специализированные организации, способные решить поставленные задачи на небольшом количестве материала, получаемом при разведке, обогащении или технологических исследованиях проб основного сырья.

Производя комплексную оценку месторождения, следует иметь в виду, что она является не самоцелью, а средством повышения экономического потенциала месторождения, наиболее полного, но в то же время рационального использования сырья. Поэтому во всех случаях должна даваться лишь принципиальная оценка возможности использования всего комплекса горных пород, минералов, элементов и «отходов производства» при минимальных затратах средств на их изучение.

Детальному изучению должны подвергаться лишь те горные породы, минералы, элементы, побочные продукты добычи, обогащения и технологического передела, на которые имеется конкретный потребитель, а установленная потребность подтверждена плановыми органами.

При наличии такой потребности разведка попутных полезных ископаемых, компонентов и пород вскрыши производится в общем контуре разведки основного полезного ископаемого, так как вскрытие и извлечение их из недр будут осуществляться в течение всего периода разработки основного полезного ископаемого, а разведка лишь части запасов, в пределах заявленной потребности не позволит планомерно поставлять соответствующее, попутно получаемое сырье потребителю. В то

же время в технико-экономическом обосновании кондиций учитываются полезные ископаемые, компоненты, породы вскрыши, в количествах заявленной потребности. Запасы отходов обогащения и технологического передела как правило специально не разведываются и не подсчитываются. Они определяются по результатам технологических испытаний, путем установления их выхода, разумеется, при условии доказательства, что определенный по результатам технологических испытаний выход продукта и его качество характерны для всего месторождения, а не только для той части полезного ископаемого, которое было отобрано в пробу. При наличии нескольких разновидностей минерального сырья или резко изменчивом его качестве выход и качество отходов обогащения и переработки должны определяться для каждой разновидности и на пробах разного качества.

Существенную помощь здесь может оказать технологическое картирование.

### **ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

В условиях ускоренного развития горной, химической, металлургической и других отраслей промышленности все большее значение приобретает устранение вредного влияния продуктов на окружающую среду, возникающих при добыче и переработке минерального сырья.

Получаемые при разработке месторождения, и особенно при переработке минерального сырья, биологически вредные промышленные стоки нередко сбрасываются в водоносные горизонты, при этом влияние сброса их на загрязнение окружающей среды не всегда учитывается. В процессе проведения геологоразведочных работ, и особенно при разработке месторождения открытым способом, создаются новые формы рельефа, уничтожаются почва и растительность, изменяются гидрогеологические условия участка работ, развиваются эрозионные процессы. При проходке канав, шурфов, карьеров и буровых скважин в процессе геологоразведочных работ производится прорубка просек, прокладка подъездных путей, строительство складов и т. д.

Многие миллионы тонн отходов, получаемых при разведке месторождений полезных ископаемых, их добыче, обогащении и переработке, требуют больших площадей для их размещения.

Рост горной и перерабатывающей промышленности неизбежно приведет к еще большему воздействию их на окружающую среду. Вот почему Коммунистическая партия Советского Союза и Советское правительство постоянно проявляют заботу о бережном, хозяйственном отношении к природе как источнику жизни человека. Ярким доказательством большого внимания к охране природных богатств и окружающей среды являются принятые Верховным Советом СССР законы об утверждении Основ Законодательства Союза ССР и союзных республик

о недрах, Основ водного и земельного законодательств, в которых, наряду с большим комплексом других задач, определены задачи по охране окружающей среды.

Одним из важнейших мероприятий по охране окружающей среды является восстановление природного ландшафта, существовавшего до начала разработки или разведки месторождения. Эта задача непосредственно касается геологов, связанных с разведкой месторождений полезных ископаемых.

В соответствии с действующими основными положениями по восстановлению нарушенного при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геологоразведочных, строительных и других работ, предприятия, организации и учреждения, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым или подземным способом, осуществляющие все виды строительства или выполняющие геологоразведочные и иные работы предоставленных им во временное пользование сельскохозяйственных землях или лесных угодьях, обязаны за свой счет приводить эти земельные участки в состояние, пригодное для использования в сельском, лесном или рыбном хозяйстве, а при производстве указанных работ на других землях — в состояние, пригодное для использования их по назначению.

В соответствии с этим положением геологоразведочные организации обязаны при проведении геологоразведочных работ осуществлять рекультивацию земель, даже в тех случаях, когда разведка месторождения производится только буровыми скважинами, так как механическое бурение вызывает изменение структуры почвы, ее влажности, разрушение корней деревьев, кустарников и т. д.

Существующие способы рекультивации делятся на три группы: горнотехнические, биологические и строительные. Горнотехнические способы рекультивации заключаются в засыпке выработок, выравнивании и покрытии почвенным слоем поверхности. При биологической рекультивации, которой предшествует горнотехническая, озеленяются земли, возделываются сельскохозяйственные и лесные культуры, заселяются искусственно созданные водоемы. Строительная рекультивация предусматривает использование горных выработок для строительных объектов. Способ рекультивации и условия приведения земельных участков, нарушенных при разработке месторождений полезных ископаемых, проведении геологоразведочных, строительных и иных работ в состояние, пригодное для дальнейшего использования, по существующему положению определяется органами, предоставляющими земельные участки в пользование.

Рекультивация площадей, нарушенных горными выработками, — процесс сложный. Для ее проведения требуются значительные средства, частичное изменение технологии горнопроходческих работ, пересмотр существующих методов ликви-

дации и консервации разведочных выработок. С целью уменьшения объемов рекультивационных работ и сокращения затрат на их осуществление следует при проведении разведочных работ ограничить вырубку леса, разработать и внедрить принципиально новые методы и средства проходки канав, так как площадь нарушения земельной поверхности зависит от способа проходки, применяемых технических средств и глубины.

В табл. 4 приведены значения коэффициента изменения площади нарушения за счет отклонения фактической ширины канав от требуемой ( $K$ ).

Из таблицы видно, что влияние способа проходки канав и применение различных технических средств более значительны

Таблица 4

Значение коэффициента изменения площади нарушения при различных способах проходки канав (по А. А. Смоляницкому)

Глубина канавы, м	Значение $K$ при проходке			
	взрывным способом на выброс	экскаваторами типа		бульдозерами
		Э-303А	Э-352	
1	1,6	1,27	1,7	1,7—2,0
2	1	1	1,12	1,1—1,3
3	1	1	1	1

при малых глубинах. Объем рекультивационных работ и затрат на их осуществление зависит и от многих других факторов, в частности от технологии проходки. При существующей технологии проходки горных выработок применяется валовый способ размещения горной массы, при котором плодородный слой смешивается с остальной породой. Это осложняет последующие рекультивационные работы. Более целесообразно применять селективный способ, при котором почвенно-растительный слой снимается и складировается отдельно. По данным Дальневосточного производственного геологического объединения Министерства геологии РСФСР, при таком способе и соответствующей механизации работ стоимость засыпки 1 м<sup>3</sup> канав составляет 0,15—0,30 руб.

Согласно существующему положению предприятия, организации и учреждения, осуществляющие промышленное или иное строительство, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, а также проводящие другие работы, вызывающие нарушение почвенного покрова (механическое повреждение, загрязнение, затопление), обязаны не только снимать почвенно-растительный слой, но и транспортировать его к месту укладки (или временного хранения), а также наносить его на восстанавливаемые земли или малопродуктивные угодья.

При снятии, складировании и хранении почвенного слоя необходимо принимать меры, исключающие ухудшение его каче-

ства (смешивание с подстилающими породами, загрязнение жидкостями или материалами и др.), а также размыв и выдувание складированного плодородного слоя почвы. Для этой цели целесообразно поверхность отвала почвы засевать травами или применять какие-либо другие способы.

С целью уменьшения площадей, изымаемых из сельскохозяйственного производства, все геологоразведочные организации должны использовать для геологоразведочных работ в первую очередь земли несельскохозяйственного назначения. Это положение особенно строго должно соблюдаться при поисках и разведке месторождений строительных материалов, так как относительно широкое их распространение позволяет выбрать месторождение, находящееся на пустующих землях. Не исключено, что экономические показатели разработки такого месторождения будут несколько ниже, чем на оптимально удобном для эксплуатации месторождении, но общий экономический и социальный эффект безусловно будут выше. Территория нашей страны огромна — 2240 млн. га, но из них только 19 % (427 млн. га) пригодно для сельскохозяйственного использования, остальную часть занимают горы, тайга, тундра и пустыни. При открытой разработке месторождений ежегодно нарушается зеленая поверхность на площади более 35 тыс. га. При подземной разработке и при производстве геологоразведочных работ площади нарушений поверхности значительно меньшие, но и они довольно значительны. Только в организациях системы Министерства геологии СССР при геологоразведочных работах на земную поверхность ежегодно выдается более 20 млн. м<sup>3</sup> разрыхленных пород. Приведенное свидетельствует о том, что сохранность каждого гектара плодородных земель имеет большое народнохозяйственное значение. На освоение новых земель взамен изымаемых для несельскохозяйственных нужд потребуются затраты значительных средств. Согласно нормативам, стоимость освоения одного гектара земли под пашню в РСФСР колеблется в зависимости от экономического района от 5420 р. в Северо-Западном районе до 9160 р.— в Северо-Кавказском районе, а стоимость освоения одного гектара земли под высокопродуктивные кормовые угодья (сенокосы и пастбища) от 3120 р. в Центральном районе до 4990 р.— в Северо-Кавказском районе.

Все это указывает на острую необходимость бережного отношения к нашему земельному фонду. При проведении геологоразведочных работ на плодородных землях, согласно существующему положению, следует изучать почвенно-растительный слой. При изучении почвенного слоя должны быть установлены его мощность, глубина и характер залегания, определены и согласованы с сельскохозяйственными организациями качество и ценность почв для данного района.

В отдельных случаях в районах, мало обеспеченных плодо-

родными землями, при разведке месторождения необходимо давать оценку не только почвенно-растительного слоя, но и подстилающих их пород, которые после агротехнической обработки могут быть использованы в сельском хозяйстве. Технические требования к этим породам (суглинкам, супесям и т. д.) должны быть разработаны соответствующими сельскохозяйственными организациями исходя из агротехнической классификации пород в данном районе. В указанных случаях запасы таких пород должны быть подсчитаны и утверждены в установленном порядке.

Существенное значение для сохранения земельного фонда имеет размещение отвалов горных пород, золы и других промышленных отходов. Как правило, они должны размещаться на землях, не пригодных для сельскохозяйственного производства или не занятых лесами первой группы, за пределами площади предприятия и поселка, с соблюдением санитарных норм и правил безопасности, установленных Госстроем СССР или согласованных с ним.

При наличии во вскрышной толще скальных или токсичных горных пород необходимо предусмотреть отдельную выемку и укладку этих пород в основание образуемого отвала.

Серьезным средством сокращения изъятия из сельскохозяйственного производства земель, а в некоторых случаях даже для увеличения земельного фонда, является промышленное использование отходов производства, шлаков, золы топлива и других продуктов, о чем было сказано в предыдущем разделе.

Согласно существующему положению приведение земельных участков в пригодное состояние производится в ходе работ, а при невозможности этого — не позднее чем в течение года после завершения работ. Приведение почвенного слоя в пригодное состояние или организация его временного хранения должны осуществляться также в ходе работ, а при невозможности этого — не позднее чем в месячный срок после завершения работ, исключая период промерзания почвы. Второй, не менее важной проблемой охраны окружающей среды является проблема обезвреживания промышленных стоков и устранения вредного влияния отходов производства на водоемы и атмосферу.

Вредное влияние на водоемы определяется возможностью попадания в них из шламонакопителей, водооборотных систем, выбросов в атмосферу и других источников водорастворимых соединений, содержащих вредные компоненты, шламов химического производства и песковой фракции при обогащении, а также остатков реагентов и их производных при технологической переработке сырья.

На состояние естественных водоемов оказывает также влияние интенсивный отбор воды из них и питающих водоносных горизонтов для производственных и хозяйственно-бытовых нужд.

Вредное влияние на атмосферу оказывают производственные

выбросы в воздух различных нетоксичных водонерастворимых пылей, водорастворимых соединений ядовитых элементов в виде газов и пылей и других, традиционно присущих промышленному комплексу веществ. Поэтому при разработке обогащения или технологического передела минерального сырья, которые чаще всего осуществляются «мокрыми» способами, должны решаться вопросы предотвращения загрязнения сточными водами естественных водоемов, предусматриваться системы замкнутого водооборота в технологическом процессе без сброса сточных вод. В процессе разработки речных и террасовых месторождений песчано-гравийного материала обычно происходит значительное загрязнение речных или озерных вод; внедрение эффективных мероприятий по очистке загрязненных вод и многократное использование воды в замкнутом технологическом цикле в этом случае крайне необходимо. При невозможности исключить сброс промышленных вод необходимо правильно организовать работы по выбору водоносного горизонта, в который они будут сбрасываться.

Для правильного выбора такого горизонта необходимо определить его емкость, надежность изоляции от эксплуатируемых водоносных комплексов, дать прогноз изменения условий приема водоносным горизонтом протокков во времени. Для этого следует выяснить состояние гидрохимических условий водоносного горизонта, установить характер и степень проницаемости слагающих и водовмещающих его пород, провести опыты с целью изучения физико-химических процессов взаимодействия протокков с подземной водой и породами, дать качественную и количественную оценку степени изменения естественной проницаемости пород под влиянием процессов, возникающих при сбросе промышленных вод.

Разработка месторождений с интенсивным для его осушения водоотливом может отрицательно повлиять на ресурсы подземных вод района, в котором находится месторождение. В связи с этим геологоразведочные организации, производя разведку месторождения, обязаны давать оценку влияния будущего водоотлива на ресурсы подземных вод района.

При наличии вблизи месторождения озер и искусственных водохранилищ должны оставляться водоохраные зоны. Это законодательное положение должно учитываться разведчиками при определении границ площадей разведочных работ. Размеры водоохраных зон необходимо согласовать с исполнительными комитетами Советов народных депутатов и бассейновыми управлениями по регулированию использования и охране вод.

При определении источников технического водоснабжения будущего предприятия необходимо иметь в виду, что использование для этих целей питьевой воды как правило не допускается и может быть разрешено лишь в крайних случаях соответствующими компетентными органами.

Помимо этого геологоразведочные организации, проводящие буровые и горные работы при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых должны принимать и другие меры, направленные на охрану подземных вод. К таким мерам относятся ликвидационный тампонаж скважин с целью изоляции водоносного горизонта, рациональный водоотбор из пробуренных гидрогеологических скважин, рациональное проведение горных работ, сооружение водонепроницаемых завес вокруг предельных контуров карьеров, очистка, нейтрализация и использование в производстве шахтных и карьерных вод и др.

Увеличение масштабов строительства приводит к необходимости как расширения производства традиционных строительных материалов, так и изыскания новых более дешевых материалов. В последние годы для производства строительных материалов все более широко стали использоваться отходы горной, металлургической, химической и других отраслей промышленности. Утилизация отходов приводит в большинстве случаев и к некоторому уменьшению загрязнения окружающей среды. Однако эти отходы иногда содержат естественные радиоактивные изотопы в существенно больших концентрациях, чем традиционно используемые строительные материалы.

Выборочные исследования концентрации радионуклидов в стройматериалах показали, что средняя концентрация их в строительных материалах близка и даже несколько меньше средней концентрации в земной коре, и лишь около 3% всех строительных материалов имеют концентрацию естественных радионуклидов, превышающую норматив. Превышение норматива концентрации радионуклидов наиболее вероятно у строительных материалов, изготавливаемых из скальных горных пород и отходов металлургической, химической и горной промышленности. Превышение допустимой концентрации радионуклидов в кирпиче, глине и песке менее вероятно. Силикатный кирпич, известь, цемент, алебастр содержат естественные радионуклиды в концентрациях, как правило, ниже средней. Концентрация естественных радионуклидов в строительном материале зависит не только от типа материала, но и от месторождения. Поэтому при проведении разведочных работ на строительные материалы необходимо давать радиационно-гигиеническую оценку минерального сырья.

Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-76) удельная активность естественных радионуклидов в строительных материалах, используемых во всех вновь строящихся жилых и общественных зданиях не должна превышать для  $^{228}\text{R}$  —  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/кг; для  $^{232}\text{Th}$  —  $7 \cdot 10^{-8}$  Ки/кг и для  $^{40}\text{K}$  —  $1,3 \cdot 10^{-7}$  Ки/кг. Для смеси указанных радионуклидов с концентрацией  $C$  (Ки/кг) должно выполняться условие:

$$\frac{cR}{1 \cdot 10^{-8}} + \frac{cTh}{7 \cdot 10^{-8}} + \frac{cK}{1,3 \cdot 10^{-7}} \leq 1.$$

Все строительные материалы по концентрации естественных радионуклеидов подразделяются на пять классов. К первому классу относятся строительные материалы, применение которых возможно во всех видах строительства. Ко второму классу относятся строительные материалы, которые могут использоваться для всех видов промышленного и дорожного строительства, причем при применении этих материалов для сооружения промышленных зданий в помещениях должен быть обеспечен достаточный воздухообмен. Материалы этого класса в жилищном и культурно-бытовом строительстве применяться не должны. К материалам третьего класса относятся такие строительные материалы, которые могут быть использованы в пределах населенных пунктов только для строительства подземных сооружений, пребывание людей в которых исключено (канализационные коллекторы, трубопроводы и т. д.) при условии покрытия их достаточным слоем (не менее 0,5 м) грунта или низкорadioактивного материала. За пределами населенных пунктов материал может использоваться для дорожного строительства, сооружения железнодорожных насыпей, изготовления шпал, столбов и т. д. Строительные материалы четвертого класса могут применяться только для целей подземного строительства за пределами населенных пунктов при условии их покрытия достаточным слоем (не менее 0,5 м) низкорadioактивного материала. Материалы пятого класса не должны использоваться в строительстве.

Разделение строительных материалов на классы исходя из содержания радионуклеидов, должно производиться согласно методическим рекомендациям Минздрава СССР по радиационно-гигиенической оценке строительных материалов. Этими же рекомендациями регламентируются и методы измерения концентрации радионуклеидов.

Учитывая особую опасность радиоактивного излучения при проведении разведочных работ на строительные материалы, необходимо уже в самом начале геологоразведочного процесса (на стадии поисково-оценочных работ) определить естественную радиоактивность пород месторождения и дальнейшие разведочные работы производить только в том случае, если породы, слагающие месторождение, относятся к первому классу. В отдельных случаях, при отсутствии в районе других месторождений строительных материалов и только при наличии документально подтвержденной потребности в минеральном сырье ограниченного использования (второго, третьего и четвертого классов), может быть, как исключение, произведена детальная разведка месторождений, сложенных породами с повышенной радиоактивностью. При этом должны быть проведены широкие поисковые работы с целью выявления месторождений строительных материалов первого класса, и в случае отрицательных результатов поисков технико-экономическими расчетами должна быть доказана целесообразность освоения месторождений.

## ГЛАВА VII

### ГЕОЛОГОПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Кондиции на нерудное минеральное сырье, методика их обоснования и порядок утверждения.** Кондиции на минеральное сырье представляют собой совокупность требований к качеству полезных ископаемых в недрах, горногеологическим и иным условиям разработки, соблюдение которых при оконтуривании и подсчете запасов позволяет правильно подразделить запасы полезных ископаемых по их народно-хозяйственному значению на балансовые, использование которых экономически целесообразно, и забалансовые, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, но которые в дальнейшем могут являться объектом промышленного освоения.

С геологической точки зрения кондиции должны обеспечить полное, комплексное и рациональное использования недр. Экономический уровень кондиций должен соответствовать народно-хозяйственной эффективности, обуславливающей производство готовой продукции в количествах, необходимых для удовлетворения потребностей страны при минимальной затрате общественного труда.

Обоснование кондиций на минеральное сырье должно производиться исходя из общегосударственных интересов, в соответствии с социалистическими принципами оценки минерально-сырьевых ресурсов страны.

Разработка материалов технико-экономического обоснования кондиций должна производиться на основе применения прогрессивной техники и технологии добычи и переработки сырья, освоенной передовыми предприятиями отрасли или принятой в проектах строительства, с соблюдением существующих законодательств в области охраны труда и природы.

Кондиции устанавливаются временные и постоянные.

Временные кондиции разрабатываются на основании результатов предварительной разведки. Во временных кондициях в зависимости от вида минерального сырья, геологических особенностей и предполагаемого способа разработки месторождений обычно предусматриваются следующие показатели: 1) минимальное промышленное содержание полезных компонентов по подсчетным блокам, включаемым в число балансовых запасов; в отдельных случаях, при значительных колебаниях содержания полезных компонентов и общем высоком уровне

рентабельности разработки месторождения, допускается установление минимального промышленного содержания не на подсчетный блок, а на отдельное изолированное тело полезного ископаемого, пласт, в целом по всему месторождению; 2) бортовое содержание полезных компонентов в пробе, при котором производится оконтуривание запасов по мощности в случае отсутствия четких геологических границ; иногда целесообразно устанавливать и бортовое содержание полезных ископаемых по пересечению, по которому оконтуривается тело полезного ископаемого по площади; 3) минимально допустимое среднее содержание вредных примесей в подсчетном блоке и допустимое содержание их в пробе или пересечение при оконтуривании запасов; 4) требования к выделению при подсчете запасов технологических типов и сортов минерального сырья; 5) минимальная мощность тел полезного ископаемого, включаемых в подсчет запасов; 6) максимальная мощность пустых пород, находящихся внутри контура тел полезного ископаемого и включаемых в подсчет запасов; 7) требования к физико-механическим свойствам минерального сырья; 8) допустимое соотношение мощностей или объемов вскрышных пород и полезного ископаемого (коэффициент вскрыши); 9) требования к оценке забалансовых запасов. В некоторых случаях во временных кондициях могут предусматриваться и другие показатели: предельно допустимый коэффициент рудоносности, минимальный выход товарной продукции, минимальные размеры тел полезного ископаемого или минимальные запасы, максимальная глубина отработки, мощности предохранительных целиков и т. д.

Для месторождений полезных ископаемых, по которым имеются государственные или отраслевые стандарты, технические условия требования к качеству сырья должны находиться в соответствии с указанными стандартами и техническими условиями.

Разработка временных кондиций должна производиться в соответствии с действующими инструкциями соответствующих отраслевых министерств, согласованных с Министерством геологии СССР и Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР. При производстве технико-экономических расчетов, обосновывающих временные кондиции, учитываются запасы всех категорий, включая и запасы категории  $C_2$ .

Временные кондиции используются для оперативных подсчетов запасов в процессе детальной разведки месторождения и после утверждения постоянных кондиций утрачивают свою силу. Проекты временных кондиций разрабатываются геологоразведочными организациями, осуществляющими разведку месторождения, или по их поручению отраслевыми проектными и научно-исследовательскими институтами. Утверждаются они заинтересованными отраслевыми министерствами по согласованию

с Министерством геологии СССР. В спорных случаях временные кондиции утверждаются ГКЗ СССР.

Временные кондиции являются основой, на базе которой решается вопрос о постановке детальной разведки месторождения. Это определяет их значение: неправильно установленные временные кондиции могут привести к бросовым затратам на разведку месторождения, не имеющего промышленного значения. Характерным примером в этом отношении является Петриковское месторождение калийных солей. Поскольку соли месторождения характеризуются повышенным содержанием хлористого магния, при разработке кондиций было установлено предельно допустимое его содержание, равное 8%. При этом условии все соли имеющихся на месторождении четырех слоев отвечали кондициям, что обеспечивало строительство на базе месторождения калийного комбината заданной производительности.

Однако после окончания детальной разведки при согласовании проекта постоянных кондиций с заинтересованными организациями последние, ссылаясь на опыт промышленности, считали необходимым предельное содержание хлористого магния в солях установить на уровне 0,8%, что практически исключало промышленное значение детально разведанного месторождения. Приведенный пример показывает, что иногда временные кондиции составляются и утверждаются без учета состояния технологии переработки минерального сырья, опыта работы промышленных предприятий, перерабатывающих аналогичное сырье и геолого-экономических факторов разработки месторождений. Это приводит к необходимости существенного их изменения при утверждении постоянных кондиций. Такое положение нельзя считать нормальным. Временные и постоянные кондиции должны сохранять преемственность. Каждый факт разной оценки промышленного значения месторождения по временным и постоянным кондициям должен рассматриваться как чрезвычайное обстоятельство.

Постоянные кондиции разрабатываются по результатам детальной разведки, а для эксплуатируемых месторождений — по данным разведки и материалам эксплуатационных работ.

Технико-экономическое обоснование и расчеты постоянных кондиций разрабатываются для всех месторождений, на базе которых будут проектироваться новые или реконструироваться действующие горнодобывающие предприятия. При расчете отдельных параметров постоянных кондиций необходимо исходить из максимально возможного приближения к реальным условиям работы предприятия. Обязательным является обоснование оптимальной производительности будущего предприятия, его состава и режима работы, принятой технологии добычи и переработки минерального сырья, технологической возможности

и экономической целесообразности промышленного извлечения попутных полезных ископаемых, включая породы вскрыши, главных технологических показателей: качества добываемого сырья и продуктов обогащения, выхода концентратов (товарной руды) и их качества, содержания и извлечения основных и попутных компонентов.

В постоянных кондициях устанавливаются те же параметры, что и во временных.

*Минимальное промышленное содержание полезного компонента.* Под минимальным промышленным содержанием понимают такое содержание полезного компонента в полезном ископаемом, извлекаемая ценность которого обеспечивает возврат всех затрат на добычу и переработку полезного ископаемого, включая капиталовложения. Определяется оно исходя из следующего равенства:

$$Ц = \frac{100}{c \cdot I_{\text{общ}} \cdot K_p} (C_d + C_o),$$

где  $Ц$  — цена 1 т полезного компонента в товарном концентрате, руб.;  $C_d + C_o$  — расходы на 1 т полезного ископаемого (добыча, переработка, общерудничные расходы), руб.;  $c$  — минимальное промышленное содержание полезного компонента, %;  $I_{\text{общ}}$  — извлечение полезного компонента при переработке;  $K_p$  — коэффициент разубоживания полезного ископаемого при добыче.

Иногда расчеты удобнее производить исходя из стоимости 1 т концентрата, а не 1 т полезного ископаемого в концентрате. В этом случае формула будет иметь следующий вид:

$$Ц_k = \frac{100 \cdot c_k}{c \cdot I_{\text{общ}} \cdot K_p} (C_d + C_o),$$

где  $Ц_k$  — цена 1 т концентрата, руб.;  $c_k$  — содержание полезного компонента в концентрате, %.

Производя решения по этим формулам относительно минимального промышленного содержания ( $c$ ), получим:

$$c = \frac{100}{Ц \cdot I_{\text{общ}} \cdot K_p} (C_d + C_o) \text{ или } c = \frac{100 \cdot c_k}{Ц \cdot I_{\text{общ}} \cdot K_p} (C_d + C_o).$$

В общем случае минимальное промышленное содержание устанавливается для подсчетного блока, так как при этом более высокое содержание полезного компонента (по сравнению с минимальным промышленным) в отдельных блоках будет обеспечивать прибыльную работу предприятия при отработке всего месторождения. Однако в отдельных случаях установление минимального промышленного содержания для отдельного блока приводит к резкому уменьшению балансовых запасов, пестрому чередованию блоков балансовых и забалансовых запасов при высоком уровне отработки всего месторождения.

В таких ситуациях целесообразно минимальное промышленное содержание устанавливать не на подсчетный блок, а на отдельное тело полезного ископаемого, пласт или в целом для всего месторождения, так как убыточная обработка отдельных частей месторождения будет компенсироваться высокой прибылью обработки других его частей.

Установленное минимальное промышленное содержание, как правило, должно обеспечивать при обработке всего месторождения отраслевую норму прибыли и нормативный срок окупаемости капитальных вложений.

Однако в ряде случаев это условие не может быть решающим. Для месторождений дефицитных полезных ископаемых, особенно находящихся в районе действующих предприятий, к балансовым могут относиться запасы, не обеспечивающие нормативную прибыль и установленный срок возмещения капитальных затрат, так как окупаемость всех затрат в разрезе амортизационного срока работы предприятия уже учтена при расчете минимального промышленного содержания и, следовательно, предприятие будет работать безубыточно или с прибылью ниже нормативной. Поэтому при согласии отраслевого министерства, которое будет эксплуатировать месторождение, такие запасы могут быть отнесены к балансовым.

Минимальное промышленное содержание зависит от ряда технологических, горнотехнических и экономических факторов, важнейшими из которых являются: 1) количество запасов и условия их залегания, обуславливающие производительность предприятия и стоимость добычи полезного ископаемого; 2) процент извлечения полезного компонента из руды и сложность технологического процесса, обуславливающих стоимость передела полезного ископаемого; 3) объем капиталовложений в проектируемое предприятие (рудник, обогатительная фабрика и т. д.), определяющий размер амортизации; 4) отпускные цены на готовую продукцию, служащие контролем правильности установления минимального промышленного содержания. Согласно существующему положению при определении минимального промышленного содержания могут учитываться на месторождениях твердых неметаллических полезных ископаемых рапы, и озерных солей балансовые запасы категорий  $A+B+C_1$ , а по месторождениям пьезооптического и камнесамоцветного сырья, а также сложным месторождениям других полезных ископаемых — и запасы категории  $C_2$ .

Коэффициент извлечения полезного компонента из руды принимается по результатам технологических исследований или прогрессивного опыта работы действующих предприятий.

Расходы на 1 т добычи и переработки полезного ископаемого определяют себестоимость продукции. Она складывается из заработной платы, стоимости материалов и электроэнергии, амортизации основных фондов и прочих затрат.

Заработная плата — одна из основных статей расходов на добычу и обогащение минерального сырья. Она составляет 35—45 % всех затрат на добычу и обогащение при открытой и 65—75 % — при подземной разработке месторождения. Годовой фонд заработной платы рабочих, ИТР и служащих определяется исходя из их численности и среднегодовой зарплаты. Численность рабочих рассчитывается с учетом обоснованной производительности труда и объемов годовой добычи. Численность ИТР и служащих зависит от системы разработки и годовой добычи. Расход и стоимость материалов (ВВ, средства взрывания, сталь, твердые сплавы, крепежный лес и т. д.) рассчитываются по нормам расхода в зависимости от крепости и устойчивости пород по оптовым ценам с учетом их транспортировки. Расход и стоимость электроэнергии определяются по нормам и отпускным ценам на электроэнергию.

Использование при расчете кондиций цен на электроэнергию, отличающихся от оптовых для данного района страны, возможно только при согласовании этих цен с Министерством энергетики и электрификации СССР и Государственным комитетом цен СССР, а по полезным ископаемым, продукция из которых будет использоваться в пределах республики, — с соответствующими органами республики.

Амортизационные отчисления на восстановление основных фондов слагаются из отчислений на амортизацию капитальных горных выработок, зданий и сооружений производственного назначения и из отчислений на восстановление оборудования. Затраты на строительство зданий, сооружений и горные капитальные работы определяются на основе расчетов по укрупненным показателям с использованием аналогов и поправок. Затраты на оборудование рассчитываются по прейскурантным ценам с учетом транспорта, монтажа и заготовительных расходов. Особо рассчитывается стоимость новых видов оборудования.

Себестоимость отдельных видов продукции, получаемой при переработке комплексного сырья, определяется или пропорционально распределению общих затрат на добычу и переработку комплексного сырья в соответствии с ценностью получаемых при этом продуктов, или путем прямых расчетов затрат, требующихся на каждый вид продукции.

Первый метод целесообразно применять в том случае, когда руда содержит два или более основных полезных компонентов (например, апатит и нефелин в апатит-нефелиновых рудах) и затраты по добыче и переработке полезного ископаемого в одинаковой степени нужны для всех этих компонентов.

Второй метод используется для расчета себестоимости второстепенных или попутных компонентов, и только в том случае, если процесс получения этих компонентов сопровождается дополнительными операциями и, следовательно, дополнительными

затратами (например, апатит в железных рудах Ковдорского месторождения).

Минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде обуславливается не только себестоимостью продукции, но и ценой на нее.

В настоящее время для расчета минимального промышленного содержания используются в основном оптовые цены. Однако эти цены в силу сложившихся исторических причин и вовлечения в промышленное освоение более бедных и сложных по геологическим и горнотехническим условиям разработки месторождений не всегда согласуются с затратами на получение продукции горнодобывающими предприятиями.

Вследствие этого Временной типовой методикой экономической оценки месторождений полезных ископаемых, утвержденной Государственным комитетом по науке и технике и Государственным комитетом СССР по ценам [12], допускается возможность использования в необходимых случаях при расчете кондиций замыкающих затрат.

Замыкающие затраты представляют собой предельно допустимые с народнохозяйственных позиций затраты на прирост производства данной продукции для рассматриваемого периода. Они применяются (по согласованию с Государственным комитетом СССР по ценам) при оценке месторождений, когда уровень действующих оптовых цен существенно отличается от уровня замыкающих затрат. Однако при денежной оценке по замыкающим затратам выполняется также оценка по оптовым ценам.

Виды минерального сырья и географические зоны, для которых оценка месторождений и разработка кондиций осуществляются на основе замыкающих затрат, определяются в отраслевых методиках. Эти методики разрабатываются отраслевыми министерствами и утверждаются министрами по согласованию с Государственным комитетом СССР по ценам и ГКЗ СССР.

Замыкающие затраты могут быть зональными или едиными для всей страны в зависимости от соотношения затрат по добыче и транспортировке сырья до потребителей.

Наиболее точным методом определения замыкающих затрат является определение их на основе оптимизационных вариантных расчетов перспективных планов или схем развития и размещения соответствующих отраслей (или взаимосвязанных отраслей). Исходя из этих планов или схем для каждого рассматриваемого объекта по единой методике и нормативам определяются показатели предстоящих капитальных и эксплуатационных затрат на разведку, строительство (реконструкцию), поддержание мощности, добычу, переработку, транспортирование продукции к потребителю, а также показатели затрат у потребителей, зависящие от качества минерального сырья. Кри-

терием оценки является минимум указанных затрат в целом по отрасли за рассматриваемый период с учетом фактора времени.

Уровень замыкающих затрат может быть как ниже, так и выше уровня действующих оптовых цен, но его значение должно обеспечить выбор таких вариантов использования запасов эксплуатируемых и осваиваемых месторождений, при котором достигается минимум суммарных затрат на удовлетворение потребности в продукции отрасли в расчетной перспективе с учетом фактора времени с сохранением или превышением намечаемой исходным планом годовой выработки полезного компонента из минерального сырья в планируемом периоде.

При отсутствии возможности использования метода оптимизационных расчетов могут применяться упрощенные методы определения замыкающих затрат. Одним из таких методов является метод ранжирования месторождений (или их частей) по величине приведенных затрат на получение конечной продукции из добываемого сырья. При этом методе рассматриваются показатели индивидуальных затрат на единицу продукции по каждому действующему и всем намечаемым к вводу в разработку месторождениям (или их частям) и отбираются, начиная с наилучших, те месторождения, предприятия на базе которых обеспечат удовлетворение плановой потребности в данной продукции. Затраты по объектам, завершающим этот ряд, принимаются в качестве замыкающих. Месторождения, оставшиеся за пределом этого ряда, составят резерв минеральных ресурсов для использования в период после планируемого, либо в случае изменения экономических условий, новых технических достижений и т. д.

При определении замыкающих затрат должен учитываться уровень мировых цен на те виды продукции горнодобывающих отраслей, которые экспортируются или импортируются нашей страной или могут стать объектом экспортно-импортных операций в перспективе.

Показатель экономической оценки для всех месторождений приводится к году, применительно к которому выполняется данная оценка (как правило — к началу очередного пятилетнего плана). В необходимых случаях показатель оценки месторождения может приводиться также к году начала строительства горнодобывающего предприятия, году ввода его в действие, году достижения проектной мощности и т. д.

Вследствие резкого несоответствия оптовых цен и себестоимости фосфатного сырья экономическую оценку месторождений апатита и фосфоритов целесообразно в большинстве случаев производить исходя из замыкающих затрат.

Замыкающие затраты на фосфатное сырье определяются и устанавливаются на 10—15-летний период и уточняются в конце каждой пятилетки при разработке последующего пятилетнего

плана развития горнохимической промышленности. В качестве конечной продукции отрасли принимается 100 %-ная пятиокись фосфора в упаренной фосфорной кислоте. К расчету замыкающих затрат принимаются только те ресурсы фосфатного сырья, конечная продукция которых может явиться фосфорной кислотой. Все горнохимические предприятия, выпускающие фосфоритную муку с содержанием  $P_2O_5$  до 21—22 %, в расчет замыкающих затрат не принимаются.

В ряде случаев по замыкающим затратам следует производить и экономическую оценку месторождений строительных материалов, особенно в районе их дефицита.

*Бортовое содержание полезного компонента* представляет собой такое содержание полезного компонента в краевых пробах или пересечениях тела полезного ископаемого, при оконтуривании по которому создаются наиболее благоприятные горнотехнические условия разработки месторождения, наиболее полное, рациональное и комплексное использование минерального сырья и обеспечивается наибольший экономический эффект.

Бортовое содержание обычно бывает ниже минимального промышленного и лишь в редких случаях равно ему. При четких геологических границах тела полезного ископаемого с равномерным или неравномерным распределением полезного компонента бортовое содержание не устанавливается, и оконтуривание производится в геологических границах залежи полезного ископаемого.

Оконтуривание по бортовому содержанию, более низкому чем минимальное промышленное, приводит с одной стороны к увеличению запасов, а с другой — к снижению содержания полезного компонента в руде. Это обстоятельство дает основание отдельным специалистам утверждать, что применение бортового содержания ниже минимального промышленного приводит к вовлечению в промышленный контур запасов, экономически не выгодных для обработки, так как только минимальное промышленное содержание обеспечивает нулевую рентабельность разработки месторождения. Такой чисто экономический подход с дифференцированной оценкой запасов с содержанием ниже минимального промышленного и выше его представляется неправильным. Бортовое содержание, на наш взгляд, является понятием геолого-экономическим, и рассматривать его только с экономических или геологических позиций нельзя.

Применение бортового содержания на уровне ниже минимального промышленного действительно приводит к необходимости обработки убыточных запасов, но существенно улучшает горнотехнические условия разработки месторождения и увеличивает запасы. Это позволяет проектировать горнодобывающие предприятия более высокой производительности, так как увеличение затрат на обогащение более бедных руд компенсиру-

ется повышением производительности предприятия и снижением себестоимости добычи полезного ископаемого. Кроме того, оконтуривание по такому бортовому содержанию способствует более полному использованию недр.

Определение бортового содержания обычно производится методом вариантов. Выбор вариантов и их количество зависят от характера месторождения, но, как правило, их должно быть не менее трех. Все варианты должны укладываться в интервал от содержания в хвостах обогащения до минимального промышленного содержания.

По каждому из вариантов бортового содержания производится оконтуривание, подсчитываются запасы, определяется среднее значение содержания полезного компонента, оцениваются горно-технические условия разработки месторождения,

Т а б л и ц а 5

**Результаты оконтуривания флюоритовой залежи по разным вариантам бортового и минимального промышленного содержания**

Бортовое содержание $\text{CaF}_2$ , %	Запасы при минимальном промышленном содержании, %								
	30			35			40		
	Руда, тыс. т	Содержание $\text{CaF}_2$ , %	$\text{CaF}_2$ тыс. т	Руда, тыс. т	Содержание $\text{CaF}_2$ , %	$\text{CaF}_2$ тыс. т	Руда, тыс. т	Содержание $\text{CaF}_2$ , %	$\text{CaF}_2$ тыс. т
15	16900	34	5750	14 600	38	5500	12 700	41	5100
20	14 200	37	5200	7 900	53	4300	7 000	58	4200
25	10 700	42	4500	5 400	61	3300	—	—	—

обусловленные изменением морфологии тел полезного ископаемого.

Бортовое содержание полезного компонента тесно связано с минимальным промышленным содержанием, и ни один из этих параметров не может быть определен в отрыве друг от друга. Действительно, изменение бортового содержания обычно приводит к существенному изменению количества запасов, содержания полезного компонента в руде, производительности предприятия, условий разработки месторождения, т. е. тех показателей, которые определяют минимальное промышленное содержание. Поэтому изменение бортового содержания влечет за собой и изменение минимального промышленного содержания.

Методика определения бортового содержания в увязке с минимально промышленным может быть проиллюстрирована на примере одного из месторождений флюорита, на котором были приняты варианты бортового содержания  $\text{CaF}_2$ , равные 15, 20 и 25 %, а минимального промышленного 30, 35 и 40 %. Результаты повариантных расчетов приведены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что при оконтуривании залежи по бортовому содержанию 15 % существенных изменений в запасах

руды и ее качестве при изменении минимального промышленного содержания полезного компонента не происходит. Близкие результаты получаются при бортовом содержании 20 % и минимальном промышленном 30 %.

При бортовом содержании 20 % и минимальном промышленном в блоке 35 % резко уменьшаются запасы руды и возрастает содержание флюорита в залежи. При бортовом содержании

Таблица 6

Расчет себестоимости 1 т продукции при различных вариантах бортового и минимального промышленного содержания полезного компонента, в %

Элементы расчета	Минимальное промышленное содержание 35% при бортовом			Минимальное промышленное содержание 30% при бортовом 25	Минимальное промышленное содержание 40% при бортовом 15
	15	20	25		
Запасы руды, млн. т	14,6	7,9	5,4	10,7	12,7
Производительность предприятия при сроке амортизации 30 лет, т/сутки	1000	750	500	750	1000
Стоимость добычи и переработки 1 т руды с учетом амортизации предприятия, руб.	7,50	9,30	11,0	9,80	7,30
Затраты на добычу и переработку всей руды, млн. руб.	109,50	73,47	59,40	104,86	92,71
Содержание полезного компонента в руде, %	38	53	61	42	41
Запасы полезного компонента, млн. т	5,5	4,3	3,3	4,5	5,1
Извлечение полезного компонента из руды, %	70	80	80	70	70
Количество извлекаемого полезного компонента (в концентрат), млн. т	3,85	3,44	2,64	3,15	3,57
Затраты на извлечение 1 т полезного компонента (в концентрат), руб	28,44	21,35	26,28	33,28	26,00

20 % и минимальном промышленном 40 % количество руды и ее качество сравнительно мало отличаются от варианта минимального промышленного содержания 35 %. Производить оконтуривание по бортовому содержанию 25 % нецелесообразно, так как залежь разбивается на отдельные линзы, разработка которых возможна лишь маломощными карьерами, что увеличит стоимость добычи руды.

В табл. 6 приводится расчет себестоимости 1 т готовой продукции при различных вариантах бортового и минимального промышленного содержания полезного компонента в руде. В таблицу не включены варианты бортового и минимального

промышленного содержания, при которых запасы руды и ее качество существенно не отличаются.

Как видно из табл. 6, наиболее низкая стоимость концентрата получается при оконтуривании месторождения по бортовому содержанию 20 % и минимальном промышленном содержании 35 %. При оконтуривании по бортовому содержанию 15 % в промышленное освоение вовлекаются бедные руды, заключающие такое количество полезного компонента, ценность которого не окупает затрат на добычу руды и ее обогащение.

Действительно, разница в запасах руды при оконтуривании по бортовому содержанию 15 и 20 % составляет 6,7 млн. т, а разница в количестве извлекаемого полезного компонента 0,41 млн. т. На добычу и переработку этого количества руды на фабрике производительностью 1000 т/сут потребуется 50,25 млн. руб.

При этом вследствие разницы в затратах в 1 р. 80 к. на добычу и переработку руды на фабриках разной производительности при переработке остальных 7,9 млн. т руды получается экономия в 14,22 млн. руб. Следовательно, общие дополнительные расходы на переработку всей массы руды, подсчитанной по бортовому содержанию 15 %, будут составлять  $50,25 - 14,22 = 36,03$  млн. руб. Общая стоимость дополнительно полученного концентрата при цене за 1 т 24 р. 70 к. будет 10,13 млн. руб.

Иначе обстоит дело при сравнении оконтуривания по бортовому содержанию 20 и 25 %. При оконтуривании по бортовому содержанию 25 % рудная залежь разбивается на отдельные линзы; при этом теряется такое количество полезного компонента, которое по стоимости превышает затраты на добычу и переработку руды. Действительно, произведя вычисления, аналогичные вышеприведенным, получим, что стоимость теряемого полезного компонента (для минимального промышленного содержания 35 %) составит 21,7 млн. руб., а экономия от добычи и переработки меньшего количества руды, но по более высокой цене, — лишь 14,07 млн. руб. Поскольку затраты на добычу и переработку руды в этом случае меньше стоимости заключенного в ней полезного компонента, исключение ее из промышленного освоения экономически нецелесообразно. Таким образом, в рассмотренном примере оптимальным является вариант, предусматривающий минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде 35 % и бортовое — 20 %.

Интересный пример выбора бортового содержания приводят Е. О. Погребницкий и В. И. Терновой [40]. Главная залежь Ковдорского месторождения характеризуется очень высоким содержанием флогопита. Оконтуривание ее даже по бортовому содержанию, близкому к нулю, обеспечивает среднее содержание флогопита, в несколько раз превышающее минимальное промышленное. Поэтому при выборе оптимального варианта

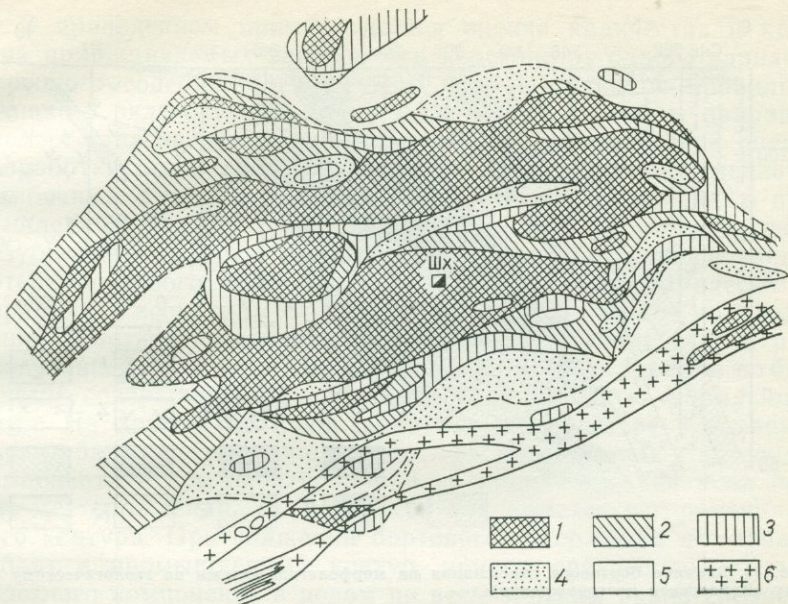


Рис. 12. Влияние бортового содержания на морфологию залежей (Ковдорское месторождение).

Содержание флогопита, кг/м<sup>3</sup>: 1 — более 100; 2 — 50—100; 3 — 20—50; 4 — 1,0—20; 5 — менее 1,0; 6 — дайки сиенитов

главное значение имело не изменение среднего содержания флогопита в руде, а обеспечение наиболее простой морфологии тела полезного ископаемого, возможно более полное использование недр и наиболее высокая эффективность разработки.

Таблица 7

Изменение запасов флогопита и среднего его содержания в руде в зависимости от варианта бортового содержания на Ковдорском месторождении (по Е. О. Погребницкому и В. И. Терновому)

Бортовое содержание, кг/м <sup>3</sup>	Запасы руды, %	Запасы флогопита, %	Среднее содержание флогопита, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент рудоносности	Прирост запасов руды, %	Содержание флогопита в приращиваемых запасах, кг/м <sup>3</sup>
Горизонт 144						
0	100	100	260	90,5	—	—
20	85	99,5	304	80	15	10
50	70	98,0	364	80	15	35
100	55	94,0	450	70	15	75
Горизонт 174						
0	100	100	203	93	—	—
20	82	99,3	244	86	18	18
50	66	97,5	301	77	16	35
100	42	91,0	444	73	24	75

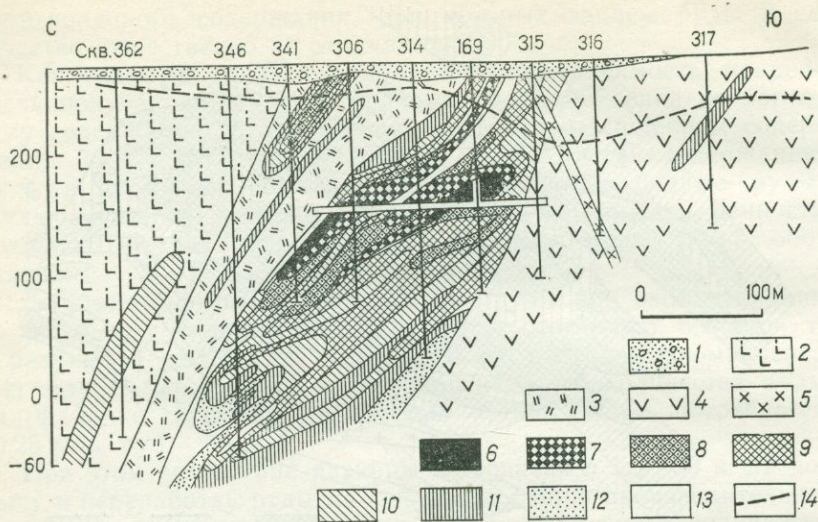


Рис. 13. Влияние бортового содержания на морфологию залежи по геологическому разрезу (Ковдорское месторождение):

1 — четвертичные отложения; 2 — монтчеллит-мелилитовые породы; 3 — флогопит-диопсид-оливиновые породы мелкозернистые; 4 — оливиниты средне- и крупнозернистые; 5 — дайки сиенитов; продуктивные флогопит-диопсид-оливиновые породы с содержанием флогопита,  $\text{кг}/\text{м}^3$ : 6 — более 1000; 7 — от 500 до 1000, 8 — от 200 до 500, 9 — от 100 до 200, 10 — от 50 до 100, 11 — от 20 до 50, 12 — от 10 до 20; 13 — менее 10; 14 — нижняя граница коры выветривания и распространения вермикулитовых руд

Влияние бортового содержания на морфологию залежи видно из рис. 12 и 13. Произведенный по разным вариантам бортового содержания подсчет запасов дал следующие результаты (табл. 7).

Из приведенной таблицы видно, что наиболее благоприятными являются бортовые содержания 20 и  $50 \text{ кг}/\text{м}^3$ . При оконтуривании по этим бортовым содержаниям залежь имеет наиболее простую морфологию, потери флогопита незначительны (до 2—2,5 %), содержание его в руде высокое.

При бортовом содержании  $100 \text{ кг}/\text{м}^3$  морфология залежи значительно усложняется, внутри ее появляются крупные некондиционные участки, коэффициент рудоносности снижается на 20 %, потери флогопита достигают 9 %. Вследствие этого и учитывая близкие результаты при оконтуривании по бортовому содержанию 20 и  $50 \text{ кг}/\text{м}^3$  для открытых работ было принято бортовое содержание 20 %. При подземном способе разработки месторождения обрабатывать руды с содержанием от 20 до  $50 \text{ кг}/\text{м}^3$  нерентабельно, тем более что основная масса их находится на флангах залежи. Вследствие этого для подземной разработки принято бортовое содержание флогопита  $50 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

В приведенном примере дается оценка количества и качества приращиваемых запасов при переходе от одного варианта бортового содержания к другому, что в принципе правильно. Однако в ряде случаев, давая экономическую оценку приращиваемых запасов изолированно от общей экономической оценки разработки всех запасов, включая и приращиваемые, делается ошибочный вывод о нецелесообразности включения их в промышленный контур, если они сами по себе не обеспечивают безубыточную работу. Такой подход приводит к необоснованной потере полезного компонента и по существу экономически не оправдан. Рассмотрим следующий случай. На одном месторождении полезное ископаемое характеризуется равномерным распределением полезного компонента и при оконтуривании по бортовому содержанию обеспечивает установленную норму прибыли. На другом месторождении это же полезное ископаемое характеризуется неравномерным распределением полезного компонента и при оконтуривании по принятому, как и на первом месторождении, 30 % запасов исключается из промышленного контура. При снижении бортового содержания все запасы входят в промышленный контур, причем среднее содержание полезного компонента в целом по всем запасам равно среднему содержанию на первом месторождении. Естественно, что при прочих равных условиях экономика разработки первого и второго месторождения будет одинакова. Вследствие этого при выборе бортового содержания, как правило, следует исходить из экономической оценки общих запасов, и лишь в случае избытка разведанных запасов, низкого уровня рентабельности нужно учитывать экономику добычи и переработки приращиваемых запасов при переходе от одного варианта бортового содержания к другому. Несмотря на то, что запасы полезного ископаемого согласно классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, подсчитываются и утверждаются по наличию их в недрах, без учета потерь и разубоживания, при определении бортового содержания обязательно должна учитываться величина разубоживания, чтобы обеспечить требуемое содержание в добытой руде.

Это положение наглядно иллюстрирует расчет бортового содержания флюорита в богатых рудах Покрово-Киреевского месторождения. Согласно ГОСТ 7618—70, содержание  $\text{CaF}_2$  в товарной руде, используемой в металлургической промышленности, должно быть не ниже 75 %. Если выделить подсчетный блок, содержание  $\text{CaF}_2$  в руде которого будет равно или незначительно превышать требуемое, то при добыче вследствие неизбежного разубоживания, определяемого в данном случае в 5 %, содержание  $\text{CaF}_2$  в товарной руде будет 71,25 %, т. е. руда перейдет в рядовую, и использовать ее можно будет только после обогащения.

Рассчитанное бортовое содержание  $\text{CaF}_2$  в пробах рядовых

руд (15 %) обеспечивает получение минимального среднего содержания в блоках несколько выше установленного предела (48,5 % вместо требуемых 40 %). Однако включение в промышленное освоение руд с содержанием  $\text{CaF}_2$  15 % нерационально, так как руды с таким содержанием практически не обогащаются, о чем свидетельствует содержание  $\text{CaF}_2$  в хвостах обогащения (15—17 %  $\text{CaF}_2$ ). В ряде случаев даже при технологической возможности обогащения бедных руд использование их экономически нецелесообразно, так как затраты на добычу и переработку не окупаются стоимостью заключенного в них ценного компонента.

Например, на одном месторождении флюоритовых руд выделялся блок с содержанием  $\text{CaF}_2$  95 %. По кондициям для богатых руд, не требующих обогащения, минимальное промышленное содержание  $\text{CaF}_2$  устанавливалось 75 %. Авторы отчета приняли бортовое содержание 35 %, вследствие чего запасы богатых руд на месторождении увеличились вдвое. Однако простой расчет показывает, что разубоживание более богатых руд экономически нецелесообразно. По прейскуранту оптовых цен стоимость 1 т флюоритовых руд марки Ф-95 составляет 100 руб., а марки Ф-75 — 44 руб. 50 коп. Таким образом, увеличение запасов руды вдвое не компенсирует снижения ценности руды с более высоким содержанием. При таком подходе горнодобывающее предприятие на каждой тонне только богатой руды теряет 11 руб. Кроме того, осуществляя раздельную добычу богатых и рядовых руд, предприятие могло бы получать руды со средним содержанием  $\text{CaF}_2$  55 %, оптовая цена на которые 24 руб. за 1 т. Следовательно, общие потери составляют 35 руб. на каждую тонну руды.

При наличии в руде двух или нескольких полезных компонентов, представляющих промышленный интерес, расчет бортового содержания должен производиться по их сумме, с учетом стоимости каждого компонента, т. е. второй, третий и т. д., компоненты приравниваются к основному компоненту в соотношении пропорциональном их стоимости, и с учетом извлечения их из руды при обогащении. Так, если предположить, что стоимость основного компонента равна  $a$  рублей, второго  $b$  и третьего  $c$  рублей, а извлечение соответственно  $x$ ,  $y$ , и  $z$  %, то 1 % первого компонента равен  $\frac{ax}{by}$  % второго и  $\frac{ax}{cz}$  % третьего компонента, а общее содержание всех полезных компонентов будет эквивалентно содержанию  $\left(ax + \frac{ax}{by} + \frac{ax}{cz}\right)$  % основного компонента.

При пользовании переводными коэффициентами для попутных компонентов необходимо знать минимальное содержание этих компонентов, при котором целесообразно их извлечение. Оно должно быть не ниже содержания в хвостах обогащения.

Для месторождений, представленных не одним, а несколькими телами полезного ископаемого, иногда целесообразно устанавливать для каждого тела свое бортовое содержание, что нередко наблюдается на месторождениях слюдоносных пегматитов. В одних случаях мусковит в жилах пегматита распределен равномерно по всей их мощности, и в этом случае контуры промышленного ослюденения совпадают с геологическими. При такой ситуации оконтуривание проводится по геологическим границам. В других случаях промышленное ослюденение приурочивается к какому-либо зальбанду жилы или к ее центральной части, что требует определения бортового содержания, причем в зависимости от величины содержания и характера его изменения по мощности жилы величина бортового содержания может быть разной.

А. Б. Каждан и Н. И. Соловьев правильно отмечают, что в некоторых случаях может оказаться целесообразным установление различного значения бортового содержания даже для разных горизонтов одного и того же тела полезного ископаемого, если характер оруденения с изменением глубины резко меняется. Приведенное свидетельствует о необходимости при обосновании и выборе бортового содержания учитывать геологические особенности месторождения и даже отдельных его частей.

*Максимально допустимое содержание вредных примесей.* В минеральном сырье, кроме полезных компонентов, присутствуют вредные примеси. К вредным следует относить примеси, затрудняющие переработку минерального сырья, а также примеси, которые не удается удалить при переработке, и они остаются в готовом продукте, делая невозможным использование его в тех или иных отраслях народного хозяйства.

При разработке кондиций обычно устанавливают максимально допустимое среднее содержание вредных примесей в подсчетном блоке, а в отдельных случаях и бортовое содержание их в крайних пробах.

Если содержание вредных примесей в минеральном сырье (в его природном состоянии) находится в пределах требований ГОСТа или технических условий, то оконтуривание балансовых запасов минерального сырья производится в соответствии с требованиями ГОСТа или технических условий и каких-либо других пределов содержания вредных примесей не устанавливается. Это относится, например, к каменной соли для пищевых целей, добываемой горными выработками, а также к пескам и глинам для использования в литейном производстве, к магнезиту для производства огнеупоров, глинам для тонкой керамики, мелу для различных производств. Если по содержанию вредных примесей минеральное сырье не удовлетворяет требованиям ГОСТа или технических условий и эти требования распространяются на концентраты или другие виды готовой про-

дукции, то учёт вредных примесей в зависимости от вещественного состава минерального сырья и поведения вредных примесей в процессе добычи и переработки производится по-разному.

1. В условиях, когда вредные примеси полностью переходят в хвосты основного обогащения или шлаки, каких-либо пределов содержания их в минеральном сырье не устанавливается.

2. Если для снижения содержания вредных примесей до установленных пределов применяются специальные способы добычи (например, озерной поваренной соли солесосами либо каменной соли — выщелачиванием), или если вредные примеси полностью или частично переходят в концентрат или в готовую продукцию и для удаления их требуется дополнительная переработка, то максимально допустимое содержание вредных примесей в минеральном сырье определяется по результатам опытной добычи или технологических испытаний.

Для отдельных видов минерального сырья верхний предел содержания вредных примесей может быть определен специальными расчетами или графически. В качестве примера можно привести производство цемента из известняков и глин или мергелей, соды из поваренной соли и др. Во всех случаях затраты, связанные с удалением вредных примесей, должны быть учтены при определении минимального промышленного содержания основного полезного компонента и включены в общие затраты.

Для некоторых видов минерального сырья расходы на удаление вредных примесей имеют большой удельный вес в общих затратах на добычу и переработку сырья. Пригодность минерального сырья для промышленного использования в этом случае устанавливается не по содержанию полезного компонента, а по количеству вредных примесей, максимальное содержание которых определяется по результатам технологических испытаний.

Технологические испытания, на основании которых определяют максимально допустимое содержание вредных примесей, должны проводиться как на пробах, отражающих среднее содержание вредных примесей в подсчетном блоке, так и на пробах, характеризующих разновидности полезного ископаемого с наиболее высоким содержанием вредных примесей из числа включаемых в подсчет запасов.

Влияние примесей на ход технологического процесса и качество продукции иногда трудно предусмотреть. Ряд примесей, которые на аналогичных месторождениях не оказывают никакого влияния, на данном месторождении расцениваются как вредные.

Так, на Кингисеппском месторождении ракушечниковых фосфоритов при его промышленной оценке не было учтено высокое содержание магния, что привело к тому, что на построенной обогатительной фабрике была затруднена флотация и

впоследствии потребовалось изменение ее схемы. Большое значение имеет не только содержание вредных примесей, но и та форма, в которой они представлены. Например, при флотационном обогащении калийных солей вредное влияние оказывает содержание нерастворимого остатка, но только по одному его содержанию нельзя судить о ходе технологического процесса. Важно знать, чем представлен нерастворимый остаток, каков его гранулометрический состав и т. д.

При оценке влияния примесей необходимо также учитывать возможность нейтрализации одних примесей другими.

*Технологические типы и сорта минерального сырья.* При установлении кондиций необходимо выделять технологические типы минерального сырья, а во многих случаях и сорта (классы, марки) полезного ископаемого, определяющие его назначение и области использования.

На месторождениях обычно имеется большое количество природных разновидностей или типов минерального сырья. Для промышленной оценки месторождения и расчета кондиций существенное значение имеют только технологические типы сырья, характеризующиеся различием способов переработки, а следовательно, и затратами на извлечение полезных компонентов или удаление вредных примесей. Например, на месторождениях серы выделяются известковые, глинистые и огипсованные типы руд.

Выделение технологических типов сырья на месторождении может осуществляться как путем их оконтуривания с отнесением в самостоятельные подсчетные блоки, так и путем статистического подсчета в пределах общих подсчетных блоков. Однако во всех случаях выделение типов сырья и отдельный подсчет запасов по типам целесообразно только в том случае, если селективная разработка их технически возможна и экономически оправдана.

При выделении технологических типов в самостоятельные подсчетные блоки для каждого из технологических типов минерального сырья необходимо рассчитать отдельно минимальное промышленное и бортовое содержание полезных компонентов, а также максимально допустимое и бортовое содержание вредных примесей.

Если же выделение типов полезного ископаемого производится статистически, то устанавливаются единые кондиции. При этом затраты на добычу и переработку, а также стоимость 1 т полезного ископаемого определяются исходя из соотношения в ней отдельных типов. Типы полезного ископаемого, которые не могут быть использованы или используются частично, при расчете стоимости в первом случае не учитываются, а во втором учитываются в соответствии с долей их использования.

При расчете кондиций следует иметь в виду, что на ряде месторождений при добыче минерального сырья разных тех-

нологических типов и их переработке могут быть получены одинаковые сорта готовой продукции. В этом случае от соотношения запасов сырья разных технологических типов зависят затраты на переработку каждого из них и суммарные затраты на добычу и переработку при неизменной цене на полученный готовый продукт. На некоторых месторождениях из одного или нескольких технологических типов сырья может быть получена готовая продукция нескольких сортов. В этих случаях наряду с изменением затрат на переработку сырья изменяются цена готовой продукции и общая ее стоимость.

Сопоставление технико-экономических расчетов определяет целесообразность разработки каждого из выделенных типов минерального сырья или месторождения в целом.

На многих месторождениях при их промышленной оценке в числе балансовых запасов, кроме технологических типов сырья, выделяют сорта (марки или классы) полезного ископаемого, различающиеся по качеству, которое определяет различное его назначение и использование.

При расчете кондиций сорта полезного ископаемого влияют не только на затраты по их выделению, но и на стоимость готовой продукции, которая в значительной мере зависит от цен на различные сорта и соотношения последних. Возможность выделения внутри контура балансовых запасов участков, пластов или слоев полезного ископаемого более высокого качества (сорта) имеет большое практическое значение и повышает ценность месторождения. Выделение сортов целесообразно только при наличии потребности в них и возможности селективной их выемки. Для выделяемых сортов определяется минимальная мощность, при которой возможна их отдельная добыча.

Если в процессе разведочных работ оконтурить и геометризовать отдельные сорта невозможно, то выделение их производится статистически (огнеупорные глины, формовочные пески и т. д.).

Для ряда месторождений природное качество минерального сырья соответствует требованиям ГОСТа или технических условий по содержанию полезных компонентов и вредных примесей для отдельных сортов. В этих случаях оконтуривание и подсчет запасов по сортам производятся по требованиям ГОСТа или технических условий, а в кондициях указывается только на необходимость выделения сортов.

Если минеральное сырье в природном состоянии не удовлетворяет требованиям ГОСТа или технических условий, то эти требования к сортам распространяются на концентрат или другую готовую продукцию. Для определения кондиций в этих случаях используются результаты технологических испытаний и технико-экономических расчетов, которыми устанавливаются содержания полезных компонентов и вредных примесей в минеральном сырье (в его природном виде), обеспечивающие

соответствие получаемого концентрата или готового продукта требованиям ГОСТа (технических условий) для каждого выделяемого сорта.

Выделение сортов в ряде случаев позволяет понизить минимальное промышленное содержание полезных компонентов или повысить максимально допустимое содержание вредных примесей в минеральном сырье.

*Минимальная промышленная мощность тел полезного ископаемого* является одним из главных показателей кондиций. Наиболее тесную связь этот показатель имеет с горнотехническими условиями разработки месторождений.

Выбор способа и системы разработки месторождения зависит от физических свойств минерального сырья и вмещающих пород, от условий залегания (угла падения) тел полезного ископаемого и в значительной мере от их мощности.

В горном деле все рудные тела по истинной мощности подразделяются на пять групп: 1) очень тонкие (менее 0,7 м); 2) тонкие (от 0,7 до 2 м); 3) средней мощности (от 2 до 5 м); 4) мощные (от 5 до 15—20 м); 5) весьма мощные (свыше 15—20 м).

По углу падения тела полезного ископаемого подразделяются на горизонтально- и пологозалегающие (с углом падения от 0 до 25—30°), наклонно- (от 25—30 до 45—50°) и крутопадающие (свыше 45—50°).

Существующие системы разработки месторождений позволяют произвести выемку из недр полезного ископаемого при любой его мощности, если ценность извлекаемого сырья оправдывает затраты на его добычу.

При подземной разработке минимальной технически допустимой шириной очистного пространства для крутопадающих рудных тел считается 0,7 м, а для горизонтально- и пологозалегающих— 1,2 м. Поэтому минимальная мощность тел полезного ископаемого для первой группы месторождений должна устанавливаться соответственно не менее 0,7 и 1,2 м. На эту минимальную мощность устанавливается и минимальное промышленное содержание полезного компонента. Для тел меньшей мощности, но более богатых промышленное значение запасов отдельных блоков и тел определяется соответствующим метропроцентом.

Для каждой из указанных групп месторождений применяются соответствующие наиболее выгодные системы разработки, обеспечивающие безопасность труда рабочего, наиболее высокую производительность и выемку минерального сырья с наименьшими потерями и разубоживанием.

При прочих равных условиях большая мощность тела полезного ископаемого позволяет применить более производительную систему разработки. Однако выбор наиболее целесообразного способа разработки месторождения должен быть подтвержден

специальными технико-экономическими расчетами, так как от правильности выбора зависят затраты на добычу и величина минимального промышленного содержания полезного компонента.

*При открытой разработке* мощность тела полезного ископаемого определяет не только способ выемки (в частности, высоту эксплуатационного уступа), но и производительность применяемых погрузочных машин. Этот способ разработки, как правило, применяется для мощных и очень мощных тел с крупными запасами, а также для месторождений, залегающих близ поверхности, при допустимом коэффициенте вскрыши.

Минимальная мощность горизонтально- и пологозалегающих тел полезного ископаемого в случае разработки их с помощью взрывных работ обычно устанавливается 2—4 м, а без взрывных работ она может быть меньшей (до 0,3—0,5 м). Для маломощных, но относительно богатых тел в кондициях устанавливаются минимальная мощность и минимальный метропроцент, т. е. произведение мощности залежи на содержание полезного компонента. За основу величины метропроцента берут минимальную мощность тела полезного ископаемого, при которой месторождение технически можно разрабатывать, и бортовое содержание полезного компонента в руде. Например, если минимальная мощность 0,7 м, а бортовое содержание 0,8 %, то минимальный метропроцент будет равен  $0,7 \times 0,8 = 0,56$ .

*Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов* в кондициях устанавливается в тех случаях, когда тело полезного ископаемого характеризуется сложным строением, при котором рудные интервалы чередуются с пустыми породами или некондиционными рудами. Для правильного определения допустимой мощности пустых пород и некондиционных руд необходимо проанализировать возможность и экономическую целесообразность селективной добычи отдельных прослоев полезного ископаемого или пустых пород с целью их удаления в отвал, установить зависимость изменения запасов и качества сырья от мощности пустых пород и некондиционных прослоев, включаемых в подсчет запасов. При этом следует иметь в виду, что увеличение максимальной мощности пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчет запасов, позволяет использовать более производительную систему разработки месторождения, упрощает и удешевляет добычу минерального сырья, увеличивает запасы, но одновременно снижает качество сырья, а нередко и извлечение полезных компонентов из него, что удорожает обогащение. Следует иметь также в виду, что снижение качества сырья приводит к необходимости увеличения производственной мощности обогатительных фабрик или при сохранении их мощности по руде — к снижению производительности пред-

приятия по конечному продукту или концентрату. Чтобы оценить влияние всех этих факторов, следует произвести оконтуривание и подсчет запасов по нескольким вариантам максимальной мощности пустых пород и некондиционных руд.

*Глубина залегания полезного ископаемого* определяет систему разработки месторождения и влияет на стоимость добычи сырья. При глубоком залегании полезного ископаемого, когда предполагается разработка месторождения подземным способом, глубина залегания обычно непосредственного выражения в кондициях не находит. Лишь в редких случаях оговаривается глубина, до которой целесообразно подсчитывать запасы. Однако при определении минимального промышленного содержания полезного компонента и в других технико-экономических расчетах, обосновывающих рентабельность разработки месторождения, глубина залегания тел полезных ископаемых является одним из важнейших показателей.

При проектировании разработки месторождения открытым способом глубина залегания тел полезных ископаемых имеет решающее значение. В этих случаях в кондициях обычно предусматривается величина соотношения мощности тела полезного ископаемого и мощности пород вскрыши. Иногда, кроме того, ограничивается максимально допустимая мощность пород вскрыши.

Величина соотношения мощностей пород вскрыши и полезной толщи для разных месторождений различна. В общем случае чем ценнее полезное ископаемое, тем больше может быть это соотношение. Величина допустимого соотношения мощностей пород вскрыши и полезной толщи в значительной мере зависит от масштаба месторождения, состава пород вскрыши и производительности предприятия.

На месторождениях полезных ископаемых, в которых ценность представляет вся горная порода, соотношение мощностей пород вскрыши и полезной толщи является надежным показателем ценности отдельных участков, характеризующихся различной мощностью и различной глубиной залегания полезной толщи.

Значительно сложнее применять для промышленной оценки соотношение мощностей пород вскрыши и полезной толщи на месторождениях, в которых ценность представляет не вся масса пород полезной толщи, а лишь отдельные компоненты. В этом случае соотношение мощностей полезной толщи и пород вскрыши не всегда отражает ценность отдельных участков, характеризующихся различной мощностью пород вскрыши и полезной толщи, так как при этом не учитывается содержание полезного компонента в породах полезной толщи.

Это положение хорошо видно из следующего примера. Для Подбужского месторождения фосфоритов кондициями предусматривались минимальная промышленная мощность пласта

фосфоритов 0,1 м, минимальное содержание  $P_2O_5$  в руде 6 % и соотношение мощности пород вскрыши и мощности пласта фосфоритов 10:1. Согласно кондициям, запасы в тех блоках, где пласт фосфоритов имеет мощность 0,1 м и содержит 6 %  $P_2O_5$  при мощности пород вскрыши 1 м, относятся к балансовым, а запасы в блоках, в которых пласт фосфоритов имеет ту же мощность (0,1 м), но содержит 12 %  $P_2O_5$  и залегает на глубине 1,1 м, должны относиться к забалансовым.

Простое сопоставление показывает, что в пласте фосфоритов, залегающих на глубине 1,1 м, содержится в 2 раза больше полезного компонента, чем в пласте, залегающем на глубине 1 м, и, следовательно, разработка первого является вполне рентабельной даже при глубине залегания 2 м. При этом, чтобы не усложнять расчеты, не принимается во внимание экономия, получаемая от снижения затрат, связанных с обогащением.

Следовательно, для месторождений, на которых ценность представляет не сама горная порода, а заключенный в ней полезный компонент, при установлении кондиций следует иногда исходить не из соотношения мощностей полезной толщи и пород вскрыши, а из соотношения метропроцента к мощности пород вскрыши. В нашем примере указанное отношение будет 0,6:1,0. Такое выражение неудобно для практического использования, поэтому его целесообразно заменить уравнением

$$m_B = Km_C,$$

где  $m_B$  — искомая мощность вскрыши;  $m_C$  — фактический метропроцент в данном пересечении;  $K = \frac{m_B}{m_C}$  — коэффициент, в котором  $m_B$  — максимально допустимая мощность пород вскрыши при минимальном метропроценте  $m_C$ .

В нашем примере  $K$  будет равно  $\frac{1,0}{0,6} = 1,666$ , и уравнение примет следующий вид:

$$m_B = 1,666 (m_C).$$

Для уменьшения количества арифметических операций на основании приведенного уравнения можно построить график зависимости предельной мощности пород вскрыши от метропроцента.

Формулой  $m_B = Km_C$  предусматривается, что содержание полезного компонента в руде  $C$  удовлетворяет по блоку минимальному промышленному, а по отдельному сечению — минимальному бортовому, т. е. в нашем примере во всех случаях оно не менее соответственно 6 и 3,5 %.

Использование метропроцента при оценке мощных залежей бедных руд не допускается, так как это приводит к увеличению затрат на последующую переработку сырья. Действительно,

если принять мощность 1,0 м, а содержание  $P_2O_5$  в руде 0,6 %, то получим метропроцент, равный 0,6, т. е. отвечающий метропроценту при мощности 0,1 м и содержании 6 %. Однако объем горной массы, в котором заключено такое же количество ценного компонента, в первом случае будет в 10 раз больше, чем во втором, и на ее добычу и обогащение потребуется расходы в 10 раз большие, чем предусмотрено расчетами. При этом

Т а б л и ц а 8

Расчеты стоимости концентрата

Элементы расчета	Содержание $P_2O_5$ в руде, %	
	6	4
Мощность пород вскрыши, м	10	1
Стоимость 1 м <sup>3</sup> вскрыши, руб.	0,65	0,65
Общая стоимость вскрыши на 1 м <sup>2</sup> площади пласта фосфоритов, руб.	6,5	0,65
Мощность пласта фосфоритов, м	1,0	1,5
Объемная масса, м <sup>3</sup> /т	1,5	1,5
Масса полезного ископаемого на 1 м <sup>2</sup> площади, т	1,5	2,25
Стоимость добычи 1 т руды, руб.	1,84	1,84
Общая стоимость добычи руды с 1 м <sup>2</sup> площади, руб.	2,76	4,14
Стоимость переработки 1 т руды, руб.	4,04	4,04
Стоимость переработки всей руды, полученной с 1 м <sup>2</sup> площади, руб.	6,06	9,09
Общие затраты на добычу и переработку руды, получаемой с 1 м <sup>2</sup> площади	15,32	13,88
Общие затраты на 1 т руды	10,21	6,17
Выход 19%-ного концентрата, %	31,0	19,5
Количество концентрата, получаемого с 1 т руды, т	0,310	0,195
Стоимость 1 т концентрата, руб.	32,94	31,64

обогащение бедных руд характеризуется обычно худшими показателями извлечения.

В некоторых случаях вовлечение в промышленное освоение залежей бедных руд может быть целесообразным. Это видно из следующего примера. На одном из месторождений фосфоритов имеются два блока, характеризующиеся различной мощностью пласта фосфоритов и различной мощностью пород вскрыши. В первом блоке пласт фосфоритов залегает на глубине в среднем 10 м и имеет среднюю мощность 1,0 м при среднем содержании  $P_2O_5$  6 %. Во втором блоке пласт фосфоритов залегает на глубине в среднем 1,0 м и имеет среднюю мощность 1,5 м при среднем содержании  $P_2O_5$  4 %. Согласно условиям, к балансовым относятся запасы при минимально промышленном содержании  $P_2O_5$  по блоку 6 % и минимально допустимой

мощности пласта 0,2 м. По мощности пласты в обоих блоках удовлетворяют требованиям кондиций, а по содержанию  $P_2O_5$  — лишь блок, в котором среднее содержание  $P_2O_5$  равно 6 %. Вместе с тем технико-экономические расчеты показывают, что и второй блок может вполне рентабельно разрабатываться. Расчетами предусматривается стоимость 1 м<sup>3</sup> вскрыши (65 коп.) по принятой для месторождения системе разработки, стоимость добычи 1 т руды 1 р. 84 коп. и стоимость переработки 1 т руды 4 р. 4 коп.

Произведем расчеты стоимости (табл. 8) 1 т концентрата, имея в виду, что технологическими испытаниями доказана воз-

Т а б л и ц а 9

Расчеты себестоимости готового продукта

Коэффициент вскрыши на 1 т руды	Себестоимость фосфоритной муки при содержании $P_2O_5$ в руде, %					
	3	4	5	7	9	11
Без вскрыши	106,87	74,54	58,47	38,91	28,27	22,26
1,5	131,26	95,68	77,96	56,42	44,73	38,07
2,0	134,83	98,15	79,92	57,74	45,64	38,85
4,0	149,20	108,16	87,80	62,96	49,47	41,84
6,0	163,50	118,17	95,60	68,17	53,24	44,83
8,0	177,86	128,18	103,46	73,44	57,08	47,82
10,0	192,23	138,19	111,33	78,64	60,85	50,81
12,0	206,39	148,20	119,19	83,84	64,62	53,80
14,0	220,96	158,21	127,06	89,10	68,45	56,79
16,0	235,26	168,22	134,86	94,30	72,22	59,73

можность получения из руды с содержанием  $P_2O_5$  6 % 19 %-ного концентрата при выходе 31,0 %, а из руды с содержанием  $P_2O_5$  4 % — того же концентрата, но при выходе его 19,5 %.

Из табл. 8 видно, что стоимость концентрата, получаемого из неглубокозалегающих бедных руд, несколько ниже стоимости концентрата, получаемого из глубокозалегающих богатых руд. Следовательно, при установлении кондиций целесообразно было предусмотреть возможность вовлечения в промышленное освоение неглубокозалегающих бедных руд.

Чтобы определить минимальное промышленное содержание полезного компонента в руде в зависимости от мощности пород вскрыши, необходимо произвести расчеты изменения себестоимости готового продукта в зависимости от содержания в руде полезного компонента и объема вскрышных работ (табл. 9).

По полученным данным построен график зависимости себестоимости 1 т фосфоритной муки от коэффициента вскрыши для различных содержаний  $P_2O_5$  в исходной руде (рис. 14). График выражает функцию

$$C = f(K_B),$$

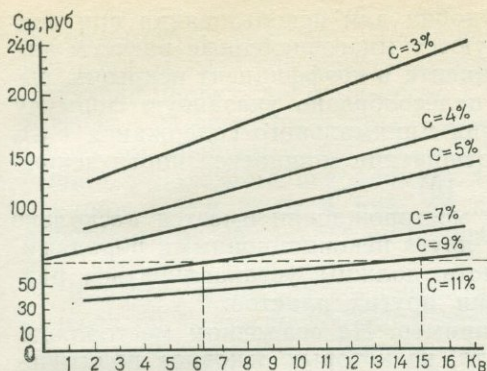


Рис. 14. Зависимость себестоимости 1 т фосфоритной муки от коэффициента вскрыши для различных содержаний  $P_2O_5$  в исходной руде Кингисеппского месторождения фосфоритов

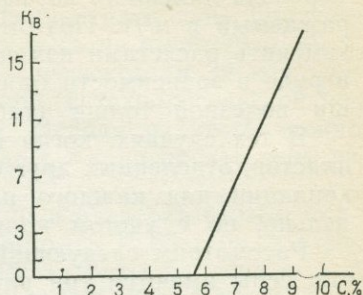


Рис. 15. Определение предельного содержания  $P_2O_5$  в рудах Кингисеппского месторождения в зависимости от коэффициента вскрыши

где  $C$  — себестоимость 1 т фосфоритной муки, руб.;  $K_B$  — коэффициент вскрыши,  $m^3/t$ .

Из графика видно, что чем ниже содержание  $P_2O_5$  в исходной руде и чем выше коэффициент вскрыши, тем выше себестоимость 1 т фосфоритной муки при одной и той же технологии переработки.

Предельно допустимая себестоимость 1 т фосфоритной муки, определяющая целесообразность разработки месторождения, равна 69 руб. Построив на графике линию предельно допустимой себестоимости 1 т фосфоритной муки, установим предельные значения коэффициентов вскрыши для фосфоритовых руд с определенным содержанием  $P_2O_5$ , разработка которых не превышает допустимую себестоимость. Так, для руды с содержанием  $P_2O_5$  7% предельный коэффициент вскрыши составит 6,3  $m^3/t$ .

По предельным значениям коэффициентов вскрыши можно построить график допустимых значений коэффициентов вскрыши для разных содержаний  $P_2O_5$  в исходной руде, которые обеспечивают себестоимость 1 т фосфоритной муки, не превышающую отпускные цены (рис. 15).

Из анализа графика можно установить, что при отсутствии вскрыши месторождение можно рентабельно разрабатывать при содержании  $P_2O_5$  в руде 5,5%. Повышенное содержание в руде  $P_2O_5$  на отдельных участках месторождения позволяет вовлечь в промышленное освоение руды, залегающие под породами вскрыши, причем увеличение содержания  $P_2O_5$  в руде на 1% оправдывает затраты на выемку 4  $m^3$  пород вскрыши на 1 т руды. Следовательно, рентабельно может разрабатываться месторождение или блок, если среднее содержание  $P_2O_5$  в руде удовлетворяет уравнению  $C = 5,5 + \frac{K_B}{4}$ , или  $C = 5,5 + 0,25K_B$ .

Эта формула несколько неудобна для использования при подсчете запасов, так как требуются многочисленные расчеты для перевода линейного коэффициента в коэффициент вскрыши, выражаемый в м<sup>3</sup>/т. Поэтому целесообразно указанную формулу заменить расчетами изменения минимального содержания P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в руде в зависимости от соотношения мощностей пород вскрыши полезной толщи (табл. 10).

В тех случаях, когда на месторождении имеется несколько пластов, отделенных друг от друга некондиционными породами, кондиции для каждого пласта должны устанавливаться раздельно, но с учетом наличия других пластов.

Рассмотрим следующий пример. На осадочном месторождении серы имеются три пласта, из которых основное практиче-

Таблица 10

Соотношение мощностей пород вскрыши и полезной толщи	Минимальное промышленное содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в руде, %	Соотношение мощностей пород вскрыши и полезной толщи	Минимальное промышленное содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в руде, %
1 : 1	5,68	6 : 1	6,50
2 : 1	5,83	7 : 1	6,68
3 : 1	6,00	8 : 1	6,83
4 : 1	6,18	9 : 1	7,00
5 : 1	6,33	10 : 1	7,17

ское значение имеет средний пласт средней мощностью 6 м и со средним содержанием элементарной серы 16 %. Пласт залегает на глубине от 26 до 44 м. В кровле его, отделяясь прослоем безрудных мергелей мощностью в среднем 4 м, находится верхний пласт средней мощностью 1,2 м и со средним содержанием 8 %, а в почве — нижний пласт мощностью 2,8 м и со средним содержанием серы 7 %. Нижний пласт отделяется от среднего безрудными породами мощностью около 3 м. Расчетами для среднего пласта установлены следующие кондиции: минимальное промышленное содержание серы в подсчетном блоке 12 %, бортовое 6 %, минимальная промышленная мощность пласта серы 2 м, максимальное соотношение мощностей пород вскрыши и полезной толщи 8 : 1. Если распространить эти кондиции на верхний и нижний пласты, то оба они не могут быть отнесены к балансовым.

Однако механическое распространение кондиций на верхний и нижний пласты было бы неправильно. Верхний пласт независимо от его использования при предусмотренной проектом разработке месторождения открытым способом должен быть отработан. Следовательно, затраты на вскрышу этого пласта учитываться не должны. Затраты на добычу руды из пласта должны приниматься как разница в затратах на добычу полезного

ископаемого и вскрышу, а общие затраты на получение концентрата серы — как сумма затрат на добычу и переработку. Согласно проекту себестоимость 1 т концентрата серы, получаемого из руд среднего пласта, должна быть не выше 79 р. 60 к. Проектом предусмотрена стоимость 1 м<sup>3</sup> вскрыши 39 коп., добычи 1 т полезного ископаемого 41 коп. и технологической переработки 1 т руды 4 руб. 43 коп. Исходя из этого можно произвести расчет затрат на получение 1 т концентрата серы из руд верхнего пласта.

Для получения 1 т концентрата при извлечении серы в концентрат 80 % нужно добыть и переработать 15,63 т руды с содержанием серы 8 %. Дополнительные затраты на добычу 1 т руды при объемной массе ее 2,2 составят  $0,41 \cdot 2,2 - 0,39 = 51$  коп. Дополнительные затраты на добычу 15,63 т руды составят 7 руб. 97 коп. Затраты на технологическую переработку руды в количестве, требуемом для получения 1 т концентрата, составят  $15,63 \cdot 4,43 = 69$  руб. 27 коп. Общие затраты 69 руб. 27 коп. + 7 руб. 97 коп. = 77 руб. 24 коп., укладываются в предусмотренную проектом себестоимость (79 руб. 60 коп.).

Затраты на получение 1 т концентрата серы из руд нижнего пласта будут складываться из дополнительных затрат на удаление пород, разделяющих средний и нижний пласты, добычу руды и технологический передел ее. При среднем содержании серы в нижнем пласте 7 % и извлечении ее в концентрат 80 % для получения 1 т концентрата требуется добыть и переработать 17,9 т руды. Произведя расчеты, аналогичные вышеприведенным, получим стоимость 1 т концентрата равную 94 руб. 35 коп., что значительно превышает предусмотренную проектом себестоимость (79 руб. 60 коп.).

*Прочие факторы, учитываемые при разработке кондиций.* Обводненность месторождения, газо- и взрывоопасность ведения горных работ, физико-механические свойства вмещающих пород и пород полезной толщи обычно выражения в кондициях не находят. Все эти факторы учитываются при определении стоимости добычных и вскрышных работ и обуславливают их величину.

Если на месторождении имеется несколько пространственно разобщенных тел полезного ископаемого, подлежащих самостоятельной разработке, то в кондициях должна устанавливаться величина минимальных запасов, при которой целесообразна разработка отдельного тела полезного ископаемого. При этом обычно исходят из затрат на добычу (при возможной механизации добычных и вскрышных работ) и на строительство подъездных путей.

Минимальные запасы обычно устанавливаются в кондициях для подсчета запасов мусковита, месторождения которого представлены рядом кустов или изолированных пегматитовых жил. Каждый куст или жила требуют проходки самостоятельно гор-

нодобычной выработки. Капиталовложения на организацию добычи в пределах каждого куста или жилы, себестоимость 1 м<sup>3</sup> жильной массы и ее передела различны. Для определения минимальных запасов в простейшем случае используется зависимость:

$$Q_{\min} K_{\pi} (\Pi - C) = K,$$

где  $Q_{\min}$  — минимальные запасы руды, т;  $K_{\pi}$  — коэффициент учитывающий потери руды при добыче, доли единицы;  $\Pi$  — ценность извлекаемых компонентов из 1 т руды, руб.;  $C$  — себестоимость добычи и переработки 1 т руды, руб.;  $K$  — капиталовложения на освоение запасов, руб.

Исходя из этой зависимости, минимальные запасы, целесообразные для самостоятельной отработки, будут составлять:

$$Q_{\min} = \frac{K}{(\Pi - C) K_{\pi}}.$$

При определении минимальных запасов большое значение имеет фактор времени. Для определения минимальных запасов с учетом этого фактора Е. О. Погребницкий и В. И. Терновой [40] приводят следующую формулу:

$$Q_{\min} = \frac{K}{(\Pi - C) K_{\pi}} (1 + r)^n,$$

где  $r$  — банковская ставка, доли единицы;  $n$  — срок работы предприятия, годы.

Расчитанные ими по приведенным формулам минимальные запасы в одних и тех же условиях для одного куста пегматитовых жил мусковита без учета фактора времени составили 150 тыс. м<sup>3</sup>, а с учетом срока работы в 10 лет и банковской ставки 10 % (0,1) — 390 тыс. м<sup>3</sup>. Как видно, разница весьма существенна, что определяет необходимость определения минимальных запасов с учетом фактора времени.

Иногда разобщенные тела полезных ископаемых экономически выгодно разрабатывать одним карьером, с выемкой всей горной породы, попадающей в контур карьера. В таких случаях при расчете кондиций затраты на выемку всей породы должны учитываться и распространяться на подсчитываемое количество полезного ископаемого.

При частом чередовании полезного ископаемого с некондиционными породами, когда выделить и оконтурить отдельные тела полезного ископаемого в процессе разведки невозможно, в кондициях следует предусмотреть минимальный коэффициент рудоносности. Введение этого коэффициента допускается только в тех случаях, когда некондиционные породы могут быть оставлены в недрах при очистных работах, селективно отработаны или отделены в процессе рудоразборки.

Коэффициент рудоносности — это отношение полезной части месторождения, залежи, участка или отдельного блока ко всем рудоносным породам месторождения.

Для месторождений нерудного сырья коэффициент рудоносности применяется весьма редко (обычно при крайне неравномерном, гнездовом характере распределения полезного ископаемого). Иногда он используется для промышленной оценки месторождений флогопита, серных руд, барита и некоторых других нерудных полезных ископаемых.

Коэффициент рудоносности тесно связан с содержанием полезного компонента в теле полезного ископаемого и отражает лишь крайнюю неравномерность его распределения. Он дает представление о количестве подлежащего добыче и переработке полезного ископаемого, которое неравномерно распределено во вмещающей его горной породе.

Без применения коэффициента рудоносности в некоторых случаях невозможно судить о промышленной ценности месторождения. Предположим, что для какого-либо месторождения установлена возможность выгодного передела полезного ископаемого при содержании в нем полезного компонента 3%. Руды с содержанием полезного компонента 3% и выше составляют лишь 25% от породы, в которой они подсчитываются. Без применения коэффициента рудоносности среднее содержание полезного компонента составило бы лишь 0,8%. Если бы таким содержанием обладали руды всего месторождения, то, естественно, их добыча и переработка были бы нерентабельны. Однако поскольку 25% руд имеют высокое содержание полезного компонента, их добыча и переработка становятся рентабельными, так как 75% горной массы либо не будет извлекаться, либо будет добываться селективно и отделяться простой рудоразборкой без применения сложных и обычно дорогостоящих процессов обогащения.

Величина коэффициента рудоносности зависит от ряда горнотехнических, экономических и технологических факторов, а также от содержания полезного компонента в рудной части месторождения. В кондициях (обычно с учетом этих факторов) устанавливаются величину минимального коэффициента рудоносности для блока, при котором его можно отрабатывать рентабельно. К сожалению, в настоящее время в кондициях не устанавливается зависимость коэффициента рудоносности от содержания полезного компонента в рудной части блока. Такое положение нам представляется неправильным. Допустим, что на одном и том же месторождении в двух блоках, находящихся в одних и тех же условиях, определен коэффициент рудоносности, равный соответственно 25 и 50%. В первом блоке содержание полезного компонента 6%, во втором 3%, т. е. общее количество полезного компонента в обоих блоках одинаково. В этом случае добыча и переработка меньшего количества бо-

гатых руд первого блока может быть даже более выгодной, чем добыча и переработка большого количества бедных руд второго блока.

Следовательно, в кондициях нужно предусматривать не минимальный коэффициент рудоносности, а произведение коэффициента рудоносности на содержание полезного компонента в рудной части блока.

Величина коэффициента рудоносности зависит от максимальной мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд. Увеличение их мощности приводит к уменьшению коэффициента рудоносности. Величина коэффициента рудоносности зависит также от бортового содержания, поэтому необходим глубокий анализ для решения вопроса о целесообразности введения коэффициента рудоносности. Поскольку бортовое содержание обосновывается методом вариантов, то по каждому варианту одновременно необходимо определять и коэффициент рудоносности. Для определения коэффициента рудоносности важно правильно выбрать интервал опробования, так как в коэффициенте рудоносности нельзя учитывать безрудные участки мощности, меньшей длины секционных проб.

*Учет при разработке кондиций использования вскрышных пород и отходов производства.* Вскрышные породы и отходы основного производства в ряде случаев могут рассматриваться как попутные продукты комплексной добычи и переработки. Учет их при обосновании кондиций возможен при следующих условиях: 1) доказанности технологической возможности их промышленного использования; 2) наличия конкретных потребителей с указанием объемов возможного потребления; 3) экономической целесообразности дополнительных затрат на их добычу и переработку.

Получаемая дополнительная прибыль за счет использования вскрышных пород и отходов производства учитывается при определении минимального промышленного содержания основных компонентов.

*Показатели кондиций для забалансовых запасов.* Разделение запасов на балансовые и забалансовые производится на основе технико-экономических расчетов, выполненных для балансовых запасов. В кондициях для подсчета забалансовых запасов как правило устанавливается лишь бортовое содержание. В настоящее время считается, что бортовое содержание для подсчета забалансовых запасов не должно быть ниже содержания полезного компонента в хвостах обогащения. К забалансовым относятся также запасы, среднее содержание компонентов в которых по подсчетному блоку ниже минимального промышленного, но выше бортового содержания, установленного для балансовых запасов.

Применяемые в настоящее время методы оконтуривания забалансовых запасов приводят к объединению в одну группу

запасов, резко отличных по экономическому уровню их промышленной ценности. Представляется целесообразным повысить технико-экономический уровень оценки забалансовых запасов, дифференцировав их по величине затрат на освоение их в будущем, с выделением забалансовых запасов, находящихся на грани кондиционности, освоение которых весьма вероятно в самом недалеком будущем.

*Порядок утверждения постоянных кондиций.* Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) постоянных кондиций разрабатывается отраслевыми проектными или специализированными научно-исследовательскими институтами по поручению организаций, ведущих геологоразведочные работы, а также геолого-экономическими подразделениями этих организаций [21].

Кондиции до представления в ГКЗ СССР должны быть рассмотрены организациями, проводившими геологоразведочные работы, горнодобывающими предприятиями отрасли, в районе деятельности которых находится месторождение, а также республиканскими — министерством или управлением геологии, Госпланом и соответствующим отраслевым министерством (управлением). Заключение этих организаций направляются в ГКЗ СССР совместно с материалами ТЭО кондиций. В процессе рассмотрения материалов ТЭО кондиций в ГКЗ СССР представляются заключения по этим материалам руководства Мингео СССР и заинтересованных отраслевых министерств.

Материалы ТЭО кондиций представляются в ГКЗ СССР в трех экземплярах. Одновременно представляются в десяти экземплярах непереплетенная краткая справка об основных положениях ТЭО кондиций (в объеме не более 8—12 с. машинописного текста). Организации, представляющие ТЭО кондиций на рассмотрение ГКЗ СССР, обязаны до 1 января наступающего года представить в ее адрес заявки с указанием календарных сроков представления материалов.

Кондиции для подсчета запасов общераспространенных полезных ископаемых, за исключением строительного камня для предприятий производственной мощностью более 400 тыс. м<sup>3</sup> в год, цементного и стекольного сырья, огнеупорных и тугоплавких глин для строительной керамики и облицовочного камня, утверждаются ТКЗ Мингео СССР.

Разработка и утверждение кондиций не обязательны для месторождений нерудных полезных ископаемых, на базе которых предусматривается организация карьеров с объемом капиталовложений в их строительство или реконструкцию до 100 тыс. руб. (без учета объектов транспортного и силового хозяйства), а также для месторождений, которые будут служить сырьевой базой действующих предприятий.

Проекты кондиций, утверждаемые ТКЗ Мингео СССР, как правило, разрабатываются геологоразведочными организациями, осуществляющими разведку месторождения, а также

отраслевыми проектными или специализированными научно-исследовательскими институтами и тематическими экспедициями и партиями производственных геологических объединений по поручению организации, ведущей геологоразведочные работы.

Проекты кондиций должны быть согласованы с производственным геологическим объединением на территории деятельности которого находится разведанное месторождение, а также областным (краевым) управлением (объединением, трестом, комбинатом), которому подчинено горнодобывающее предприятие, и областной (краевой) плановой комиссией.

К проекту кондиций должно быть приложено разрешение соответствующих органов на детальную разведку месторождения, находящегося на их землях. Проекты кондиций вместе с вышеперечисленными документами представляются на рассмотрение ТКЗ одновременно с подсчетом запасов. По отдельным наиболее крупным комплексным месторождениям общераспространенных нерудных полезных ископаемых со сложными гидрогеологическими или горнотехническими условиями разработки целесообразно утверждать кондиции до представления отчета с подсчетом запасов на рассмотрение ТКЗ.

Заявки на проведение геологоразведочных работ и технические условия организации-заказчика к качеству сырья и горнотехническим условиям разработки месторождения учитываются при разработке кондиций, но не заменяют их.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТУРА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАПАСОВ

Надежность и точность установления контуров залежей полезных ископаемых во многом определяют правильность проектных решений по вскрытию и подготовке месторождения для промышленного освоения.

Установленный при разведке месторождения внешний контур балансовых запасов в случае разработки их открытым способом предопределяет контур карьера. При заложении карьера задача сводится в основном к тому, чтобы наряду с оптимальным разрешением вопросов вскрытия месторождения было возможно отстроить борта карьера таким образом, чтобы прирывать минимальное количество пустых пород и потерять наименьшее количество полезного ископаемого. Корректировка положения бортов карьера в процессе эксплуатации чрезвычайно трудна, а в ряде случаев невозможна без коренной реконструкции карьера, что влечет приостановку добычи и значительное удорожание работ.

В случае проектирования подземных работ надежность и точность определения контуров балансовых запасов также имеют важное значение: неправильно проведенный контур может привести к подработке тел полезного ископаемого, необоснованной потере и консервации запасов в целиках, бросовой проходке горно-капитальных и подготовительных выработок. Обоснованное оконтуривание тел и определение границ распространения полезного ископаемого, пригодного для промышленного использования, являются также важными условиями правильного определения количества запасов.

Для оконтуривания и подсчета запасов полезного ископаемого требуется знать геологическое строение месторождения, условия залегания и формы тел полезного ископаемого, закономерности распределения полезных компонентов и вредных примесей, технологические показатели переработки сырья, горно-технические и гидрогеологические особенности оцениваемого месторождения.

При этом не следует забывать, что надежность оконтуривания тел полезных ископаемых зависит от методической и технической правильности проведения разведочных работ и опробования, а также от правильности приемов оконтуривания.

Прежде чем приступить к оконтуриванию, необходимо решить вопрос о том, какие запасы в условиях данного месторождения следует считать балансовыми, а какие забалансо-

выми и что относить к пустым породам и не включать в контур промышленных запасов. Решение этого вопроса связано с кондициями. Поэтому, приступая к оконтуриванию тел нерудных полезных ископаемых и подсчету запасов, необходимо иметь обоснованные кондиции, утвержденные в установленном порядке.

Оконтуривание тел нерудных полезных ископаемых практически сводится к установлению опорных точек контура по естественным обнажениям, буровым скважинам, горным выработкам, геофизическим или другим наблюдениям и проведению через полученные точки линий контура. Контур, проведенный через точки, в которых полезная толща отвечает требованиям промышленности по качеству и горнотехническим условиям разработки, называется промышленным.

Внутри этого контура заключаются балансовые запасы полезного ископаемого. За пределами этого контура могут размещаться забалансовые запасы, которые в настоящее время по качеству, технологии переработки, горнотехническим или гидрогеологическим условиям не могут быть использованы промышленностью, но могут представлять практический интерес в дальнейшем. Контур распространения таких запасов также устанавливается по опорным точкам, вскрывшим полезное ископаемое с показателями, соответствующими установленным в кондициях для забалансовых запасов. Внутри промышленного контура могут выделяться запасы нерудных полезных ископаемых разного качества и различной степени разведанности. Поэтому в задачу оконтуривания входит выделение в блоки участков месторождения, разведанных с различной детальностью, а также участков, характеризующихся различным качеством полезного ископаемого (бедных и богатых руд, технологически различных сортов).

*Оконтуривание по мощности тела полезного ископаемого* практически сводится к установлению мощности, в пределах которой качество минерального сырья удовлетворяет требованиям промышленности. При определении контуров тела полезного ископаемого в выработке основную роль играют характер изменения качества полезного ископаемого и взаимоотношение его с вмещающими породами. По этим признакам можно выделить следующие случаи границ тела полезного ископаемого и распределения полезного компонента: 1) границы четкие, распределение равномерное; 2) границы четкие, распределение неравномерное; 3) четкие границы отсутствуют, распределение равномерное; 4) четкие границы отсутствуют, распределение неравномерное.

Рассмотрим все эти случаи.

1. При равномерном распределении полезного компонента или выдержанном качестве сырья, когда границы тела полезного ископаемого достаточно четкие и промышленные контуры

совпадают с геологическими, мощность тела полезного ископаемого устанавливается непосредственно замером в горных выработках или по данным бурения. Соответствие качества сырья требованиям промышленности подтверждается данными опробования.

2. При невыдержанном качестве полезного ископаемого, имеющего четкие геологические границы с вмещающими породами, внешний контур тела полезного ископаемого может быть установлен достаточно просто — путем непосредственного наблюдения в горных выработках или по данным бурения. Неоднородность сырья не исключает возможности выделения внутри промышленного контура интервалов некондиционных пород, мощность которых устанавливается кондициями. Поскольку качество полезного ископаемого определяется опробованием, большое значение приобретает длина интервала опробования. В общем, она должна быть в 2 раза меньше установленной кондициями мощности, при которой прослой некондиционных пород возможно селективно обрабатывать. Так, если кондициями предусматривается возможность селективной обработки прослоев некондиционных пород мощностью 2 м, длина интервала опробования должна быть равна или меньше 1 м. Если же длина интервала опробования будет равна или превышать установленную мощность подлежащих выделению некондиционных пород, то многие прослой окажутся невыявленными и, будучи включены в контур тела полезного ископаемого, исказят качественную характеристику сырья. В то же время опробование большими интервалами может привести к тому, что часть кондиционного сырья может быть неправильно исключена из промышленного контура.

На рис. 16 приведен пример ошибочного увеличения мощности прослоя некондиционных песков вследствие неправильного выбора интервала опробования. При установленной кондициями мощности прослоев, подлежащих селективной выемке, в 2 м, опробование велось интервалами также в 2 м, вследствие чего прослой ожеженных песков, непригодных для стекловарения, мощностью 2 м расценивается как прослой мощностью 4 м.

Особенно большое значение правильный выбор интервала опробования имеет для месторождений, в которых сырье представлено разными сортами или марками. Неправильный выбор интервала опробования может привести к резкому изменению

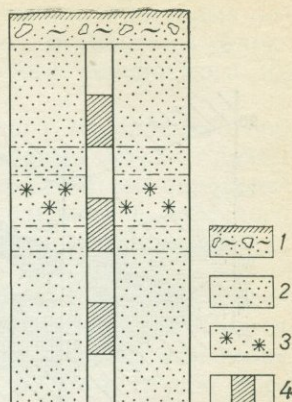


Рис. 16. Пример преувеличения мощности прослоя некондиционных песков: 1 — наносы; 2 — кондиционные пески; 3 — ожеженные пески; 4 — интервалы отбора проб



Если включения (линзы, прослой, прожилки, карстовые заполнения и т. д.) значительны и могут быть отработаны селективно, при замере мощности тела полезного ископаемого их не учитывают и в пробу не берут.

3. При равномерном качестве полезного ископаемого, но отсутствии между ним и вмещающими породами четких границ промышленный контур определяют по результатам опробования — по границе, показавшей бортовое содержание полезного компонента или предельное содержание вредных примесей.

При этом могут быть два случая.

А. Тело, оконтуренное по крайним пробам, показавшим бортовое содержание полезного компонента, характеризуется в среднем (на всю мощность) содержанием, равным или выше минимального промышленного по блоку. В этом случае промышленная мощность будет равна мощности тела полезного ископаемого, оконтуренного по крайним пробам с бортовым содержанием полезного компонента.

Б. Тело полезного ископаемого, оконтуренное по крайним пробам с бортовым содержанием полезного компонента, характеризуется средним содержанием его ниже минимального промышленного по блоку. В этом случае промышленная мощность тела полезного ископаемого не может быть определена лишь по данным опробования одной выработки, а должны учитываться результаты опробования других выработок в пределах блока. Если среднее содержание полезного компонента по блоку, установленное по всем выработкам в пределах тела полезного ископаемого, оконтуренного в каждой выработке по крайним пробам с бортовым содержанием, отвечает минимальному промышленному, то промышленная мощность тела в каждой выработке будет равна мощности тела, оконтуренного по крайним пробам с бортовым содержанием.

Однако, строго придерживаясь этого правила, без глубокого геологического анализа можно допустить вовлечение в промышленное освоение значительных количеств сырья, промышленная переработка которого нерентабельна. Не следует забывать, что данная выше рекомендация относится лишь к месторождениям с выдержанным качеством сырья, т. е. к таким, на которых нельзя произвести резкое разграничение руд на богатые и бедные или сырья на высокосортное и низкосортное. В противном случае месторождение следует отнести к типу невыдержанных по качеству сырья. Если же при оконтуривании по крайним пробам с бортовым содержанием полезного компонента среднее содержание его по блоку будет ниже минимального промышленного, то мощность тела полезного ископаемого в отдельных выработках должна быть уменьшена за счет исключения крайних бортовых проб так, чтобы обеспечить минимальное среднее содержание полезного компонента по блоку.

4. При невыдержанном качестве полезного ископаемого в телах, не имеющих четких границ с вмещающими породами, внешний контур тела полезного ископаемого и внутреннее его строение определяются по результатам опробования. Чтобы обеспечить возможность выделения интервалов некондиционных пород, подлежащих селективной обработке, длина интервалов опробования должна быть в 2 раза меньше установленной кондициями мощности прослоев, подлежащих исключению из подсчета запасов. Предварительно внешний промышленный контур тела полезного ископаемого проводится по границам крайних проб с бортовым содержанием полезного компонента; при этом интервалы с содержанием полезного компонента ниже бортового и с мощностью большей, чем предусмотрено кондициями для прослоев некондиционных пород, включаемых в полезную толщу, выделяются. Маломощные прослои некондиционных и пустых пород включаются в промышленный контур.

При этом могут быть три случая.

А. Тело полезного ископаемого, оконтуренное по крайним пробам, показавшим бортовое содержание полезного компонента, характеризуется средним содержанием его, равным или превышающим минимальное промышленное по блоку. Тогда промышленная мощность будет равна мощности тела полезного ископаемого, установленного по крайним пробам с бортовым содержанием полезного компонента при условии, что среднее содержание его в интервале, представленном чередующимися кондиционными и некондиционными прослоями, будет не ниже бортового. Если содержание полезного компонента в этом интервале будет ниже бортового, то включение его в промышленный контур нецелесообразно, так как приведет к необходимости выемки практически пустой породы. Путем исключения крайних проб с бортовым и некондиционным содержанием можно найти интервал, в пределах которого содержание полезного компонента будет выше бортового. Этот интервал включается в промышленный контур.

Б. Тело, оконтуренное по крайним пробам, показавшим бортовое содержание полезного компонента, характеризуется средним содержанием его ниже минимального промышленного по блоку, но выше бортового. В этом случае целесообразно исключить из промышленного контура крайние интервалы, представленные чередующимися кондиционными и некондиционными прослоями, если среднее содержание полезного компонента в пределах этих интервалов ниже бортового. Если и после этого среднее содержание полезного компонента не достигает минимального промышленного, то вопрос о целесообразности дальнейшего исключения интервалов с бортовым содержанием решается с учетом содержаний полезного компонента в других выработках, расположенных в пределах блока,

как было показано для месторождений с равномерным качеством сырья.

В. Тело, оконтуренное по последним пробам, показавшим бортовое содержание полезного компонента, характеризуется средним содержанием его ниже бортового.

Как и в предыдущем случае, необходимо путем исключения крайних проб с бортовым и некондиционным содержанием найти интервал, в пределах которого среднее содержание отвечает бортовому.

Изложенные принципы оконтуривания применимы к полезным ископаемым, ценность в которых представляет не вся горная порода, а лишь отдельные компоненты или минералы.

Характерной особенностью оценки качества группы месторождений полезных ископаемых, в которых ценность представляет вся горная порода, является отсутствие разделения требований к минимальному среднему содержанию компонентов и их бортовому содержанию. Обычно для таких месторождений устанавливаются предельные значения содержания полезных и вредных компонентов или допустимые значения физико-механических показателей, при которых возможно промышленное использование сырья в той или иной отрасли народного хозяйства. Особенностью оценки качества минерального сырья этой группы является и то, что она производится не по одному компоненту (или нескольким приравняемым к нему), а по многим компонентам или свойствам, привести которые к единому показателю невозможно. Так, если на полиметаллических месторождениях, руда которых включает несколько ценных компонентов — свинец, цинк, золото и т. д., — оценка качества руды может производиться по содержанию так называемого «условного процента металла», для определения которого все металлы, исходя из их ценности, приравниваются в определенном соотношении к какому-либо одному металлу, то на месторождениях нерудного сырья, например известняков, содержание полезного компонента  $\text{CaO}$  не может быть приравнено к содержанию вредных примесей —  $\text{MgO}$ , нерастворимого остатка и т. д. Эти особенности, во-первых, по-разному определяют возможность при оконтуривании включать в полезную толщу некондиционные породы, а, во-вторых, вызывают необходимость строгого учета условий разработки месторождения.

Для отдельных видов нерудных полезных ископаемых включение в полезную толщу некоторого количества некондиционных пород практически не сказывается на качестве сырья. Например, допускается включение в известняки, используемые в качестве цементного сырья, такого количества доломитизированных известняков или доломитов, при котором содержание окиси магния в клинкере не будет превышать установленные 4,5 %. При таком включении качество сырья не ухудшается и из него может быть получен цемент высоких марок.

Большое количество лимитируемых компонентов требует при определении промышленного контура полезного ископаемого хорошего знания технологии переработки и горнотехнических условий разработки сырья. В ряде случаев целесообразно включать в промышленный контур отдельные пробы или ряд проб с содержанием того или иного компонента ниже допустимого кондициями. Такое включение не приведет к снижению качества сырья. Так, флюсовый известняк, применяемый в черной металлургии, оценивается по содержанию окиси кальция и магния, нерастворимого остатка, фосфора и серы. Нередко содержание того или иного компонента в отдельных пробах выходит за пределы допустимого, но в других пробах из рассматриваемого разреза содержание этих же компонентов значительно меньше, чем допускается кондициями, и в среднем по разрезу удовлетворяет требованиям кондиций. Иногда по данным поинтервальных проб весь разрез представлен некондиционным сырьем, причем каждая проба характеризует его как промышленное по содержанию какого-либо одного компонента, а при смешении проб в интервале, характеризующем эксплуатационный уступ, получается вполне кондиционное сырье. Возможны случаи, когда полезная толща, опробованная короткими секциями, представляется кондиционной, но при смешении проб, взятых из всех слоев в пределах эксплуатационного уступа, качество сырья в средней пробе, характеризующей интервал, соответствующий принятому при разработке, не отвечает требованиям промышленности. Так, при оценке формовочных песков нередко по данным секционных проб выделяются слои, сложенные песками определенных марок, но при смешении проб песков из ряда слоев получается песок, некондиционный по гранулометрическому составу или газопроницаемости.

В таких случаях при оконтуривании нельзя ограничиваться суммированием кондиционных слоев в промышленную пачку, а необходимо производить пересчет состава на мощность, соответствующую принятому уступу разработки.

Для ряда строительных материалов, оценка которых производится главным образом по их физико-механическим свойствам (бут, щебень, гравий и др.), усреднение качества сырья не допускается. В этих случаях при оконтуривании нельзя руководствоваться средним значением сопротивления сжатию, средней величиной водопоглощения и другими средними значениями параметров. Предположим, что 25 % испытанных образцов показали сопротивление сжатию в водонасыщенном состоянии 1200 кг/см<sup>2</sup>, а 75 % — 400 кг/см<sup>2</sup>. Вычисляя среднее сопротивление по всем образцам, получим 600 кг/см<sup>2</sup>. Оценивая камень по среднему значению прочности, можно прийти к выводу о пригодности его в качестве щебня для изготовления гидротехнического бетона марки 300. В действительности же 75 % всего объема камня непригодно для этой цели, и бетон, изготовленный из

этого камня, нельзя применять в гидротехнических сооружениях. В тех случаях, когда камень по своим физико-механическим свойствам неоднороден и выделить его в разрезе выработки и на плане невозможно, в промышленный контур включается вся горная порода с указанием процента выхода кондиционного камня.

Оконтуривание некоторых видов нерудных полезных ископаемых (керамические глины и др.) осложнено отсутствием требований к качеству сырья. В этом случае оценка качества сырья производится не по составу или физико-механическим свойствам сырья, а по качеству готовой продукции, которое определяется по данным технологических испытаний (кирпича, черепицы и др.). Естественно, что изготовление продукции сопряжено с необходимостью отбора больших масс сырья, технологическая переработка которого связана с затратой значительного количества времени и средств. Поэтому практически невозможно произвести оценку сырья в каждой из пройденных выработок. Обычно для технологических испытаний в наиболее характерных пунктах отбирают одну-две пробы, на основании которых и судят о пригодности разведанного сырья и технологии его переработки. Оконтуривание же производят путем соединения точек, вскрывших полезное ископаемое, качество которого по данным изучения химического и гранулометрического состава и физико-механических свойств не отличается от качества сырья, на котором производились технологические испытания. Задача усложняется еще и в том случае, если сырье неоднородно и отдельные его разновидности самостоятельно не могут быть использованы, а получение кондиционной продукции возможно только при шихтовке их в определенном соотношении. В таких случаях промышленный контур проводится через точки, вскрывшие разновидности полезного ископаемого, участвующие в составлении шихты.

*Определение промышленного контура по площади распространения полезного ископаемого.* После определения контуров тела полезного ископаемого в отдельных выработках производят оконтуривание его по простиранию и падению. При этом различают четыре способа проведения контура: 1) по опорным точкам, соответствующим выработкам или обнажениям, вскрывшим кондиционное сырье; 2) между двумя крайними выработками, полезное ископаемое в одной из которых характеризуется кондиционными показателями, а в другой некондиционными;

3) между двумя крайними выработками, одна из которых вскрыла кондиционное сырье, а в другой полезное ископаемое отсутствует; 4) по крайним выработкам, вскрывшим кондиционное сырье, при отсутствии выработок, ограничивающих экстраполяцию.

1. *Проведение контура по опорным точкам, вскрывшим кондиционное сырье, не представляет затруднений.* Все выработки

и обнажения наносятся на подсчетные планы, проекции и разрезы. При оконтурировании соединяются выработки, удовлетворяющие кондициям по мощности тела полезного ископаемого, горнотехническим условиям его залегания и качеству. При оконтурировании полезных ископаемых, ценность в которых представляет не вся горная порода, а заключенный в ней полезный компонент, соединяются выработки, показавшие содержание полезного компонента не ниже бортового, а в случаях, специально оговоренных в кондициях,— не ниже минимального среднего, установленного для выработки.

2. *Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, полезное ископаемое в одной из которых характеризуется кондиционными показателями, а в другой некондиционными.* При закономерном изменении мощности тела полезного ископаемого, его качества и мощности пород вскрыши опорные точки определяются интерполяцией, причем за опорные принимаются точки, в которых показатели соответствуют минимальным (бортовое или минимальное среднее содержание полезного компонента по выработке, минимальная промышленная мощность и максимально допустимое соотношение мощностей пород вскрыши и полезного ископаемого).

При отсутствии закономерности в изменении показателей, установленных кондициями, промышленный контур обычно проводят по середине расстояния между крайними выработками.

3. *Проведение контура тела полезного ископаемого между двумя крайними выработками, одна из которых вскрыла кондиционное сырье, а в другой полезное ископаемое отсутствует.*

При закономерном изменении показателей тела полезного ископаемого опорные точки чаще всего определяют при помощи так называемого нулевого контура, т. е. контура выклинивания полезного ископаемого. При этом нулевой контур чаще всего проводят посередине расстояния между выработками, одна из которых вскрыла кондиционное сырье, а в другой полезное ископаемое отсутствует, или по среднему углу выклинивания.

В случае закономерного изменения показателей тела полезного ископаемого не рекомендуется проводить нулевой контур посередине расстояния между крайними выработками, так как имеющийся фактический материал позволяет определить его более точно. Не рекомендуется также определять нулевой контур по методу среднего угла выклинивания, так как при этом не учитывается различная скорость изменения показателей в разных направлениях. Нулевой и промышленный контур в этом случае лучше всего находить графически, с учетом скорости выклинивания тела полезного ископаемого в каждом направлении.

При отсутствии закономерности в изменении мощности полезного ископаемого или содержания компонента положение опорной точки промышленного контура более или менее точно установить невозможно. Обычно промышленный контур прово-

дят посередине расстояния между выработкой, вскрывшей кондиционное полезное ископаемое, и выработкой, не вскрывшей полезного ископаемого, при условии, что расстояние между выработками не превышает расстояния, принятого при разведке месторождения для запасов категории  $C_1$ . Если это расстояние превышает указанное, то промышленный контур должен проходить на расстоянии не большем расстояния между выработками, принятого для разведки запасов категории  $C_1$ , независимо от того, по какой категории классифицируются запасы в зоне экстраполяции.

4. *Проведение контура по крайним выработкам, вскрывшим кондиционное сырье, при отсутствии выработок, ограничивающих экстраполяцию*, основывается главным образом на геологических наблюдениях. При отсутствии закономерного изменения мощности полезной толщи и пород вскрыши, а также качества полезного ископаемого величину экстраполяции определяют с учетом предполагаемых размеров тела полезного ископаемого, выдержанности его мощности, состава и качества, геологических предпосылок изменения мощности и содержания, устанавливаемых на основе литолого-фациального анализа продуктивного горизонта и вмещающих его пород. Обычно величина экстраполяции не превышает расстояния, принятого для категории  $C_1$ , но иногда при большой устойчивости тела полезного ископаемого на значительных расстояниях может достигать двойного и тройного расстояния между выработками, принятого для категории  $C_1$  или  $C_2$ .

При закономерном изменении показателя внешний контур полезного ископаемого определяется так же, как и в предыдущем способе 3.

Приведенные приемы оконтуривания тела полезного ископаемого в значительной мере являются формальными, и установленные контуры не точно соответствуют действительным границам распространения полезного ископаемого. Поэтому, производя оконтуривание, необходимо учитывать условия формирования тела полезного ископаемого, его тектоническую нарушенность и другие факторы, влияющие на морфологию тел полезного ископаемого. Для обоснования границ экстраполяции существенное значение имеет геологический анализ геофизических и геохимических исследований, в особенности форма контуров выявленных аномалий, продуктивный характер которых установлен.

*Характерные ошибки, допускаемые при оконтуривании тел полезного ископаемого.* Большинство ошибок, допускаемых при оконтуривании тел полезных ископаемых, обусловлено слабым знанием закономерностей изменения параметров, характеризующих разведываемую залежь. Между тем в ряде случаев, только зная эти закономерности, можно провести обоснованный контур.

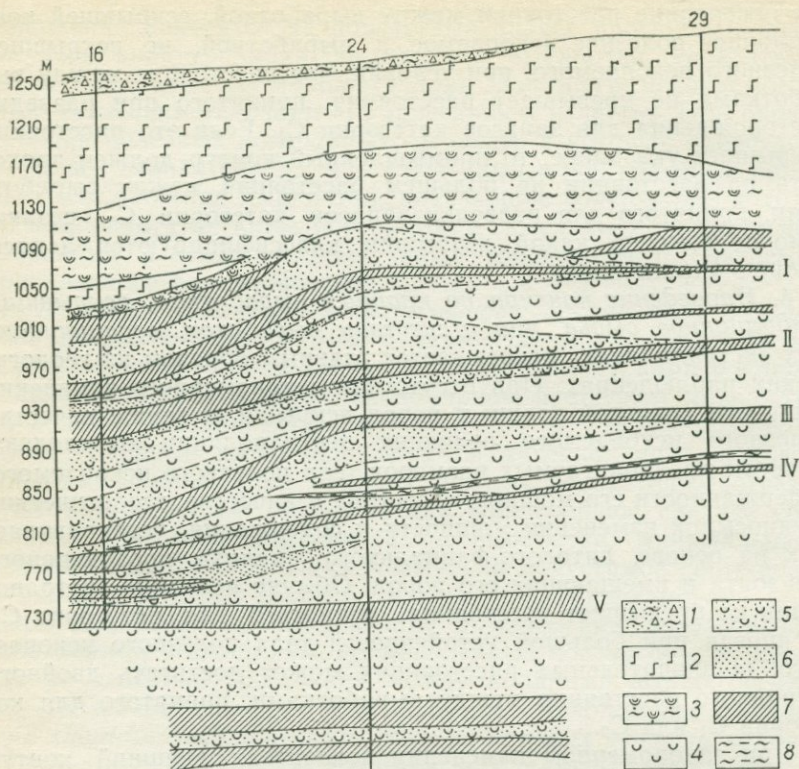


Рис. 18. Увязка пластов, принятая при подсчете запасов без учета углов падения пластов, по данным бурения. Аванское месторождение каменной соли (по А. Е. Амряну): 1 — наносы; 2 — покровные базальты; 3 — гипсоносные глины; 4 — каменная соль пищевая; 5 — каменная соль техническая; 6 — каменная соль некондиционная; 7 — соленосные глины; 8 — битуминозные глинистые сланцы

Описать все ошибки, допускаемые при определении контура тела полезного ископаемого, не представляется возможным. Поэтому ниже приводятся примеры наиболее часто встречающихся ошибок при оконтуривании тел нерудных полезных ископаемых.

1. При оконтуривании слоистых толщ осадочных пород весьма важное значение имеет надежность полученных в результате разведки представлений об условиях залегания полезной толщи. Только хорошо зная углы падения и простираения пород, характер и амплитуды складчатых и разрывных нарушений, можно с той или иной степенью достоверности определить внешний контур залежи полезного ископаемого и произвести правильную увязку слагающих ее слоев.

При определении условий залегания полезной толщи прежде всего следует учитывать геологическую обстановку, в которой

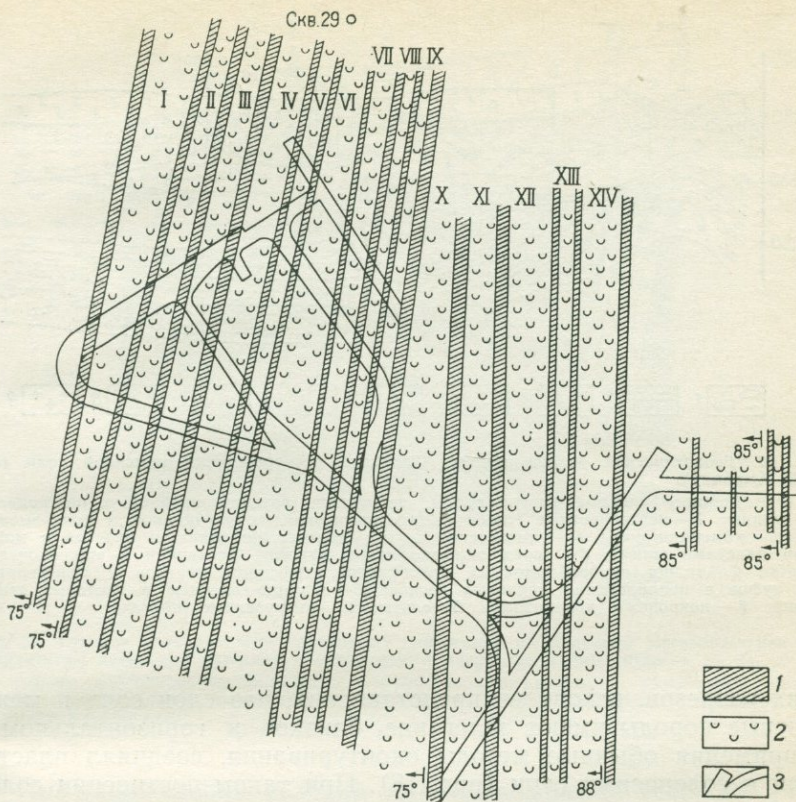


Рис. 19. Аванское месторождение каменной соли. План горизонта 1055 м:  
1 — глинистые породы; 2 — каменная соль; 3 — подземные горно-капитальные выработки

находится месторождение или участок, а затем, зная эту обстановку, тщательно анализировать собранный в процессе разведки фактический материал. Игнорирование этого и применение формальных методов оконтуривания может привести к грубым ошибкам в определении промышленной ценности месторождения или отдельного его участка. Примером этого является неправильное оконтуривание и увязка отдельных слоев, слагающих полезную толщину на Аванском месторождении соли.

Аванское месторождение соли является частью Приереванского соленосного бассейна, сложенного мощной толщей соленосных отложений (до 400—600 м и более), выполняющих широкую и пологую Приереванскую синклинали. Такая геологическая обстановка на первый взгляд дает основание предполагать спокойное залегание пластов соли в пределах разведанного участка. Поэтому автор отчета при построении геологиче-

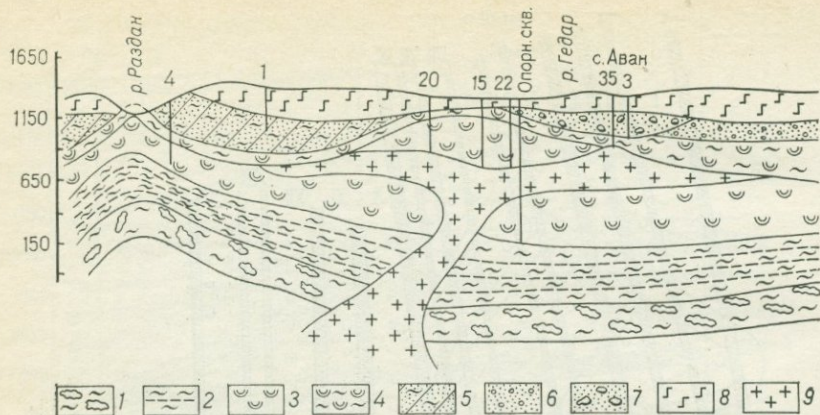


Рис. 20. Геологический разрез района Аванского месторождения каменной соли (по А. Е. Амрояну):

1 — чередующиеся рыхлые конгломераты, песчаники, латеритизированные пестроцветные глины; 2 — пестроцветные глины с прослоями рыхлых песчаников и конгломератов; 3 — каменная соль; 4 — гипсоносная толща (соленосные глины и мергели с мощными пластами гипса); 5 — чередующиеся глины, мергели, песчаники и микроконгломераты; 6 — толща грубообломочных туфобрекчий, туфоконгломератов и агломератовых туфов с пропластками пепловых песков; 7 — валунино-галечные и песчаные отложения; 8 — покровные долеритовые базальты; 9 — интрузивные породы

ских разрезов, исходя из представления, что слои соли и межсолевые породы имеют залегание, близкое к горизонтальному, и применяя обычные методы оконтуривания, соединял пласты соли и соленосных глин (рис. 18). При таком построении соленосная толща имела довольно простое строение: в ее пределах выделено семь пологопадающих ( $12-18^\circ$ ) пластов каменной соли мощностью от 1,5 до 127 м, разделенных прослоями и пластами соленосных глин мощностью от нескольких сантиметров до нескольких метров. Установленные по керну скважин значительные колебания углов падения — от почти горизонтального до почти вертикального — автор объяснял внутрисоляной тектоникой.

При вскрытии месторождения шахтой с горно-капитальными и горно-подготовительными выработками установлено, что соленосная толща на горизонте горных работ представлена серией часто чередующихся крутопадающих ( $75-88^\circ$ ) пластов соли и разделяющих их глин (рис. 19). Только на участке длиной около 300 м вскрыто 16 пластов соли мощностью от 1 до 17 м, чередующихся с прослоями глин мощностью от 1 до 3,5 м.

Основной причиной такого грубого искажения условий залегания соленосной толщи и вследствие этого неправильного оконтуривания пластов соли является прежде всего недостаточное количество исходных геологических данных и неправильная их интерпретация.

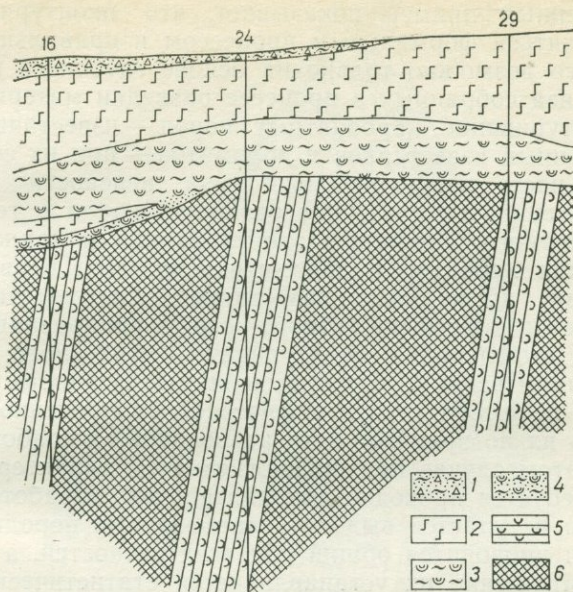


Рис. 21. Степень разведанности соленосных отложений на Аванском месторождении по результатам детальной разведки. Вертикальный разрез по линии скважин 16, 24, 29: 1 — наносы; 2 — покровные базальты; 3 — гипсоносные глины; 4 — соленосные глины; 5 — разведанная часть соленосных отложений; 6 — часть соленосных отложений, не вскрытая выработками

При определении условий залегания прежде всего не учитывалась геологическая обстановка, в которой находится участок разведки. Простой анализ показывает, что геологическая обстановка участка разведки резко отлична от обстановки, характерной для остальной части соленосного бассейна (рис. 20). Участок разведки представляет собой оторванную и приподнятую интрузией часть соленосной толщи, что говорит о возможности резкого изменения углов падения пластов соли вследствие интенсивного проявления соляной тектоники. Поскольку данные об углах падения пластов не увязывались с общим представлением об их залегании, близком к горизонтальному, следовало пройти ряд наклонных скважин для получения перекрытого разреза.

Отсутствие такого разреза не позволяло судить ни о действительной мощности слагающих соленосную толщу пластов соли, ни о количестве этих пластов, так как при крутых углах падения пластов и разведке их вертикальными скважинами большинство пластов соли остались не вскрытыми (рис. 21). Для промышленной оценки месторождения потребовалась новая разведка с почти полным комплексом опробования и анализов.

Приведенный пример показывает, что оконтуривание не должно являться формальным процессом и правильное осуществление его возможно только на основе глубокого геологического анализа собранных в процессе разведки материалов.

2. Оконтуривание карбонатных пород — известняков, доломитизированных известняков и доломитов — при их совместном залегании часто затруднительно из-за неясности характера распространения тех или иных разновидностей пород в теле полезного ископаемого. Принципы оконтуривания в данном случае определяются характером доломитизации. При первичной доломитизации, когда слои известняков, доломитизированных известняков и доломитов строго стратифицированы, задача сводится к выделению и оконтуриванию этих слоев. При пятнистой доломитизации, когда выделяемые разности карбонатных пород не имеют стратиграфической приуроченности, часто оконтурить их по принятой сети разведочных выработок невозможно. В этом случае при крупногнездовом характере доломитизации требуется проходка дополнительных выработок. Если и после этого не удастся выделить карбонатные породы, то контур залежи проводится общий для всех разновидностей, а количественное соотношение их устанавливается статистически. Основная трудность заключается в определении характера доломитизации. На рис. 22 показан разрез толщи карбонатных пород на Чинарском месторождении доломитов. Ориентируясь на результаты химических анализов, авторы оконтурили доломит на участке между канавой 17 и скв. 2, соединив крайние пробы, вскрывшие кондиционные доломиты. На участке между скв. 2 и канавой 14 в северо-восточной части контур проведен также без учета стратиграфической приуроченности доломитизации и лишь на участке влияния канавы 14 контур проведен по стратиграфическому контакту доломитизированных известняков и доломитов. Такое оконтуривание сугубо формально и может привести к грубым ошибкам. Несмотря на то что в разрезе по канаве 14 карбонатные породы представлены почти исключительно кондиционными доломитами, если доломитизация имеет гнездовой характер, не исключено наличие в полезной толще крупных участков некондиционных пород — известняков или доломитизированных известняков. Для выяснения этого вопроса требовалась проходка дополнительных скважин, которая позволила бы определить характер доломитизации. Без проходки таких скважин правильно оконтурить кондиционные доломиты невозможно.

3. Положение контура тела полезного ископаемого между двумя выработками не всегда можно определить однозначно, что нередко приводит к необоснованной увязке двух самостоятельных тел в одно рудное тело. При возникновении трудностей в увязке рудных тел необходимо тщательно проанализировать геологическую обстановку, в которой они находятся. Для окон-

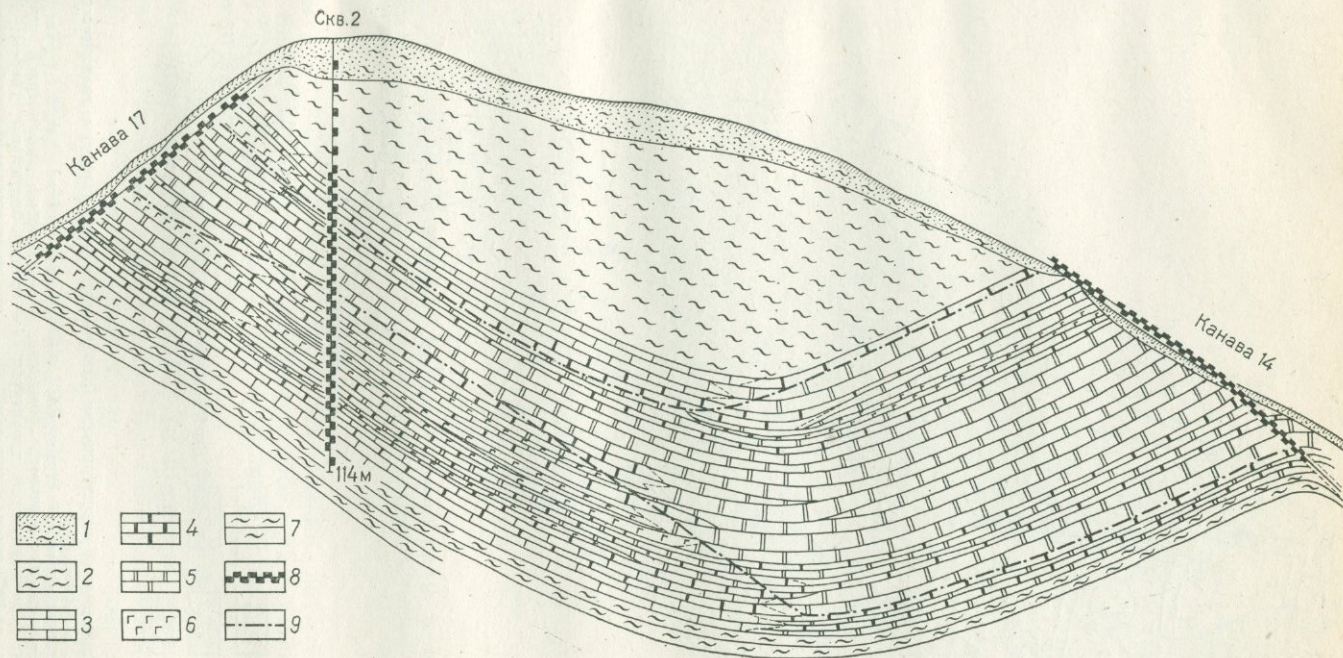


Рис. 22. Пример формального оконтуривания при неустановленном характере распределения отдельных разностей карбонатных пород. Вертикальный разрез (по Л. И. Ландштрассе):

1 — почвенно-растительный слой и лёссовидный суглинок; 2 — глины сузакских слоев; 3—6 — бухарские слои (3 — известняки, 4 — доломитизированные известняки, 5 — доломиты, 6 — гипсы); 7 — глины сенона; 8 — пробы; 9 — контур залежи доломитов

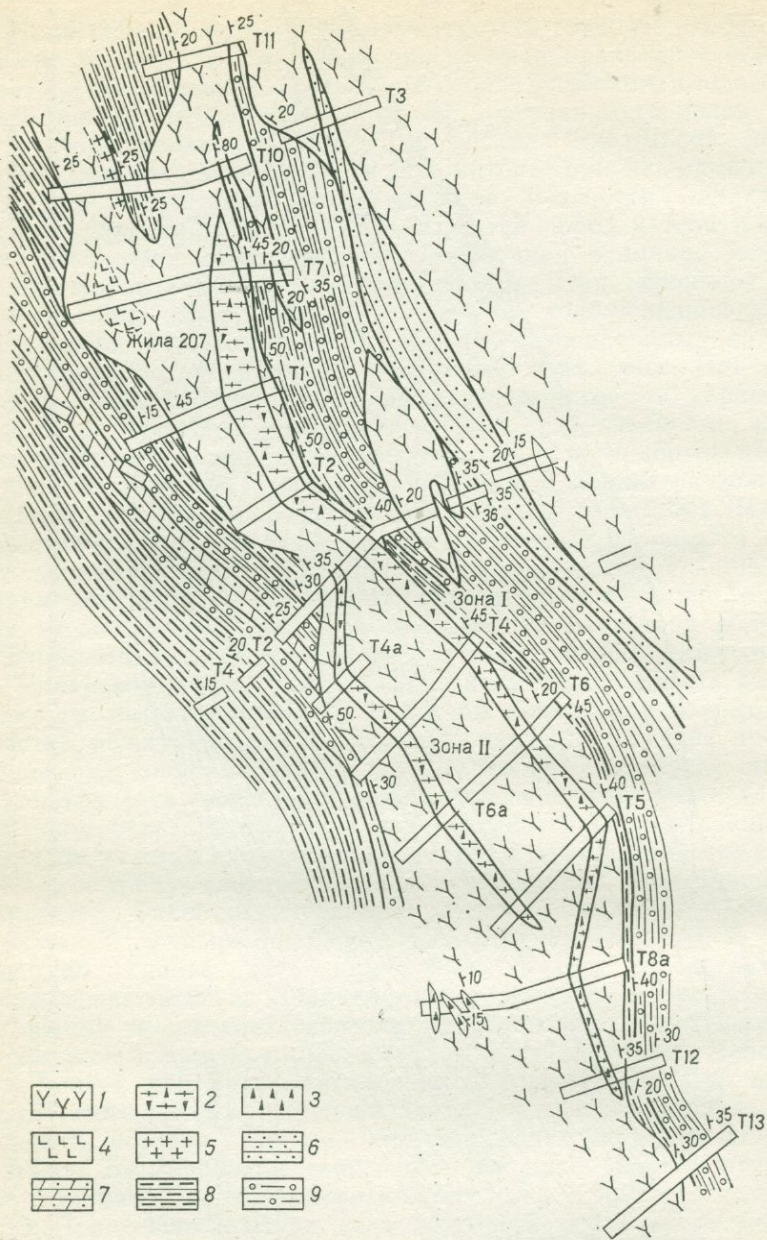


Рис. 23. Пример правильного контурирования слюдоносных жил с учетом геологической обстановки (по А. З. Семенову):  
 1 — пегматит неяснографической структуры; 2 — пегматит пегматоидной структуры с мусковитом; 3 — кварц-мусковитовый комплекс; 4 — пегматит графической структуры; 5 — пегматит апографической структуры; 6 — гранато-биотитовые гнейсы; 7 — кварц-гранат-цоизит-амфиболовая порода; 8 — мусковитизированные биотитовые гнейсы; 9 — кварц-биотитовые гнейсы

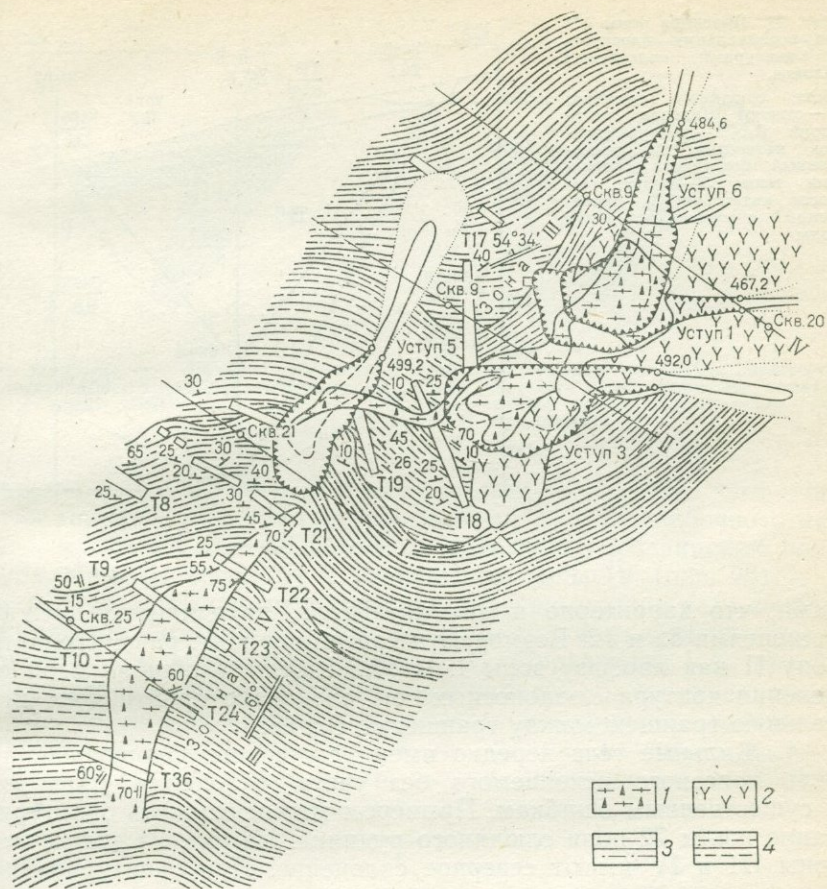


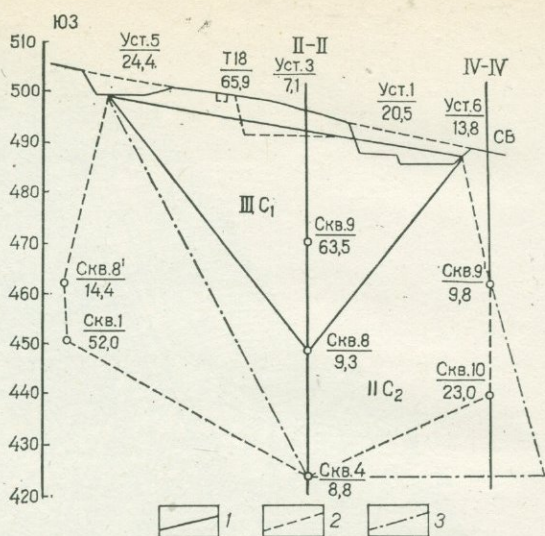
Рис. 24. Геологический план жилы слюдяного рудника (по И. В. Прокофьеву):  
 1 — слюдоносная зона; 2 — пегматит; 3 — дистен-гранат-биотитовые гнейсы; 4 — биотитовые гнейсы

чательного решения вопроса на стадии детальной разведки в большинстве случаев требуется проходка дополнительной выработки, поскольку без нее возможны серьезные ошибки при оконтуривании.

На рис. 23 показан геологический план жилы слюдяного рудника. Как видно из плана, в пределах жилы выделяются две слюдоносные зоны I и II. При оконтуривании слюдоносных зон сложность представляет увязка слюдоносного интервала, вскрытого траншеями 8а и 12. По направлению простирания этот интервал мог бы быть увязан с зоной II. Однако авторы правильно относят его к зоне I, так как ее положение отчетливо контролируется контактом пегматитового тела с гней-

Рис. 25. Проекция зоны III на вертикальную плоскость с контурами подсчетных блоков.

Поле слюдяного рудника: 1 — контур запасов категории  $C_1$ ; 2 — контур запасов категории  $C_2$ , проведенный без учета склонения зоны; 3 — контур запасов категории  $C_2$ , проведенный с учетом склонения зоны



сами, что характерно и для интервала, находящегося между траншеями 8а и 12. Возможен и третий вариант: рассматривать зону II как апофизу зоны I. Чтобы избежать ошибки в определении контура слюдоносных зон, следовало пройти дополнительную траншею между траншеями 5 и 8а.

4. Жильные тела нередко имеют склонение. Оконтуривание тела полезного ископаемого без учета склонения приводит к существенным ошибкам. Примером может служить оконтуривание жилы 72 поля слюдяного рудника. Из рис. 24 видно, что зоны III и IV имеют северное склонение. При оконтуривании

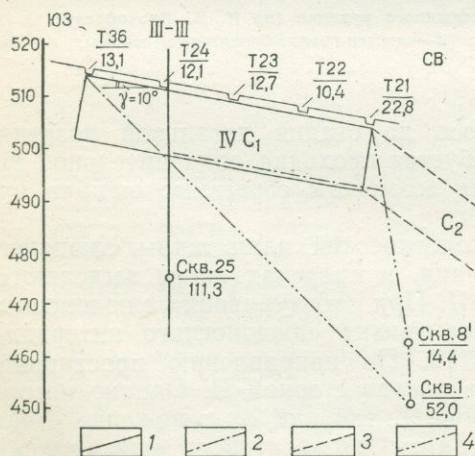


Рис. 26. Проекция зоны IV на вертикальную плоскость с контурами подсчетных блоков.

Поле слюдяного рудника: 1 — контур запасов категории  $C_1$ , проведенный без учета склонения зоны; 2 — контур запасов категории  $C_1$ , проведенный с учетом склонения зоны; 3 — контур запасов категории  $C_2$ , проведенный без учета склонения зоны; 4 — контур запасов категории  $C_2$ , проведенный с учетом склонения зоны

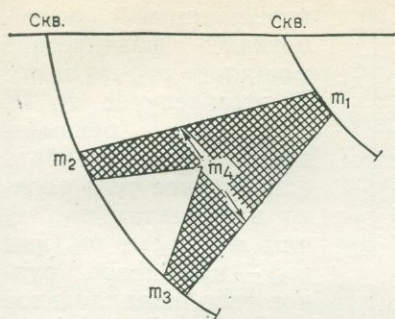


Рис. 27. Схема оконтуривания тела полезного ископаемого между выработками (по А. П. Прокофьеву)

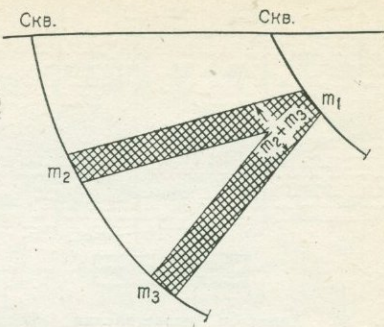


Рис. 28. Пример занижения мощности тела полезного ископаемого при оконтуривании его между выработками (по А. П. Прокофьеву)

каждой зоны не учитывалось склонение, вследствие чего участки зоны IV, подсеченные скважинами 8<sup>1</sup> и 1, ошибочно отнесены к зоне III. Это привело к значительному расширению контура зоны III (рис. 25) и уменьшению зоны IV (рис. 26).

5. При определении положения контура рудного тела между двумя выработками обычно не допускается увеличение мощности, так как это, по мнению А. П. Прокофьева [44], приводит к необоснованному увеличению запасов. Такое увеличение мощности может явиться результатом интерполяции мощности рудного тела, как показано на рис. 27, где мощность  $m_4$ , полученная графическими построениями, значительно превышает

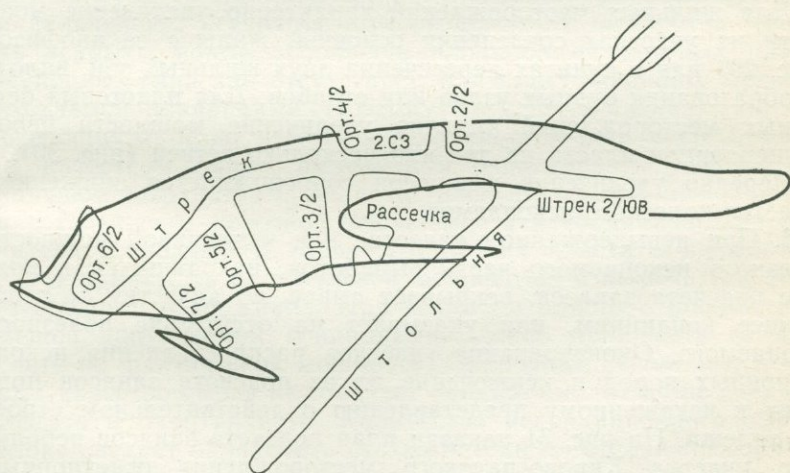


Рис. 29. План горизонта жилы № 2. Енское месторождение мусковита (по В. И. Разореновой и Ю. П. Аксенову). Жирной линией показаны прослеженные контакты жилы

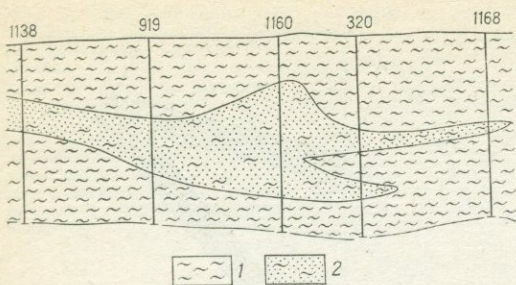


Рис. 30. Характер разветвления прослоя песка в глинах. Кировоградское месторождение огнеупорных глин (по Л. М. Сухаревой):

1 — глина огнеупорная; 2 — песок кварцевый, слегка глинистый

пересеченные выработками фактические мощности  $m_1$ ,  $m_2$  и  $m_3$ . В этом случае А. П. Прокофьев рекомендует рассматривать одно рудное тело только в пределах  $m_1$ ,  $m_3$  или  $m_1$ ,  $m_2$ , а  $m_2$  (или  $m_3$ ) — как новое рудное тело, параллельное первому. Однако такой подход к оконтуриванию сугубо формальный. В практике под-

счета запасов нередко необходимо увязать основное рудное тело с его апофизой, двумя или несколькими ветвями одного и того же расщепляющегося пласта и т. д.

Оконтуривание каждой ветви приводит к искажению действительной формы тела полезного ископаемого, неправильному определению его запасов и, как следствие этого, к ошибочному выбору способа вскрытия и разработки месторождения. В практике подсчета запасов при необходимости увязать два рудных интервала, вскрытых в одном сечении, с одним рудным интервалом, вскрытым в другом сечении, обычно искусственно уменьшают мощность между двумя сечениями (рис. 28). Это неправильный прием, так как он не отражает геологическую природу формы тела полезного ископаемого.

Для жильных месторождений характерно увеличение мощности на участках сочленения основной жилы с ее апофизой (рис. 29) или в пунктах пересечения двух жильных зон, вплоть до образования рудных узлов или столбов. Для пластовых осадочных месторождений типично увеличение мощности перед расщеплением пласта на две или несколько ветвей (рис. 30).

Нередко увеличение мощности сопровождается снижением качества полезного ископаемого.

6. При невыдержанном качестве или изменчивой мощности полезного ископаемого часть выработок, находящихся в контуре подсчета запасов, вскрывает сырье, по качеству не отвечающее кондициям, или указывает на отсутствие полезного ископаемого. Оконтуривание участков распространения некондиционных пород и исключение их из подсчета запасов приводит к искаженному представлению о действительном строении залежи. На рис. 31 показан план подсчета запасов небольшого участка Кировоградского месторождения огнеупорных глин. При разведке месторождения сеть скважин одна из них (1142) не встретила пласта огнеупорных глин. На этом основании площадь, прилегающую к этой скважине, можно исклю-

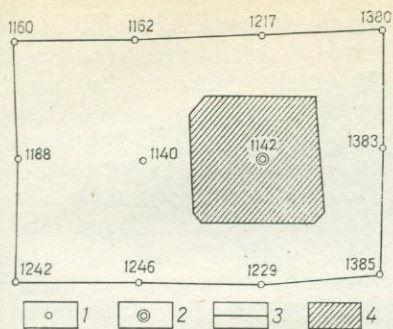


Рис. 31. Пример неправильного выделения и оконтуривания участков, на которых не встречено полезное ископаемое:

1 — скважины, вскрывшие кондиционные глины; 2 — скважины, не вскрывшие кондиционные глины; 3 — контур подсчета запасов; 4 — площадь распространения некондиционных глин

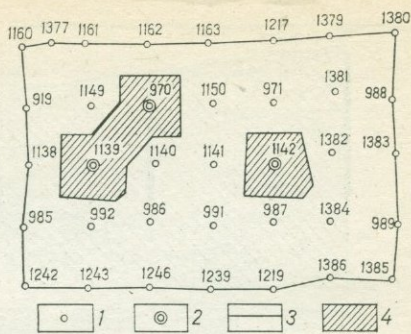


Рис. 32. Пример правильного учета выработок, не встретивших полезного ископаемого. Кировградское месторождение огнеупорных глин:

1 — скважины, вскрывшие кондиционные глины; 2 — скважины, не вскрывшие кондиционные глины; 3 — контур подсчета запасов; 4 — площади распространения некондиционных глин

читать из подсчета запасов, как показано на рисунке, и при эксплуатации месторождения не обрабатывать.

Однако, как видно из рис. 32, дополнительные выработки показали, что площадь, на которой отсутствует пласт огнеупорных глин вокруг скважины 1142, значительно меньше, чем было установлено первоначальной сетью скважин. Одновременно скважиной 1139 установлена новая площадь, на которой отсутствует пласт огнеупорных глин, а скважина 970 вскрыла пласт глин, не кондиционных по мощности. Естественно, что при дальнейшем сгущении сети разведочных выработок могут быть вскрыты новые небольшие площади, на которых пласт огнеупорных глин или отсутствует, или имеет мощность меньше допускаемой кондициями. Поэтому на месторождениях, характеризующихся резко изменчивой мощностью или невыдержанным качеством сырья, выделять и оконтуривать участки по единичным выработкам, не встретившим полезное ископаемое или встретившим полезное ископаемое с некондиционными показателями, нельзя. В случае отсутствия пласта в выработке следует принимать ее с нулевой мощностью и включать в подсчет среднего содержания. При вскрытии пласта с мощностью, меньшей допускаемой кондициями, нужно принимать ее при расчете по фактической мощности. Одиночные скважины, в которых качество сырья не отвечает кондициям, также не следует выделять и оконтуривать. Количество некондиционного сырья в блоке следует определять статистически по отношению общей длины интервалов, встретивших некондиционное сырье, к общей длине выработок, пройденных по телу полезного ископаемого.

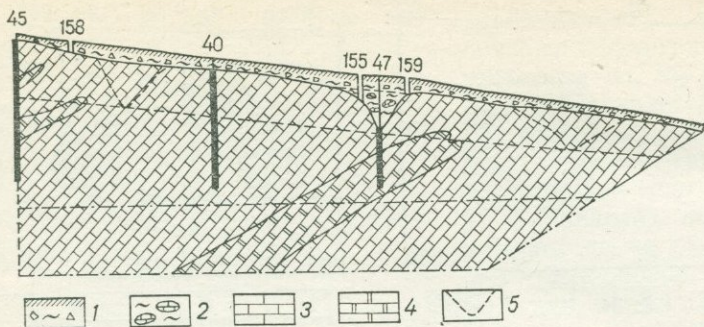


Рис. 33. Учет поверхностного карста при подсчете запасов (по Б. Л. Пескину):  
 1 — почвенно-растительный слой и наносы; 2 — карст; 3 — известняки; 4 — доломитизированные известняки; 5 — возможные карстовые проявления

7. При наличии на месторождении поверхностного карста обычно искусственно оконтуривают вскрытые карстовые проявления и исключают их из контура подсчета запасов, что приводит к искаженному представлению о действительной степени закарстованности карбонатных пород. На рис. 33 приведен разрез толщи карбонатных пород Сысоевского месторождения известняков. Скважиной 47 вскрыта карстовая полость. Для оконтуривания ее пройдены шурфы. Таким образом, карстовая полость, вскрытая скважиной 47, достаточно надежно оконтурена. Аналогично оконтурены и другие карстовые полости, встреченные разведочными выработками. После исключения вскрытых карстовых полостей остальная часть карбонатных пород характеризуется как не содержащая карстовых полостей, ибо в ее контуре не установлено ни одной карстовой полости. Между тем, нет сомнения в наличии карстовых пустот, не вскрытых и не оконтуренных разведочными выработками даже при густой сети выработок на площади подсчета запасов по категориям А и В, и тем более на площади запасов по категории С<sub>1</sub>, где сеть выработок довольно редка. Чтобы исключить ошибки при выявлении степени закарстованности карбонатных пород, целесообразно процент закарстованности определять статистически, включая в вычисления и крупные полости, оконтуренные разведочными выработками, а верхнюю границу полезной толщи проводить без учета карстовых проявлений, как показано на рис. 33. Учитывая, что поверхностный карст распространяется до определенной глубины, нижнюю границу закарстованных пород следует проводить по отметке, соответствующей максимальной глубине вскрытых карстовых проявлений; запасы нужно подсчитывать отдельно и в подсчет вводить установленный коэффициент закарстованности. Запасы, расположенные ниже отметки максимального развития поверхност-

ного карста, следует подсчитывать отдельно и степень их закарстованности определять статистически по величине глубинного карста.

При установлении верхней границы зоны карбонатных пород, затронутых поверхностным карстом, серьезное внимание следует уделять литологическому составу пород, покрывающих карбонатные отложения, чтобы более точно разделить материал карстовых заполнений от делювиально-элювиальных отложений. Нередко в материале, выполняющем карстовые полости, заключены крупные глыбы карбонатных пород (рис. 34), что при недостаточной глубине вскрышных выработок может привести к неправильному установлению границы коренных карбонатных пород и неверному определению коэффициента закарстованности. При решении вопроса залегания карбонатных пород (коренное или некоренное) по данным вскрышных выработок следует сопоставлять элементы залегания пород, а в случае их неясности проходить вскрышные выработки на большую глубину (2—3 м).

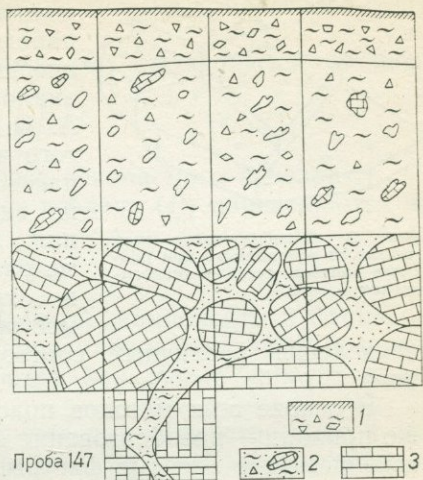


Рис. 34. Выработки, остановленные в карсте с большим количеством валунов коренных пород. Сысоевское месторождение известняков (по Б. Л. Пескину):

1 — почвенный слой и наносы; 2 — глина со щебнем; 3 — известняки

### МЕТОДЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОДСЧЕТНЫХ БЛОКОВ

В геологической литературе описано более 20 методов подсчета запасов твердых полезных ископаемых. В практике подсчета запасов нерудных полезных ископаемых в настоящее время широко применяют всего лишь два метода: геологических блоков и разрезов. Для подсчета запасов пьезооптического и камнесамоцветного сырья нередко используется геолого-статистический метод.

Бригадой сотрудников ВКЗ под руководством В. И. Смирнова и М. С. Галинкер на основании сравнения результатов подсчета запасов различных видов нерудных полезных ископаемых разными методами установлено, что величина ошибок, связанных с применением различных методов, не превышает

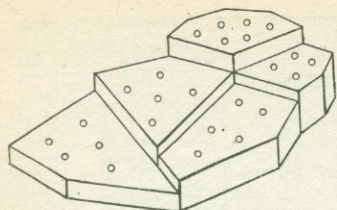


Рис. 35. Преобразование тела полезного ископаемого при подсчете запасов методом геологических блоков

пределение различных сортов и типов полезного ископаемого.

В основе всех методов подсчета запасов лежит один и тот же принцип — преобразование сложных по форме тел полезных ископаемых в простые фигуры, равновеликие по объемам, вычисление которых удобно производить при помощи известных формул элементарной геометрии.

Различные методы подсчета запасов позволяют преобразовывать тела полезных ископаемых в фигуры различной формы, которые по объему более или менее равновелики и приближаются к действительному объему залежи, но по форме не являются равнозначными. Это обстоятельство обуславливает различную точность и достоверность определения запасов отдельных частей месторождения или блоков при использовании различных методов.

Метод геологических блоков впервые был описан В. И. Смирновым в 1950 г. [46]. Подсчет запасов этим методом заключается в разделении тела полезного ископаемого на отдельные сомкнутые в общем контуре фигуры — блоки, высота которых равняется средней мощности каждого блока (рис. 35). При расчленении тела полезного ископаемого на блоки последние выделяются в зависимости от сорта полезного ископаемого, его мощности, содержания полезных компонентов и вредных примесей, объемной массы технологических свойств, степени разведанности, условий залегания, горнотехнических и гидрогеологических условий.

Разделять площадь тела полезного ископаемого на блоки по другим признакам (в частности, с целью получения большого числа мелких блоков) не рекомендуется. Точность подсчета запасов зависит при прочих равных условиях от исходных данных. Поэтому точность подсчета зависит от величины количества пересечений, на которое будет опираться подсчет.

Для определения запасов полезного ископаемого в каждом подсчетном блоке применяются простейшие геометрические формулы. Объем тела ( $v$ ) вычисляется по формуле

$$v = sm,$$

где  $s$  — площадь блока;  $m$  — средняя мощность полезного ископаемого в блоке.

Запасы полезного ископаемого ( $Q$ ) вычисляются по формуле

$$Q = vd,$$

где  $d$  — объемная масса полезного ископаемого в недрах.

Запасы полезных компонентов в блоке ( $P$ ) определяются по формуле

$$P = Qc,$$

где  $c$  — среднее содержание полезного компонента в блоке.

Общие запасы полезного ископаемого и заключенных в нем ценных компонентов определяются как сумма запасов в отдельных подсчетных блоках.

Метод разрезов применяют при подсчете запасов месторождений, разведанных выработками, расположенными по прямым линиям, на основании которых можно построить геологические разрезы.

Метод разрезов обуславливает необходимость закладки выработок по более или менее параллельным линиям и достаточно равномерного распределения как самих линий, так и выработок на линии.

Разрезы, пересекающие тело полезного ископаемого, можно строить в плоскостях, секущих тело либо в вертикальном направлении, когда разведка осуществлялась по вертикальным линиям, либо в горизонтальном, когда разведка производилась по горизонтам. В практике разведки нерудных полезных ископаемых выработки располагают чаще всего по вертикальным линиям. Иногда расположение выработок позволяет применить любой из этих двух вариантов. В этом случае предпочтение следует отдать тому варианту, который больше отвечает требованиям эксплуатации. Если, например, месторождение разрабатывается по горизонтам, то подсчет запасов лучше выполнить методом горизонтальных разрезов. Однако, ориентируясь лишь на способ разработки, нельзя применять метод подсчета, не соответствующий системе расположения разведочных выработок. Так, если месторождение разведано линиями вертикальных буровых скважин, нельзя производить подсчет запасов по горизонтальным сечениям даже в том случае, если разработка месторождения будет осуществляться горизонтальными слоями, поскольку данных для построения горизонтальных сечений будет недостаточно и построенные по этим данным разрезы будут малодостоверны.

При подсчете запасов методом разрезов на основании данных разведочных выработок строят геологические разрезы (по каждой разведочной линии или по каждому горизонту выработки), на которых изображают сечение тела полезного ископае-

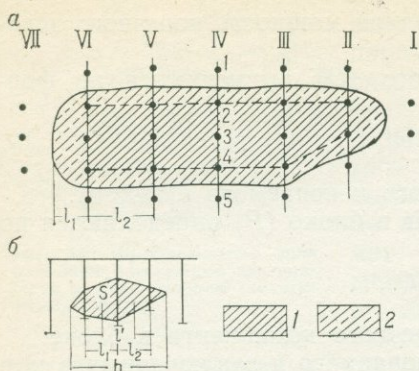


Рис. 36. Схема подсчета запасов методом разрезов:

*a* — план; *б* — разрез по линии IV. 1 — площадь тела полезного ископаемого; 2 — площадь приконтурной полосы

мого в вертикальной или горизонтальной плоскости. Геологические разрезы строят с учетом элементов залегания горных пород, вмещающих тело полезного ископаемого. Геологические разрезы расчленяют тело на отдельные участки или блоки.

Все блоки, кроме расположенных в краевых частях, ограничены двумя секущими плоскостями. Крайние блоки ограничены плоскостью сечения только с одной стороны, а с остальных сторон их ограничивает неправильная поверхность тела полезного ископаемого (рис. 36).

Запасы минерального сырья и компонентов определяют отдельно по каждому блоку. Общие запасы получают суммированием запасов отдельных блоков.

Объем блока вычисляют в зависимости от его формы по одной из следующих формул.

1. Если площади сечений тела полезного ископаемого, ограничивающие блок, более или менее равновелики, а сечения близки к параллельным, то объем блока определяют по формуле призмы:

$$v = \frac{s_1 + s_2}{2} l,$$

где  $v$  — объем блока;  $s_1$  и  $s_2$  — площади сечений блока;  $l$  — длина блока (расстояние между разрезами).

2. Если площади параллельных сечений, ограничивающих блок, имеют изометрическую форму и подобны, но по величине резко различны (более чем на 40%), то объем блока вычисляют по формуле усеченной пирамиды:

$$v = \frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 s_2}}{3} l.$$

3. Для крайних блоков, которые опираются только на одно сечение, объем может быть определен:

а) по формуле клина

$$v = \frac{s_1}{2} l_1,$$

где  $l_1$  — расстояние от плоскости сечения до точки выклинивания тела полезного ископаемого;

б) по формуле конуса

$$v = \frac{s_1}{3} l_1;$$

в) по формуле усеченной пирамиды (приведена выше).

Нередко при подсчете запасов методом разрезов не ограничиваются разбивкой тела на крупные блоки, ограниченные геологическими разрезами, а расчленяют их на более мелкие с целью выделения участков, сложенных сырьем различного сорта, и т. д.

Качество полезного ископаемого в блоке, заключенном между двумя параллельными сечениями или опирающемся на одно крайнее сечение, определяется по выработкам, на основании которых построен блок. Запасы полезного компонента подсчитываются путем умножения объема блока на среднее содержание этого компонента в блоке. Запасы месторождения в целом получают суммированием запасов отдельных блоков. Простота формул для определения объема блока, заключенного между параллельными сечениями, обусловила широкое применение метода разведки месторождения по параллельно расположенным линиям. Однако в практике иногда встречаются случаи, когда линии разведочных выработок располагаются непараллельно. Такие случаи возможны и даже неизбежны при резком изменении условий залегания тела полезного ископаемого. Для вычисления объема блока, расположенного между двумя непараллельными сечениями, обычно используют формулы, предложенные А. С. Золотаревым [18]:

$$v = \frac{s_1 + s_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2},$$

где  $v$  — объем блока,  $m^3$ ;  $s_1$  и  $s_2$  — площади сечений тел полезных ископаемых по разрезам,  $m^2$ ;  $H_1$  и  $H_2$  — длины перпендикуляров, опущенных из проекций центров тяжести площадей разрезов на противоположную разведочную линию,  $m$ ;

Если угол между сходящимися разрезами превышает  $10^\circ$ , то применяют другую формулу:

$$v = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{s_1 + s_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2},$$

где  $\alpha$  — угол между сходящимися сечениями, радиан.

Основную трудность при пользовании формулами А. С. Золотарева представляет определение центров тяжести сечений тела полезного ископаемого по разрезам.

А. П. Прокофьев (1953) предложил упрощенный способ определения объема блока, заключенного между непараллельными сечениями. Однако этот способ не во всех условиях дает правильные результаты.

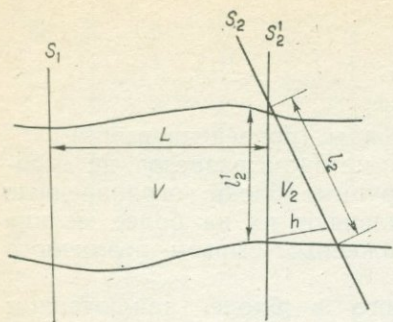


Рис. 37. Схема подсчета запасов методом разрезов при непараллельных сечениях тела полезного ископаемого (по Ю. А. Колмогорову)

Он пригоден только для установления объемов в телах полезного ископаемого, имеющих горизонтальное, вертикальное и близким к ним залегание. Использование способа А. П. Прокофьева для наклонных тел полезного ископаемого, как это показал Е. Д. Кравцов, приводит к ошибкам: завышению объемов блоков в случае падения тела полезного ископаемого в сторону схождения непараллельного разреза и занижению в случае их расхождения в указанном направлении.

Ю. А. Колмогоровым (Е. О. Погребницкий, В. И. Терновой, [40]) предложен способ определения объемов залежей между непараллельными сечениями, который может применяться во всех случаях. Сущность его заключается в том, что блок между двумя непараллельными сечениями разбивается на два подблока  $v_1$  и  $v_2$  (рис. 37). Объем первого подблока — призмы между параллельными сечениями — определяется по формуле

$$v_1 = \frac{s_1 + s_2'}{2} L,$$

в которой

$$s_2' = s_2 \frac{l_2'}{l_2},$$

где  $l_2$  и  $l_2'$  — проекции тела полезного ископаемого на поверхность по сечению  $s_2$  и по сечению  $s_2'$ , параллельному  $s_1$ .

Объем второго подблока — клина находится по формуле

$$v_2 = \frac{s_2 h}{2},$$

где  $h$  — перпендикуляр, опущенный из крайней точки разреза  $s_2'$  на линию сечения  $s_2$ .

Недостатком метода разрезов является возможность применения его только для месторождений, разведанных линиями, по которым можно составить надежные геологические разрезы. Вторым недостатком, почему-то не отмечаемым ни в одном руководстве по подсчету запасов, является обычно недостаточное количество данных для надежного суждения о строении полезной толщи и качестве полезного ископаемого в отдельных блоках, разведываемых по категории  $C_1$ , а иногда и В. Этот недостаток приводит к малой достоверности подсчета запасов в отдель-

ных блоках при достаточно высокой надежности подсчета в целом по месторождению или крупному его участку.

Серьезные ошибки в подсчете запасов методом параллельных разрезов могут быть допущены при механическом применении этого метода, т. е. ориентировке лишь на параллельность разрезов, без учета угла, образованного разрезами с направлением простирания тела полезного ископаемого. Правильное определение объема и количества запасов достигается лишь в том случае, если линии разрезов перпендикулярны к простиранию тела

полезного ископаемого. Если же это условие отсутствует, то возможна ошибка за счет увеличения площади сечения тел. Величина ошибки зависит от того, насколько угол наклона разреза отличается от прямого. В практике нередки случаи, когда при разведке, стремясь сохранить параллельность разрезов, последние на отдельных участках залежи располагают под острым углом к простиранию тела полезного ископаемого. В этом случае подсчет запасов методом параллельных разрезов дает правильные результаты лишь при точном замере расстояний между разрезами по линии, перпендикулярной к последним.

Для подсчета запасов тел, характеризующихся резкой изменчивостью формы, В. М. Борзунов [9] предложил метод среднего разреза, который для более правильного отражения его сущности следует называть *методом геологически однородного разреза*.

Для вычисления объема тела полезного ископаемого этим методом разрезы, построенные по разведочным линиям, объединяют в пределах части месторождения, характеризующейся однородным строением (рис. 38).

Площадь среднего разреза для этой части месторождения определяется как среднее арифметическое, а объем вычисляется по формуле.

$$v = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_n}{n} l,$$

где  $v$  — объем тела между крайними сечениями;  $s_1, s_2, \dots, s_n$  — площади отдельных сечений;  $n$  — количество сечений;  $l$  — расстояние между крайними сечениями.

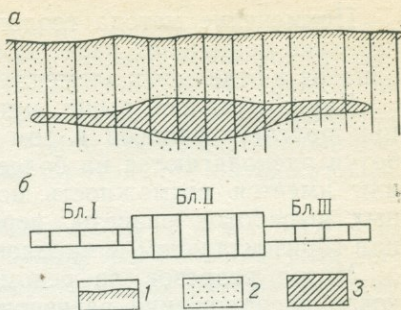


Рис. 38. Схема выделения подсчетных блоков по методу среднего разреза: а — вертикальный разрез залежи; б — блокировка запасов на вертикальной проекции.

1 — почвенно-растительный слой; 2 — вмещающие породы; 3 — полезное ископаемое

Применение метода геологически однородного разреза значительно сокращает расчеты и повышает достоверность оценки запасов в отдельных элементарных блоках.

Как отмечалось выше, метод разрезов широко применяется при подсчете запасов в том случае, если разведочные выработки располагаются на более или менее параллельных линиях или имеется возможность построить на основании разведочных выработок разрезы, пересекающие тело в вертикальном или горизонтальном направлениях.

Метод разрезов не рекомендуется применять в случаях, когда расположение разведочных выработок не позволяет построить разрезы, проходящие непосредственно через выработки, а для построения разрезов требуется искусственное проектирование выработок на плоскость разреза. Построенные таким образом разрезы искажают представление о действительной форме тела полезного ископаемого.

Форма тел полезных ископаемых, их размеры и в большинстве случаев распределение полезных компонентов существенного влияния на определение запасов этим методом (при правильном выборе его варианта) не оказывают. Поэтому метод применим для оценки запасов месторождений всех типов. Он незаменим при подсчете запасов месторождений сложных форм — штокверков, труб, гнезд, линзообразных и т. д.

В. И. Смирнов [46], высоко оценивая метод параллельных разрезов, отмечает, что «главным и чрезвычайно важным достоинством подсчета запасов по способу разрезов является то обстоятельство, что при этом способе подсчет осуществляется на нормальных геологических разрезах без построения на подсчетных планах искусственных геометрических контуров».

Геолого-статистический метод в практике подсчета запасов нерудных полезных ископаемых применяют редко, лишь для определения запасов на месторождениях, характеризующихся исключительно неравномерным распределением полезного компонента (пьезооптическое и камнесамоцветное сырье).

Подсчет запасов геолого-статистическим методом осуществляется при невозможности применить другие методы. Крайне неравномерный характер распределения полезного компонента не позволяет использовать для подсчета запасов материалы обычного опробования разведочных выработок. В этих условиях более или менее достоверные данные о содержании ценного компонента можно получить лишь при эксплуатации месторождения или путем отбора крупных валовых проб (в несколько десятков или сотен кубических метров).

Сущность геолого-статистического метода заключается в геологическом обосновании сходства площади, по которой подсчитываются запасы, с той площадью, на которой производились эксплуатационные работы или отбор крупных валовых проб,

а также в распространении полученных данных на оцениваемую площадь. Для обоснования геологической аналогии на оцениваемой площади месторождения должны быть проведены разведочные работы. По данным этих работ устанавливаются мощность и объем продуктивных пород, их вещественный состав, прямые и косвенные признаки проявления интересующей минерализации.

Принципы выделения подсчетных блоков. Принципы, которые положены в основу расчленения тела полезного ископаемого на подсчетные блоки, для разных методов подсчета запасов различны и для многих из них являются чисто формальными, не учитывающими геологические особенности месторождений и характер изменения качества полезного ископаемого.

Характерной особенностью методов среднего арифметического, многоугольников и разрезов является то, что количество выделяемых блоков и контуры их не зависят от субъективного подхода при подсчете запасов. При методе среднего арифметического всегда выделяется один блок, границы которого соответствуют контуру распространения полезного ископаемого, отвечающего минимальным требованиям кондиций. Любое другое построение этого блока практически невозможно. При подсчете запасов методом многоугольников тело полезного ископаемого разбивают на блоки, число которых равно количеству пройденных выработок. Границы блоков определяются линиями многоугольников, все точки которых располагаются к данной выработке ближе, чем к любой другой. Иное построение блоков и изменение их количества также исключено. При выделении блоков по методу разрезов, за исключением варианта геологически однородного (среднего) разреза, количество блоков обуславливается количеством сечений, а их контуры — плоскостями этих сечений. Другие варианты построения блоков при этом методе также исключены.

Методы треугольников, четырехугольников, изолиний, изогипс и другие характеризуются ограниченной возможностью субъективного выделения подсчетных блоков. При подсчете запасов методами треугольников, четырехугольников и другими можно использовать несколько вариантов построения блоков. Например, при методе треугольников и четырехугольников углы фигур могут опираться на разные выработки, что и обуславливает возможность применения разных вариантов построения блоков. Однако независимо от варианта блоки имеют одинаковую форму (треугольников или четырехугольников) и при равных расстояниях между выработками — одинаковые размеры. При методе изогипс или изолиний возможность использования разных вариантов построения блоков обуславливается возможностью выбора разной высоты изогипс или изолиний и начальной точки проведения первой изогипсы или изолинии. Однако

во всех блоках эта высота одинакова, что ограничивает возможность субъективного выделения подсчетных блоков.

При подсчете запасов методом геологических блоков или геологически однородного разреза каких-либо формальных ограничений при выделении блоков не существует. Блоки могут иметь различные размеры и форму, а количество их может изменяться широко. Система разведки не обуславливает характер выделения подсчетных блоков. Каждый из указанных методов подсчета запасов имеет свои преимущества и недостатки. Единственным преимуществом методов среднего арифметического и многоугольников является одновариантность выделения блоков, что создает видимость их объективности. В действительности же блоки выделяются не объективно, а формально и, что самое главное, случайно.

При построении блоков не учитываются выявленные в процессе разведки месторождения закономерности его строения, что приводит в одном случае к объединению в один блок различных в геологическом отношении частей месторождения, а в другом — к расчленению на отдельные части геологически однородного тела. Критике методов среднего арифметического и многоугольников в геологической литературе уделено много внимания. Поэтому нет необходимости еще раз останавливаться на недостатках выделения подсчетных блоков этими методами. Значительно полезнее рассмотреть с этой точки зрения метод разрезов во всех трех наиболее широко распространенных его вариантах (параллельных и непараллельных разрезов, линейных сечений).

При выделении подсчетных блоков по методу разрезов отдельные сечения, а следовательно, и выработки, на которых основываются эти сечения, принимают неодинаковое участие в определении запасов месторождения.

При неодинаковых расстояниях между сечениями каждое из них, не являющееся крайним, участвует в определении запасов дважды, в двух блоках, причем влияние его возрастает в зависимости от расстояния, отделяющего данное сечение от соседних.

Влияние крайних сечений, даже при одинаковых расстояниях между разрезами, в два раза меньше влияния сечений, не являющихся крайними.

Таким образом, объем тела полезного ископаемого по существу определяется способом взвешивания площадей разрезов на длины их влияния, что правильно только в тех случаях, когда существует определенная зависимость изменения формы рудного тела в определенном направлении. Однако такие случаи встречаются сравнительно редко. Чаще изменение формы и размеров рудного тела не коррелируется с тем или иным направлением, и определение объема способом разрезов в том виде, в котором он применяется в настоящее время, может при-

вести к довольно крупным ошибкам. Это хорошо видно из следующего примера.

Залежь 5 Восточно-Медведевского месторождения талька была разведана по категории А девятью линиями разведочных выработок, расстояние между которыми колебалось от 19,2 до 51,1 м. По данным разведки методом разрезов были подсчитаны запасы, ход определения которых приводится в табл. 11.

Т а б л и ц а 11

Определение объемов блоков подсчета запасов по 9 сечениям

Номер блоков	Номера сечений, образующих блок	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Расстояние между сечениями, м	Формула для подсчета объемов	Объем блока, м <sup>3</sup>			
13—А <sub>2</sub>	XI	50,65	30,2	$\frac{s_1 + s_2}{2} l$	1565,27			
	XII	53,02						
14—А <sub>2</sub>	XII	53,02	39,0	$\frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 s_2}}{3} l$	1626,30			
	XIII	31,33						
15—А <sub>2</sub>	XIII	31,33	32,5	$\frac{s_1 + s_2}{2} l$	1018,23			
	XIV	31,28						
16—А <sub>2</sub>	XIV	31,28	41,3	}	802,05			
	XV	9,60						
17—А <sub>2</sub>	XV	9,60	35,5		}	462,57		
	XVI	16,80						
18—А <sub>2</sub>	XVI	16,80	51,1			}	1535,61	
	XVII	45,79						
19—А <sub>2</sub>	XVII	45,79	36,0				}	1188,20
	XVIII	21,69						
20—А <sub>2</sub>	XVIII	21,69	19,2					}
	XIX	7,20						

Общие подсчитанные по категории А запасы этой залежи составили 8463 м<sup>3</sup>.

Теперь предположим, что залежь 5 на участке подсчета запасов по категории А была разведана не девятью линиями, а четырьмя (XI, XIV, XVII и XIX). Естественно, что степень разведанности этого участка уже не будет соответствовать категории А, и запасы могут быть квалифицированы по категории В. Тогда общие запасы залежи будут выражаться цифрами, приведенными в табл. 12. Подсчитанные по этим сечениям запасы талька составляют 10368,6 м<sup>3</sup>. Если бы для подсчета запасов были приняты не указанные сечения, а другие четыре (XI, XIII, XV и XIX), запасы залежи выразились бы цифрами, приведенными в табл. 13.

Подсчитанные по этим сечениям запасы составляют всего лишь 5433,1 м<sup>3</sup>.

Из приведенного примера видно, что подсчет запасов по двум вариантам существенно отличается от подсчета по данным всех разведочных сечений. В первом случае запасы составляют 122,5 % к запасам, определенным по категории А при

Таблица 12

Определение объемов блоков подсчета запасов по 5 сечениям (вариант I)

Номер блока	Номера сечений, образующих блок	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Расстояние между сечениями, м	Формула для подсчета объема	Объем блока, м <sup>3</sup>
13—15	XI	50,65	101,7	$\frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 s_2}}{3} l$	4128,0
	XIV	31,28			
16—18	XIV	31,28	127,9	$\frac{s_1 + s_2}{2} l$	4931,8
	XVII	45,79			
19—20	XVII	45,79	55,2	$\frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 s_2}}{3} l$	1308,8
	XIX	7,20			

участии всех девяти сечений, во втором — всего лишь 64,2 %. Таким образом, запасы, подсчитанные по первому варианту, в два раза превышают запасы, подсчитанные по второму варианту. Анализ причин столь резкого различия показывает, что главная причина заключается в изменении представления

Таблица 13

Определение объемов блоков подсчета запасов по 5 сечениям (вариант II)

Номер блока	Номера сечений, образующих блок	Площадь сечения, м <sup>2</sup>	Расстояние между сечениями, м	Формула для подсчета объема	Объем блока, м <sup>3</sup>
13—14	XI	50,65	69,2	$\frac{s_1 + s_2 + \sqrt{s_1 s_2}}{3} l$	2808,8
15—16	XIII	31,33	73,8		1433,2
	XV	9,60			
17—20	XV	9,60	141,8	$\frac{s_1 + s_2}{2} l$	1191,1
	XIX				

о форме залежи при использовании разных сечений, находящихся на значительных расстояниях между собой. Однако эта причина не единственная. Ошибки усугубились неприемлемостью метода выделения подсчетных блоков, при котором увеличение влияния сечений на тот или иной блок не соответствует геологическому строению месторождения.

Этот пример иллюстрирует и второй недостаток метода разрезов — выделение блоков не по принципу однородности геологического строения, а формально, по случайным разрезам, построенным по случайным в геологическом отношении линиям разведочных выработок.

В некоторых случаях для выделения различных сортов полезного ископаемого в пределах плоскости сечения выделяют отдельные участки, сложенные полезным ископаемым различного качества. Однако при таком расчленении увязка этих небольших участков между сечениями затруднительна и в ряде случаев довольно условна.

И, наконец, третий недостаток метода параллельных сечений — небольшое количество выработок, находящихся в плоскости сечения, что обуславливает малую достоверность характеристики строения и качества полезного ископаемого как в плоскости сечения, так и в целом по блоку, заключенному между двумя сечениями. Подобными недостатками характеризуются и методы треугольников, четырехугольников, изолиний и изогипс.

При выделении блоков не учитываются особенности строения отдельных частей месторождения, характер изменения состава и качества полезного ископаемого, горнотехнические и другие условия разработки месторождения. Блоки имеют небольшие размеры, опираются на ограниченное количество разведочных выработок и поэтому запасы, подсчитанные в пределах блока, малодостоверны.

Методы геологических блоков и геологически однородного разреза по принципам выделения подсчетных блоков резко отличаются от двух первых. При использовании методов геологических блоков и геологически однородного разреза не возникает каких-либо формальных ограничений ни при установлении количества блоков, ни при определении их размеров и границ. Вся залежь полезного ископаемого может быть разделена на любое число блоков любых размеров и формы. Это обстоятельство является, с одной стороны, большим преимуществом указанных методов, а с другой — некоторым их недостатком. Возможность выделения подсчетных блоков, характеризующихся однородным строением, заключающих полезное ископаемое одинакового состава и качества и находящегося в одинаковых горногеологических условиях, является существенным преимуществом указанных методов. Однако оно может быть реализовано лишь при геологически правильном расчленении площади месторождения на подсчетные блоки. Выделение в пределах залежи геологически необоснованных подсчетных блоков может привести к грубым ошибкам в определении промышленной ценности отдельных частей месторождения или залежи. К сожалению, геологи, занимающиеся промышленной оценкой месторождений полезных ископаемых, довольно часто допу-

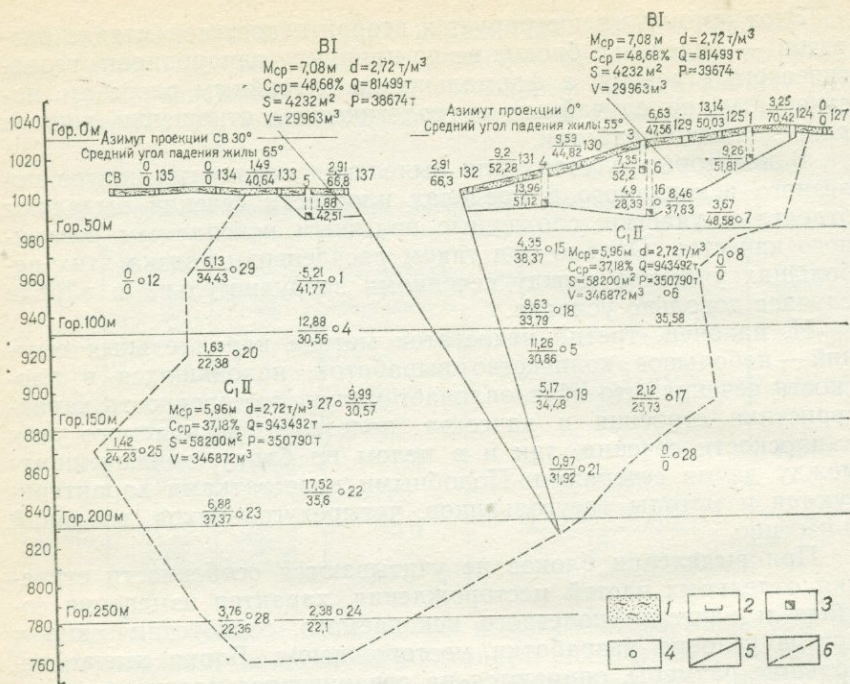


Рис. 39. Проекция на вертикальную плоскость жилы месторождения флюорита (по В. Н. Иванову):

1 — почвенно-растительный слой; 2 — каналы; 3 — шурфы с рассечками; 4 — скважины, пересекшие рудные тела; 5 — контур запасов категории В; 6 — контур запасов категории С. Дробь: числитель — истинная мощность рудного тела в м; знаменатель — содержание  $\text{CaF}_2$  в %

скают ошибки при выделении подсчетных блоков. Все ошибки можно подразделить на три группы: 1) недоучет условий залегания, формы и строения отдельных частей месторождения или залежи; 2) оконтуривание подсчетных блоков без учета различия в составе и качестве полезного ископаемого; 3) отсутствие учета при выделении блоков условий разработки месторождения.

1. Одной из наиболее распространенных ошибок при выделении подсчетных блоков является объединение в один блок частей месторождения, характеризующихся различными элементами залегания. На рис. 39 приведена проекция на вертикальную плоскость флюоритового тела Главной жилы месторождения. Отдельные части Главной жилы имеют различное простирание. При общем простирании основной части жилы, близком к меридиональному (рис. 40), на северном ее фланге (севернее канала 132) наблюдается резкое отклонение жилы от основного простирания: здесь на участке протяженностью около 60 м жила имеет северо-восточное простирание с азиму-

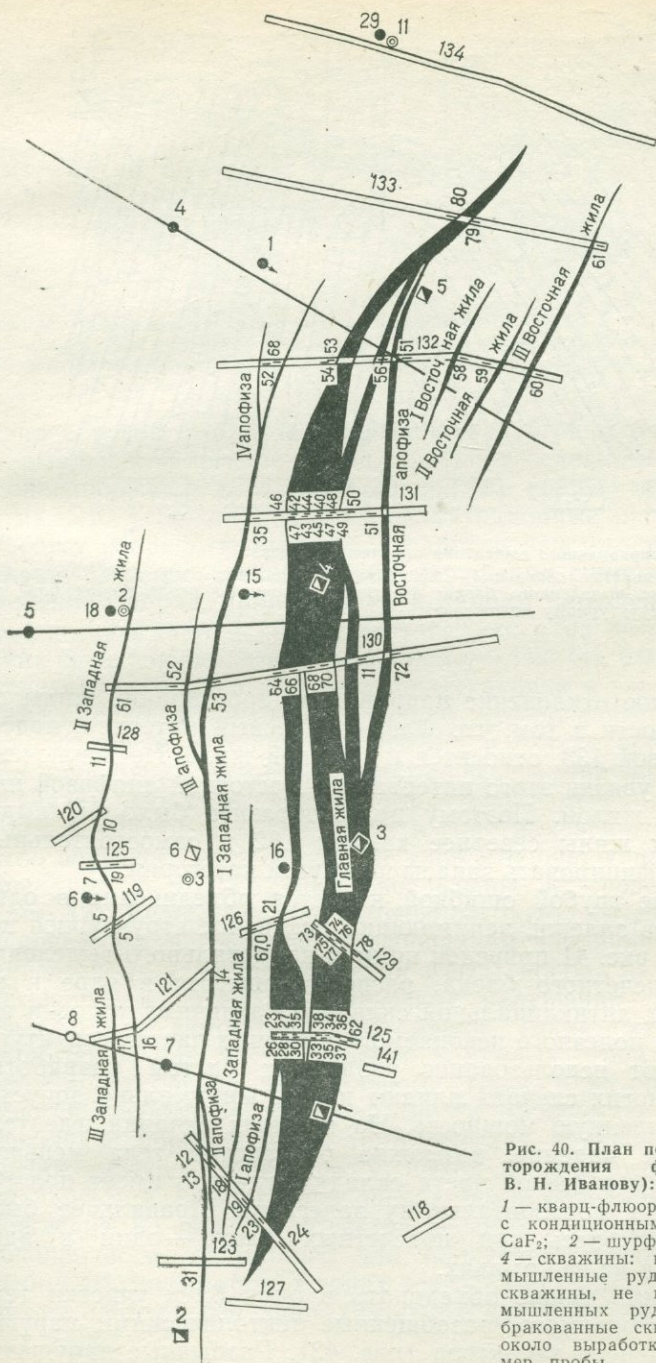


Рис. 40. План поверхности месторождения флюорита (по В. Н. Иванову):

1 — кварц-флюоритовые жилы с кондиционным содержанием  $\text{CaF}_2$ ; 2 — шурфы; 3 — канавы; 4 — скважины: вскрывшие промышленные рудные тела; 5 — скважины, не вскрывшие промышленных рудных тел; 6 — забравонные скважины. Цифра около выработки справа — номер пробы

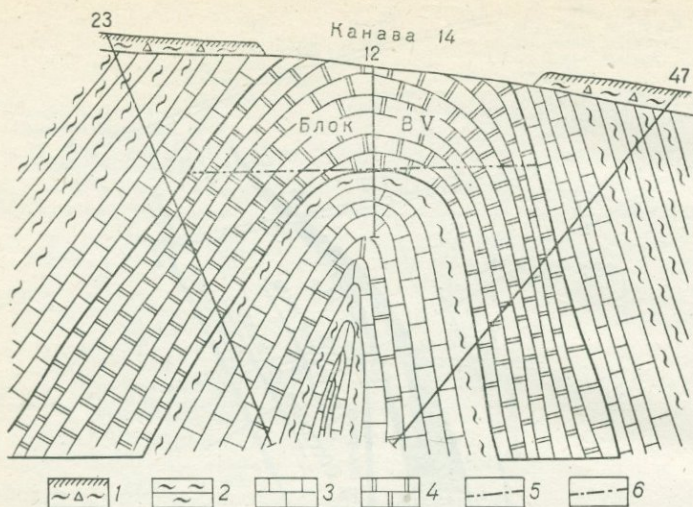


Рис. 41. Пример неправильного выделения подсчетного блока:

1 — наносы; 2 — глинистые сланцы; 3 — известняки; 4 — доломиты полезной толщи; 5 — контур неправильно выделенного блока; 6 — линия, правильно разделяющая блок на три части по их структурному положению

том  $42^\circ$ . Резкое отклонение направления простираения жилы не дает уверенности в том, что флюоритоносный интервал, подсеченный канавой 133, относится к Главной жиле. Не исключена возможность увязки этого интервала с Восточной апофизой или I Восточной жилкой. Поэтому целесообразнее было бы выделить участок жилы севернее канавы 132 в самостоятельный блок и квалифицировать запасы по другой категории.

Еще более грубой ошибкой является объединение в один блок участков залежи, занимающих различное структурное положение. На рис. 41 приведен пример неправильного выделения крупного подсчетного блока, располагающегося в ядре и на двух крыльях антиклинальной складки. Различные условия залегания тела полезного ископаемого в разных частях структуры обуславливают использование различных систем разработки тела и во многих случаях влияют на его минимально допустимую промышленную мощность. На крыльях складки, где тело имеет крутое падение, возможна разработка тела меньшей мощности, чем в осевой части складки, где оно имеет пологое или близкое к горизонтальному залегание. Правильнее было бы выделить здесь три подсчетных блока — один в ядре складки и два на ее крыльях.

Недопустимо также объединять в один блок участки тела полезного ископаемого, разобщенные тектоническими нарушениями разрывного характера (рис. 42). Разрывные нарушения

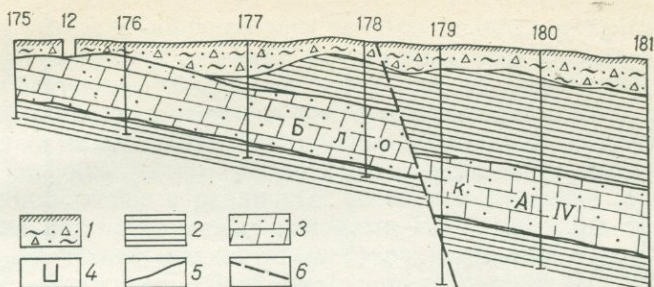


Рис. 42. Пример неправильного выделения подсчетного блока:

1 — наносы; 2 — аргиллиты и алевролиты; 3 — песчаники полезной толщи; 4 — шурфы; 5 — контур подсчетного блока; 6 — линия тектонических нарушений

типа сбросов, взбросов, сдвигов и надвигов обычно нарушают нормальное залегание пород, смещают отдельные части месторождения как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Это усложняет горно-эксплуатационные работы и иногда требует разработки проекта отработки каждого тектонического блока. Нередко тектонические нарушения сопровождаются изменением пород, прилегающих к линиям нарушений. Эти изменения сказываются как на составе, так и на физико-механических свойствах полезного ископаемого. Иногда изменения пород полезной толщи на участках, прилегающих к зонам тектонических нарушений, настолько сильны, что по качеству породы не соответствуют кондициям. Поэтому в случае установления на месторождении разрывных тектонических нарушений в задачу разведки входит выявление характера изменения и мощности зоны измененных пород. Если в зоне измененных пород качество полезного ископаемого не удовлетворяет кондициям, то такие участки должны быть исключены из подсчета запасов (рис. 43). Если же в зоне измененных пород качество полезного ископаемого соответствует требованиям кондиций, но резко отличается от качества основной массы пород, то участки, прилегающие к зонам тектонических нарушений, должны быть выделены в самостоятельные блоки. Такие случаи наиболее характерны для месторождений каменных строительных материалов и особенно минерального сырья, к которому предъявляются требования по габаритности. Вследствие интенсивного дробления пород в зонах тектонических нарушений прочность камня обычно снижается и выход габаритного камня резко уменьшается. Нередко при оценке камня основной части месторождения, не затронутой тектоническими нарушениями, как высокопрочного, пригодного для получения штучного камня и щебня высоких марок, в зонах тектонических нарушений камень может быть оценен лишь как сырье для получения щебня низких марок.

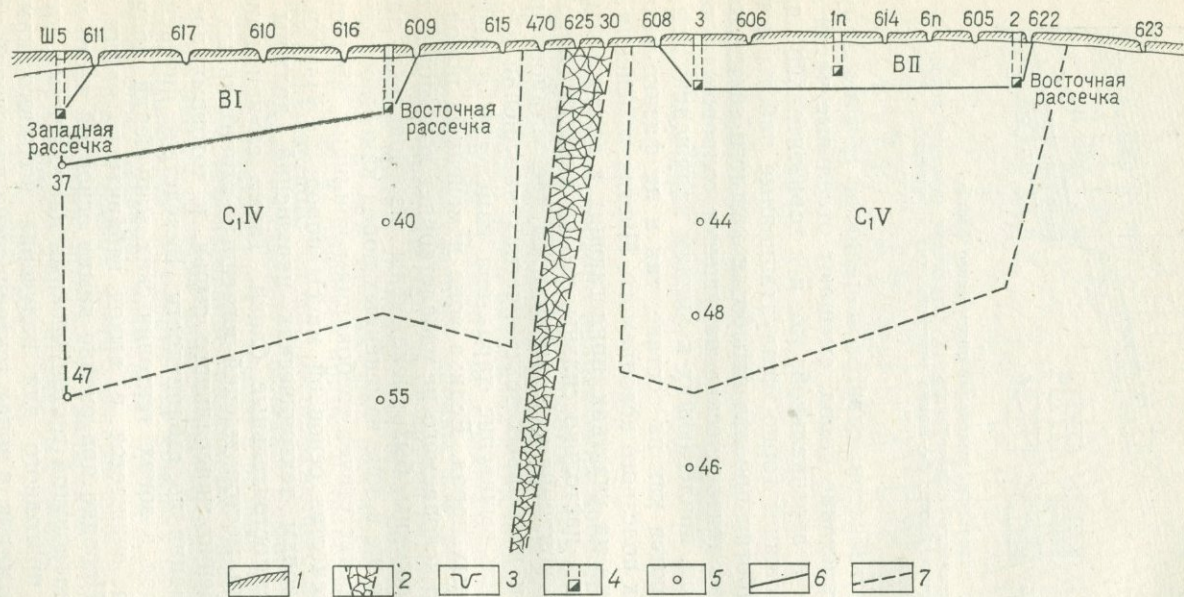


Рис. 43. Правильное выделение подсчетных блоков при наличии тектонического нарушения, сопровождающегося изменением пород (по В. Н. Иванову):

1 — наносы; 2 — зоны дробленных пород; 3 — канавы; 4 — шурфы; 5 — скважины; 6 — контур запасов категории В; 7 — контур запасов категории С<sub>1</sub>

2. Не меньшее значение, чем условия залегания, при выделении подсчетных блоков имеет правильный учет формы и строения тела полезного ископаемого. На рис. 43 видно, что авторы подсчета запасов флюоритового месторождения в пределах Главной жилы выделили блоки лишь по степени разведанности руд. Из рисунка видно также, что Главная жила имеет сложное и неодинаковое в различных ее частях строение и форму. В центральной части между канавами 125 и 130 жила представлена рядом ветвей, разделенных безрудными или некондиционными по содержанию плавикового шпата породами. Объединяя в один блок различные ветви, авторы для определения мощности флюоритового тела вынуждены были применить так называемый метод прессования, сущность которого сводится к суммированию мощностей отдельных ветвей. Произведя подсчет запасов одним блоком и применив метод прессования, авторы отчета исказили действительное представление о строении флюоритового тела. Определенная таким образом мощность рудного тела, например по канаве 130, составляет 9,41 м. В действительности же канава пересекает три рудных тела мощностью 4,05; 3,91 и 1,45 м. При определении мощностей методом прессования не исключена возможность включения в промышленный контур участков с некондиционной мощностью. В рассматриваемом примере неправильно включен в подсчет общей мощности интервал флюоритового тела, вскрытого канавой 126, где мощность рудного тела составляет 0,4 м при минимальной промышленной 0,8 м.

Объединение в один блок различных ветвей жилы привело и к неправильному определению категорий запасов по степени их разведанности. Если основная центральная часть жилы достаточно хорошо разведана и может быть квалифицирована по категории В, то боковые ветви по степени разведанности не могут быть отнесены к этой категории.

Западная ветвь, вскрытая канавами 125, 126, 130 и скважиной 16, характеризуется изменчивой мощностью. Не исключено, что эта ветвь не соединяется с центральной, а является самостоятельной жилой на севере, выклинивающейся в районе канавы 130 и на юге являющейся продолжением I апофизы. Указанное обстоятельство, а также наличие пережима в районе канавы 126 не позволило бы запасы этой части рудного тела квалифицировать по категории В.

Еще более неясно строение восточной ветви. Пересеченная одной лишь канавой 130 эта ветвь искусственно на севере и юге присоединяется к центральной ветви. Не исключено, что интервал, вскрытый канавой 130, характеризует самостоятельную жилу, параллельную Главной. Вследствие этого запасы описанной части рудного тела также не могут быть квалифицированы выше, чем по категории С<sub>1</sub>. Таким образом, при подсчете запасов Главной жилы следовало выделять подсчетные блоки для

каждой из ветвей и запасы их квалифицировать в соответствии со степенью разведанности каждой ветви.

На рис. 44 - показан пример неправильного объединения в один блок разных по форме участков тела полезного ископаемого. Слюдоносная жила 289 рудного поля в юго-западной части от траншеи 17 до траншеи 22 имеет сравнительно небольшую мощность. На участке от траншеи 22 до траншеи 27 мощность жилы резко увеличивается и затем восточнее траншеи 28 снова уменьшается. Естественно, что правильное направление эксплуатационных работ может быть выбрано лишь при раздельной характеристике каждой из указанных частей жилы. Поэтому подсчет запасов слюды по жиле следовало производить тремя блоками, проведя границы их по траншеям 22 и 28.

3. Если при выделении подсчетных блоков не учитывается различие в составе и качестве полезного ископаемого в отдельных частях месторождения, то во многих случаях это приводит к неправильной промышленной оценке как отдельных частей, так и месторождения в целом. Как известно, оконтуривание и определение промышленного назначения запасов производится по кондициям, утвержденным в установленном порядке. В кондициях наряду с другими показателями устанавливается бортовое содержание для оконтуривания балансовых запасов и минимальное промышленное содержание ценного компонента для подсчетного блока. Оконтуривая по бортовому содержанию и произвольно устанавливая число и границы блоков, можно существенно влиять на оценку балансовых запасов и качество руды, заключенной в их контуре.

Рассмотрим указанное положение на примере подсчета запасов северо-восточной части Главной жилы месторождения плавикового шпата. Авторы отчета, представившие подсчет запасов на рассмотрение ГКЗ СССР, в пределах северо-восточной части жилы выделили два блока (рис. 45). В верхней части — небольшой блок категории В, опирающийся на канавы и шурф, и крупный блок категории С<sub>1</sub>, опирающийся на буровые скважины. При такой разбивке оба блока оконтуриваются выработками с содержанием плавикового шпата выше установленного бортового лимита (20 %) и имеют среднее содержание выше установленного минимального промышленного по блоку (30 %). Все запасы северо-восточной части жилы, таким образом, относятся к балансовым. При разделении запасов категории С<sub>1</sub> на два блока (см. рис. 45) по горизонту 100 м и сохранении прежнего внешнего контура промышленной части залежи среднее содержание СаF<sub>2</sub> в нижнем блоке (ниже горизонта 100 м) снизится до 27,48 %, т. е. не будет удовлетворять установленному минимальному промышленному по блоку. В этом случае запасы нижнего блока должны быть отнесены к забалансовым.

При выделении подсчетных блоков в границах, соответствующих горизонтам отработки, через 100 м по падению жилы из

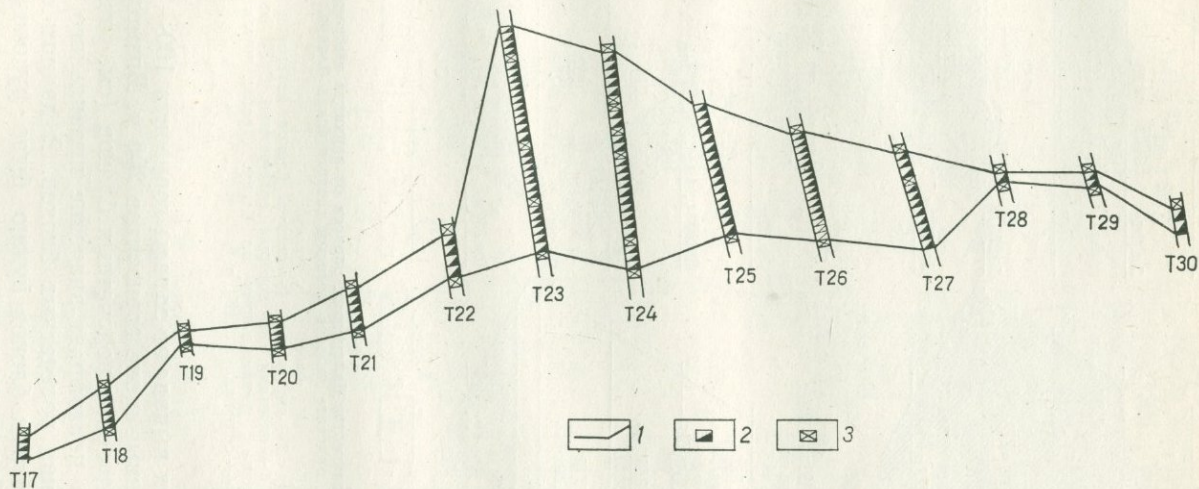


Рис. 44. Пример неправильного объединения в один блок разных по форме участков жилы:  
 1 — контур подсчета запасов; 2 — пробы с кондиционным содержанием слюды; 3 — пробы с некондиционным содержанием слюды

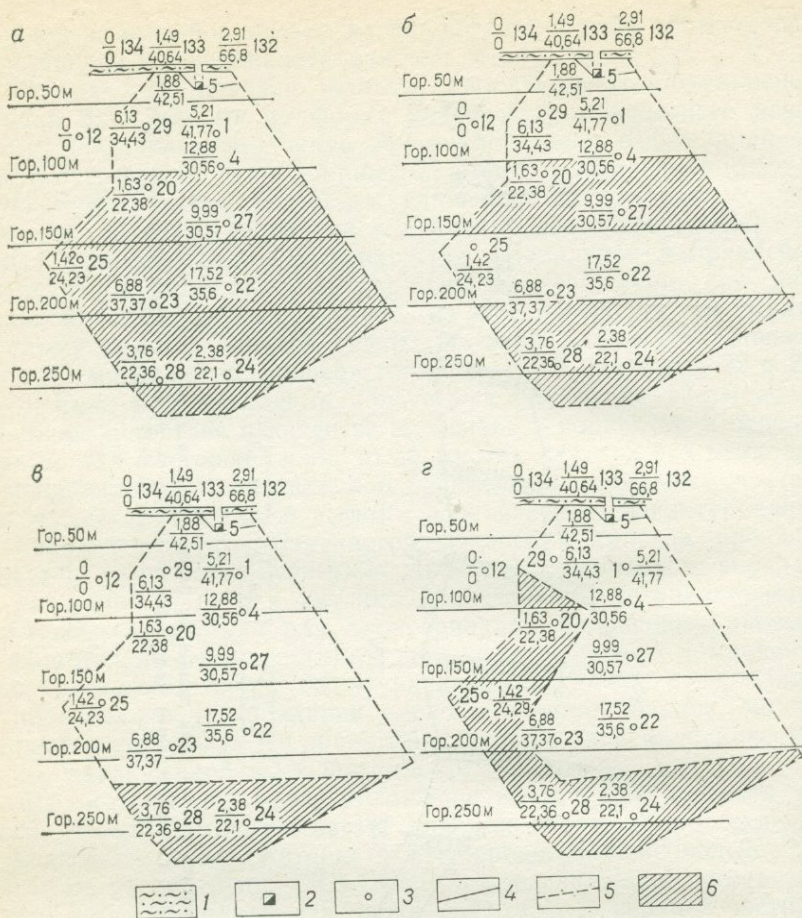


Рис. 45. Зависимость количества балансовых запасов от варианта выделения подсчетных блоков (а, б, в, г) при подсчете запасов методом геологических блоков.

Главная жила:

1 — наносы; 2 — шурфы; 3 — скважины; 4 — контур блоков категории В; 5 — контур блоков категории С; 6 — площади, на которых содержание  $\text{CaF}_2$  не удовлетворяет установленному кондициям минимальному по блоку. Дробь: числитель — мощность жилы в м; знаменатель — содержание  $\text{CaF}_2$  в %

числа балансовых выпадают запасы горизонта 100—150 м и запасы, расположенные ниже горизонтов 200 м. Возможны и другие варианты выделения подсчетных блоков (см. рис. 45). Приведенный пример показывает значение правильного установления числа и границ подсчетных блоков. В данном случае при выделении подсчетных блоков нужно было руководствоваться следующими соображениями.

1. Содержание плавикового шпата в руде уменьшается с увеличением глубины залегания жилы. Так, если на горизонте

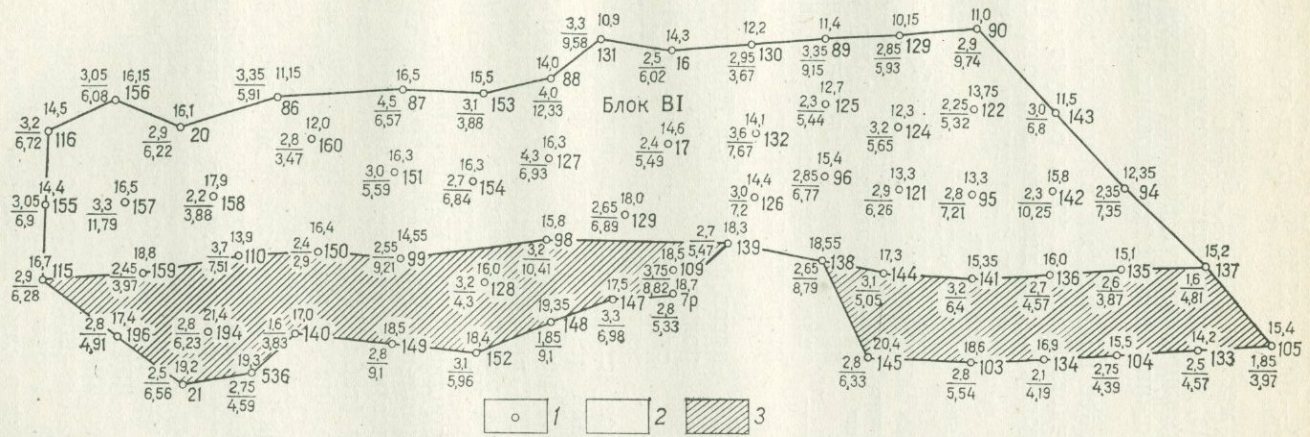


Рис. 46. План подсчета запасов фосфоритов Кингисеппского месторождения по категории В (по В. М. Каменскому и О. Г. Попову):  
 1 — скважина, справа ее номер, слева дробь: числитель — мощность фосфоритового пласта в м; знаменатель — содержание  $P_2O_5$  в %;  
 цифра сверху — мощность пород вскрыши; 2 — балансовые запасы; 3 — забалансовые запасы

0—50 м среднее содержание  $\text{CaF}_2$  в руде составляет 49,82 %, а на горизонте 50—100 м 35,58 %, то на горизонте 200—250 м лишь 22,23 %.

2. Разработка месторождения будет проводиться погоризонтно сверху вниз, что исключает возможность усреднения содержания путем смешивания руд верхних и нижних горизонтов. При таком положении разработка нижних горизонтов будет убыточна.

Поэтому наиболее правильным вариантом подсчета запасов северо-восточной части Главной жилы следует считать разделение запасов категории  $C_1$  на два блока с отнесением верхнего блока к балансовым, а нижнего к забалансовым.

Т а б л и ц а 14

Зависимость содержания  $\text{P}_2\text{O}_5$  от коэффициента вскрыши

Коэффициент вскрыши	Содержание $\text{P}_2\text{O}_5$ , %
2	4,7
3	5,2
5	5,8
8	6,7
11	8,0

Проектируя разработку месторождения открытым способом, при выделении подсчетных блоков необходимо учитывать различия в содержании ценных компонентов в отдельных частях рудного тела и соотношения мощностей пород вскрыши и полезной толщи.

На рис. 46 показан план подсчета запасов фосфоритов Кингисеппского месторождения по категории В. Запасы подсчитаны одним блоком. Из анализа материалов видно, что в южном направлении

значительно возрастает мощность пород вскрыши при практическом сохранении мощности пласта фосфоритов и среднего содержания фосфорного ангидрида в руде. Отработка южной части блока (на рисунке заштрихована) вследствие большого объема вскрышных работ приведет к значительному увеличению затрат на добычу фосфоритовой руды. Это было учтено при составлении кондиций для Кингисеппского месторождения. Кондициями минимальное содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  в руде устанавливалось в зависимости от среднего линейного коэффициента вскрыши по блоку (табл. 14).

Для оконтуривания балансовых запасов установлено бортовое содержание  $\text{P}_2\text{O}_5$  по выработке 3 %, минимальная мощность пласта фосфоритов 1 м, максимальная мощность пород вскрыши 20 м. Однако при подсчете запасов по категории В одним блоком не учитываются дополнительные затраты на увеличение объема вскрышных работ. Как показали расчеты, стоимость 1 т фосфоритной муки, получаемой из руд нижней части блока, составит 17 р. 98 к. при предельной стоимости, установленной технико-экономическими расчетами 12 р. 84 к., что свидетельствует о нецелесообразности отработки запасов южной части блока категории В. В этом случае правильно было бы выделить южную часть блока в самостоятельные блоки и запасы расценивать как забалансовые.

4. Для правильной организации эксплуатационных работ существенное значение имеет выделение подсчетных блоков, представленных полезным ископаемым одного сорта, типа или марки. Если выделение таких блоков вследствие сложного характера распределения полезного ископаемого различных сортов невозможно, то следует стремиться выделить блоки по преимущественному распространению полезного ископаемого того или иного сорта.

5. Горнотехнические и гидрогеологические условия месторождения, система его разработки также должны учитываться при выделении подсчетных блоков. При разработке месторождения открытым способом необходимо выделять блоки, характеризующиеся различной мощностью пород вскрыши. При наличии в составе пород вскрыши, наряду с рыхлыми отложениями, скальных пород, выемка которых требует применения буровзрывных работ, запасы, находящиеся на участках развития скальных пород, следует выделять также в самостоятельные подсчетные блоки.

Гидрогеологические условия в значительной мере могут влиять на экономику добычных работ. При наличии на месторождении запасов, расположенных выше и ниже уровня подземных вод, и при условии значительных притоков воды, требующих применения специальных мер водоотлива, запасы сухих и обводненных пород следует также подсчитывать отдельно, производя блокировку их самостоятельно.

6. В практике подсчета запасов нерудных полезных ископаемых имеют место случаи, когда запасы, особенно низких категорий ( $C_1$  и  $C_2$ ) подсчитываются одним блоком, окаямляющим со всех сторон блоки запасов более высоких категорий (рис. 47).

При подсчете запасов фосфоритов Белкинского месторождения в центральной части был выделен блок категории В. Вокруг этого блока оконтурен блок категории  $C_1$ , опирающийся на приконтурные выработки, и, кроме того, выделен еще ряд мелких блоков ( $C_1$  II, III и IV) этой же категории, также опирающихся на приконтурные выработки. Запасы фосфоритов, находящиеся за внешним контуром выработок, подсчитаны одним блоком  $C_1$  V. При таком выделении блока резко искажается характеристика залежи фосфоритов в отдельных его частях. При подсчете запасов одним блоком на участок залежи, расположенный севернее скважины 216, распространяется средняя мощность, установленная для всего блока, которая примерно в четыре раза меньше фактической мощности фосфоритового пласта на этом участке. Естественно, что для правильного определения количества запасов рассматриваемого месторождения запасы следовало считать несколькими блоками: блок  $C_1$ , I необходимо было разделить на два блока по линии, проходящей через шурфы 28 и 29, а блок  $C_1$  V — на несколько блоков, как это показано на рис. 47 пунктирными линиями.

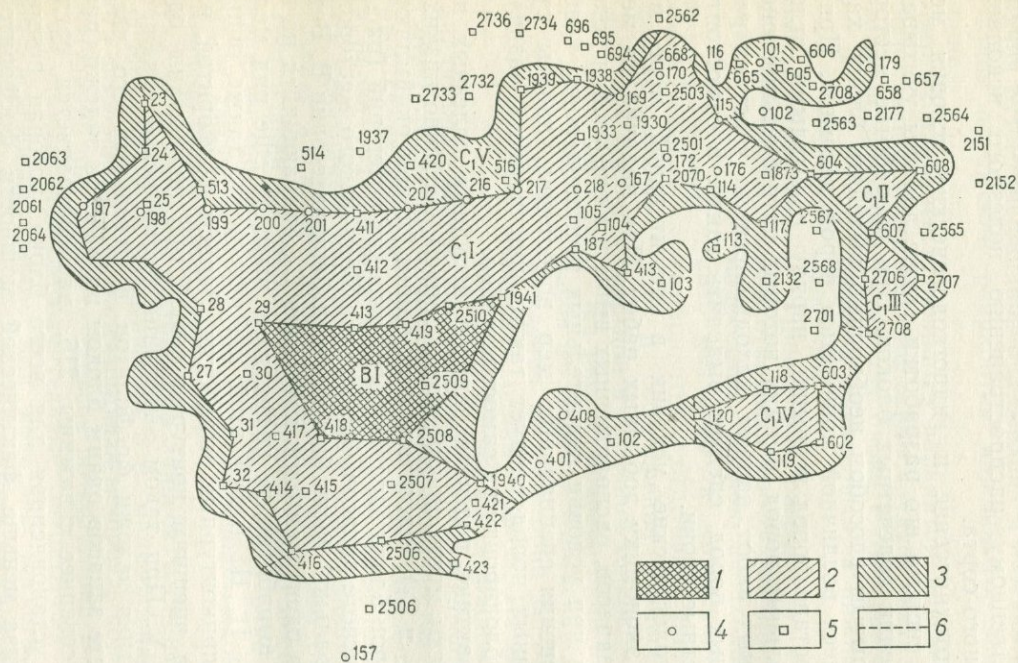


Рис. 47. Пример неправильного выделения подсчетных блоков. Белкинское месторождение фосфоритов:  
 1 — контур запасов категории В; 2 — контур запасов категории  $C_1$  (внутриконтурные); 3 — контур запасов категории  $C_1$  (приконтурные); 4 — скважины; 5 — шурфы; 6 — правильные границы блоков

Приведенные примеры указывают на чрезвычайно большое значение правильного расчленения тела полезного ископаемого на подсчетные блоки.

На основании вышеизложенного представляется возможным дать следующую формулировку термина «подсчетный блок».

*Подсчетный блок — это участок месторождения однородный по строению, составу и качеству полезного ископаемого, находящийся в одинаковых горнотехнических условиях разработки и изученный с одинаковой степенью детальности во всех частях.*

Основные принципы выделения подсчетных блоков следующие: 1) подсчетный блок выделяется в пределах участка месторождения или залежи, разведанной с одинаковой степенью детальности; 2) участки месторождения, требующие применения различных систем разработки, выделяются в самостоятельные подсчетные блоки; 3) в пределах подсчетного блока элементы залегания пород должны быть близкими; 4) строение и мощность полезной толщи в пределах подсчетного блока не должны быть резко отличными; при сложном строении и значительной изменчивости мощности полезной толщи в подсчетные блоки должны объединяться участки одинаковой степени сложности строения и одинаковой изменчивости мощности полезной толщи; 5) состав и качество полезного ископаемого, определяющие области его применения и технологию переработки, в пределах подсчетного блока должны быть одинаковыми. При невозможности выделения подсчетных блоков, представленных сырьем одного сорта или марки, подсчетные блоки оконтуриваются по преимущественному распространению сырья того или иного сорта или марки.

Как показывает характеристика принципов выделения подсчетных блоков, полное их соблюдение возможно лишь при производстве подсчета запасов методом геологических блоков и геологически однородного разреза.

Оптимальный размер подсчетных блоков. Сопоставление данных разведки и эксплуатации многих месторождений различных полезных ископаемых свидетельствует о низкой достоверности подсчета запасов в пределах небольших эксплуатационных блоков, опирающихся на небольшое количество выработок, а также о высокой точности подсчета запасов всего месторождения или крупного участка его.

Для месторождений нерудных полезных ископаемых пластового характера с относительно выдержанной мощностью и качеством — расхождения в определении запасов в целом по залежи или группе блоков и отдельным блокам значительно меньше и обычно не превышают соответственно  $\pm 10\%$  и  $\pm 20\%$ .

По мере роста сложности строения месторождения, увеличения колебания мощности тела полезного ископаемого и качества эти расхождения увеличиваются и для месторождений

с наиболее неравномерным распределением полезных ископаемых (слюда, пьезооптическое сырье) достигают величины, значительно превышающей приведенную. Так, на месторождениях слюды отклонения суммы подсчитанных запасов от полученных при разработке по отдельным блокам достигают  $\pm 500-1000\%$  и более, в то время как расхождения в запасах по сумме ряда жил (10—15) обычно не превышают 20—40%. Все это указывает на то, что с увеличением размера блоков достоверность подсчета запасов повышается.

Известно и другое положение: точность определения суммарных запасов месторождения или его части зависит не от расстояния между разведочными пересечениями, а от их количества. Статистическое определение средних значений параметров требует наблюдений, количество которых зависит от степени изменчивости определяемых показателей. Естественно, что по небольшому количеству пересечений (три—четыре) средние значения будут малодостоверны. Несмотря на это, в практике часто подсчеты запасов категории А многих месторождений нерудных полезных ископаемых основываются именно на таком количестве пересечений. Вследствие этого, сохраняя нужные расстояния между выработками или даже существенно сокращая их, но не имея достаточного количества наблюдений, можно допустить ошибку при вычислении средних значений мощности и качества полезного ископаемого.

Приведенные соображения показывают, что достоверность подсчета запасов при прочих равных условиях непосредственно связана с количеством пересечений, на которых он базируется. Это обстоятельство приводит к мысли о необходимости для повышения достоверности подсчета запасов производить его если не по одному блоку, то по небольшому количеству крупных блоков.

С точки зрения надежности средних параметров сделанный вывод является правильным. Однако подсчет запасов нерудных полезных ископаемых должен не только правильно определить общее их количество и среднее качество в целом по месторождению или залежи, но и дать правильную и надежную характеристику отдельного участка месторождения или залежи.

Разработка месторождения производится в течение всего амортизационного срока работы предприятия (обычно 25—40 лет). Для составления годовых и квартальных планов добычи руды и производства товарной продукции требуется знание объема руды и ее качества на каждом участке месторождения, обрабатываемом в тот или иной период времени.

Особенности строения отдельных частей месторождения обуславливают необходимость разработки специальных систем и способов добычи руды и технологии ее обогащения и переработки.

В связи с этим при подсчете запасов следует учитывать особенности строения и горнотехнические условия разработки каждой части месторождения.

Чтобы правильно составить проект разработки месторождения и применить рациональную технологию добычи и переработки руды, мало знать общие запасы и среднее качество полезного ископаемого, необходимо установить также характер изменения его качества и строения полезной толщи на всей площади месторождения.

Это и вызывает необходимость выделять при промышленной оценке месторождения, подготавливаемого для промышленного освоения, геологически и горнотехнически обоснованные подсчетные блоки. Таким образом, размер блока определяется прежде всего особенностями строения месторождения и горнотехническими условиями его разработки. Однако достоверная геологическая характеристика части месторождения, объединяемой в подсчетный блок, может быть получена лишь при достаточно количестве пересечений рудного тела, находящихся в контуре блока. Малое их количество может привести к ошибочному разделению геологически однородных частей месторождения на отдельные блоки или, наоборот,—к объединению в один блок геологически разнородных частей месторождения. В связи с этим возникает вопрос о том, какое же количество пересечений тела полезного ископаемого достаточно и необходимо для надежной характеристики оцениваемого участка или блока. Этому вопросу в геологической литературе уделено много внимания, но, несмотря на это, его нельзя считать решенным. Обычно чтобы определить число выработок, необходимое для установления среднего значения параметров, характеризующих месторождение или его часть (блок), пытаются применить формулы математической статистики, при помощи которых определяют степень изменчивости параметров, а по коэффициенту вариации — число необходимых пересечений.

Возможность определения по формулам математической статистики необходимого количества пересечений до настоящего времени полностью не доказана. Установленные по этим формулам количества пересечений должны восприниматься критически и в ряде случаев требуют существенных коррективов.

В. И. Смирнов (1962), считая целесообразным установить минимальное количество пересечений тел полезного ископаемого, необходимое для подсчета запасов каждой категории, предлагает ориентировочно следующие числа пересечений в зависимости от устойчивости характеристики тел полезных ископаемых (табл. 15).

Анализ приведенной таблицы прежде всего показывает нецелесообразность установления разного количества пересечений для запасов категорий А, В и С<sub>1</sub>. Согласно действующей классификации запасов твердых полезных ископаемых состав-

ление проектов и выделение капитальных вложений на строительство новых и реконструкцию действующих горнодобывающих предприятий допускается при наличии запасов всех категорий в определенном соотношении для установленных групп месторождений. Это обстоятельство требует высокой степени надежности оценки запасов всех категорий, принятых для обоснования производительности предприятия и срока его работы, что в свою очередь обуславливает необходимость одинакового количества пересечений для запасов различных категорий. Однако подсчет запасов, характеризующий всю площадь распространения запасов той или иной категории, без выделения

Т а б л и ц а 15

**Группировка месторождений по принципу равномерности распределения компонентов в руде**

Группа месторождений	Категория запасов		
	А	В	С <sub>1</sub>
I. Непрерывные по кондициям и равномерные по распределению компонентов	20	10	—
II. Прерывистые по кондициям, но равномерные по распределению компонентов	40	30	20
III. Непрерывные по кондициям, но неравномерные по распределению компонентов	30	20	10
IV. Прерывистые по кондициям и неравномерные по распределению компонентов	50	40	30

геологически однородных подсчетных блоков, как было показано выше, не позволяет составить рациональный проект разработки месторождения и планировать добычу. Это обстоятельство заставляет при подсчете запасов выделять подсчетные блоки и давать оценку запасов каждого блока в отдельности. Чтобы повысить достоверность оценки запасов каждого подсчетного блока, целесообразно устанавливать минимальное число пересечений для подсчетного блока. Поскольку подсчетный блок, выделенный в геологически обоснованных границах, будет характеризоваться меньшей изменчивостью показателей, чем все месторождения или вся площадь запасов данной категории, необходимое количество пересечений, естественно, будет меньшим.

На основании опыта разведки и разработки месторождений нерудных полезных ископаемых можно рекомендовать следующее количество пересечений для подсчетного блока в зависимости от сложности строения месторождения.

- |   |    |
|---|----|
| 1. Простого строения с выдержанной мощностью тел полезных ископаемых и их качеством     | 9  |
| 2. Сложного строения с невыдержанной мощностью тел полезных ископаемых или их качеством | 16 |

Приведенные минимальные количества пересечений для подсчетного блока ни в коей мере нельзя рассматривать в качестве рекомендации сгущать разведочную сеть для получения в блоке указанного числа пересечений. Эти цифры свидетельствуют лишь о нецелесообразности выделения по существующей сети выработок мелких подсчетных блоков.

Из всего вышеизложенного следует, что оптимальный размер подсчетных блоков определяется двумя факторами: строением месторождения и плотностью разведочной сети, причем решающее значение имеет строение месторождения. Если по геологическим особенностям выделяется блок, опирающийся на большее количество пересечений, чем указано выше, то искусственное разделение его на два блока или более, естественно, нерационально. Если же по геологическим особенностям намечается блок, опирающийся на меньшее, чем указано, число пересечений, то выделять этот блок также нецелесообразно. Следует в подсчетный блок выделить большую площадь, опирающуюся на требуемое количество пересечений, которое определяется с учетом изменившейся характеристики блока. Например, если по данным трех расположенных рядом пересечений намечался блок простого строения, имеющий небольшую площадь, а по данным 17 пересечений, расположенных на большей площади, может быть выделен блок сложного строения, то следует признать более правильным второй вариант выделения подсчетного блока, и число пересечений для него устанавливать, как для блока сложного строения, т. е. 16.

#### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ**

Площадь распространения полезного ископаемого устанавливается при оконтуривании залежи. В зависимости от применяемого метода подсчета запасов она разбивается на подсчетные блоки, имеющие различные размеры и конфигурацию.

Измерение площадей отдельных блоков производится различными способами: планиметрированием, замером площади палеткой, разбивкой на правильные геометрические фигуры и т. д. Общая площадь распространения полезного ископаемого определяется как сумма площадей подсчетных блоков. Чтобы упростить вычислительные операции в процессе определения объема тела полезного ископаемого, при наклонном залегании тела полезного ископаемого определяется не истинная площадь распространения полезного ископаемого, а площадь его горизонтальной или вертикальной проекции, причем горизонтальная

проекция принимается для тел, имеющих угол падения менее  $45^\circ$ , а вертикальная — для тел, имеющих угол падения более  $45^\circ$ .

При подсчете запасов методом разрезов определяется не площадь подсчетного блока, а площадь сечений, ограничивающих блок и находящихся внутри него.

Мощность тела полезного ископаемого устанавливается по данным разведочных и эксплуатационных выработок и естественных обнажений. В пределах одного сечения определение мощности может производиться непосредственным замером при документации выработок или естественных обнажений, если тело полезного ископаемого имеет четкие границы, или по данным опробования, если тело не имеет четких границ.

В ряде случаев мощность тела полезного ископаемого определяется косвенными методами — расчетом, интерполяцией или экстраполяцией. Этими методами обычно устанавливается предполагаемая мощность тела полезного ископаемого в опорных точках контура подсчета запасов, при отсутствии или недостаточности контурных выработок. Достоверность определения мощности тела полезного ископаемого интерполяцией или экстраполяцией обычно довольно низкая, что обуславливает низкую категорию запасов в блоках, опирающихся на эти точки. Более достоверные результаты дает расчет мощности по данным вскрышных выработок, особенно если тело полезного ископаемого имеет четкие геологические границы.

Непосредственно для подсчета запасов в зависимости от выбранной плоскости проекции тела полезного ископаемого мощности определяются: истинные, если тело проектируется на плоскость падения залежи, вертикальные при подсчете запасов на горизонтальной проекции и горизонтальные при подсчете запасов на вертикальной проекции. При установлении мощности следует учитывать возможность отклонения выработок, особенно буровых скважин, от требуемого направления и в случае необходимости вносить соответствующие поправки.

При определении мощности тела полезного ископаемого по данным бурения вскрытая мощность устанавливается по интервалу проходки по полезной толще, без учета величины выхода керна. Для определения требуемой мощности (истинной, горизонтальной или вертикальной) вводятся поправки на отклонения скважин от заданного направления, зенитные и азимутальные искривления.

Для проектирования разработки месторождения требуется знание истинной мощности тела полезного ископаемого, поэтому во всех случаях в отчете должны приводиться такие данные. Величина минимальной промышленной мощности также устанавливается по истинной мощности.

Если в процессе геологоразведочных работ измерена мощность залежи в одном направлении, а для подсчета запасов

требуется другой вид мощности, необходим ее пересчет. Для перевода мощности из одного вида в другой применяют следующие формулы:

$$m_{\text{н}} = m_{\text{г}} \cdot \sin \alpha; \quad m_{\text{н}} = m_{\text{в}} \cdot \cos \alpha,$$

где  $m_{\text{н}}$  — истинная мощность тела полезного ископаемого;  $m_{\text{г}}$  — горизонтальная мощность;  $m_{\text{в}}$  — вертикальная мощность;  $\alpha$  — угол наклона пласта к горизонту.

При разведке наклонными буровыми скважинами крутопадающих тел скважина часто проходит не по какому-либо из трех названных направлений, а пересекает пласт по некоторому другому направлению. Для перевода вскрытой мощности в одну из требуемых пользуются следующими формулами:

$$m_{\text{н}} = m \sin (\alpha + \beta); \quad m_{\text{г}} = \frac{m \sin (\alpha + \beta)}{\sin \alpha}; \quad m_{\text{в}} = \frac{m \sin (\alpha + \beta)}{\cos \alpha},$$

где  $m$  — вскрытая мощность тела полезного ископаемого;  $\beta$  — угол наклона выработки к горизонту.

И. Н. Ушаков (1962) для перехода от измерений по любому направлению мощности тела к истинной предложил обобщенную формулу:

$$m_{\text{н}} = m \cos \gamma,$$

где  $\gamma$  — угол между осью секущей выработки и нормалью к напластованию.

Определение средних значений мощности тела полезного ископаемого в пределах отдельных подсчетных блоков в настоящее время производится двумя методами — среднего арифметического и среднего взвешенного.

Вычисление средней мощности способом среднего арифметического производится по формуле

$$m = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n},$$

где  $m$  — средняя мощность тела полезного ископаемого по подсчетному блоку;  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощность в отдельных сечениях, находящихся в контуре блока;  $n$  — количество сечений, участвующих в вычислении средней мощности.

Метод среднего арифметического для определения среднего значения мощности может быть применен во всех случаях, за исключением тех, когда изменение мощности тела полезного ископаемого является закономерным (например, постепенное выклинивание залежи по простиранию или падению), а выработки распределены неравномерно. Использование при этом метода среднего арифметического может привести к ошибочным результатам. Однако и при закономерном изменении мощности тела полезного ископаемого в случаях очень больших колебаний в расстояниях между пунктами замеров мощностей (что

обычно бывает при комбинированной разведке буровыми скважинами и горными выработками) применение метода среднего арифметического для вычисления средней мощности требует осторожного подхода. Возможно также, что горная выработка случайно пройдена в местах раздува или пережима тела полезного ископаемого и, поскольку густота замеров мощности в горных выработках большая, удельный вес этих замеров будет непропорционально большим, а средняя мощность — искажена. В этом случае средняя мощность будет находиться в зависимости от количества замеров мощности в местах пережима или раздува. Поэтому при наличии в пределах тела полезного ископаемого участков, характеризующихся значительным отклонением мощности от ее значения в остальных выработках, и невозможности выделения этих участков вследствие малых размеров в самостоятельный блок, вычисление среднего значения мощности по блоку можно производить методом среднего арифметического с учетом всех замеров мощностей только при отсутствии сгущения сети замеров мощности в указанных участках. При наличии сгущения сети замеров мощности в участках раздувов или пережимов отрезок, на котором произведено сгущение замеров, приравнивается к тому или иному количеству единичных замеров в зависимости от длины участков, характеризующихся отклонением мощности, и принятой нормальной сети замеров на остальной части блока. Число устанавливаемых таким образом пересечений определяется как отношение длины раздува или пережима к среднему расстоянию между замерами мощности в блоке, без учета участка раздува или пережима

$$n = \frac{L_1}{L},$$

где  $n$  — определяемое число единичных замеров мощности;  $L_1$  — длина участка раздува или пережима;  $L$  — среднее расстояние между замерами мощности в блоке.

Определение средней мощности тела полезного ископаемого методом среднего взвешенного производится по формуле

$$m = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2 + \dots + m_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где  $m$  — средняя мощность тела полезного ископаемого в подсчетном блоке;  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощность в отдельных пересечениях, находящихся в контуре блока;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — расстояние, на которое распространяется влияние значения данного замера мощности.

Применение метода среднего взвешенного для определения средней мощности возможно и целесообразно только в тех случаях, когда изменение мощности происходит закономерно,

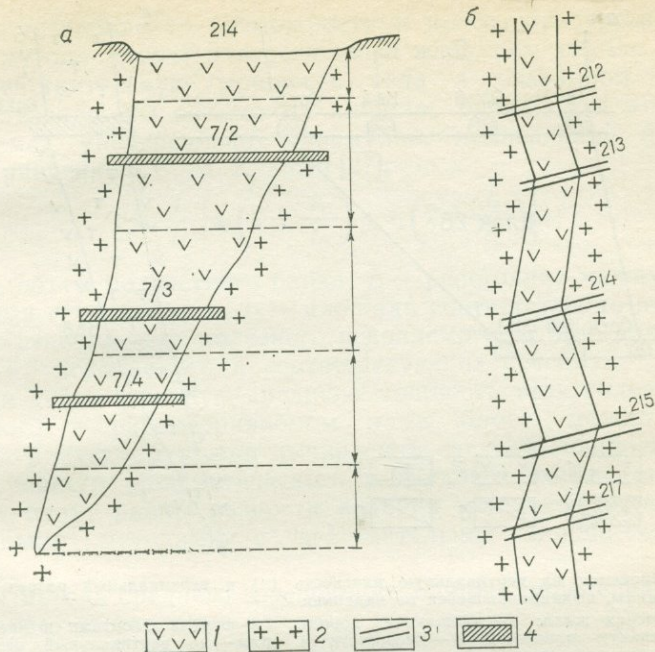


Рис. 48. Поперечный разрез и план поверхности кварц-флюоритовой жилы, выклинивающейся по падению:

*a* — разрез; *б* — план. 1 — кварц-флюоритовая жила, 2 — вмещающие породы; 3 — канавы; 4 — квершлаг

а пункты замеров мощности распределены весьма неравномерно.

Необходимо подчеркнуть важность правильного определения при вычислении средней мощности методом среднего взвешенного направления изменения мощности. На рис. 48 показан разрез и план поверхности кварц-флюоритовой жилы, выклинивающейся по падению, причем изменение мощности по простиранию характеризуется лишь случайными колебаниями. В этом случае при определении средней мощности в блоке методом среднего взвешенного правильно взвешивать мощности каждого горизонта на длину влияния этого горизонта.

Ошибочным является взвешивание в данном случае мощности, установленной на горизонте на длину простирания жилы на соответствующем горизонте, так как закономерного изменения мощности в этом направлении нет. Несмотря на очевидность этого положения, в практике подсчета запасов ошибки такого рода встречаются весьма часто.

При определении средней мощности тела полезного ископаемого по блоку наибольшую трудность в выборе метода представляет случай, показанный на рис. 49. Слюдоносная жила

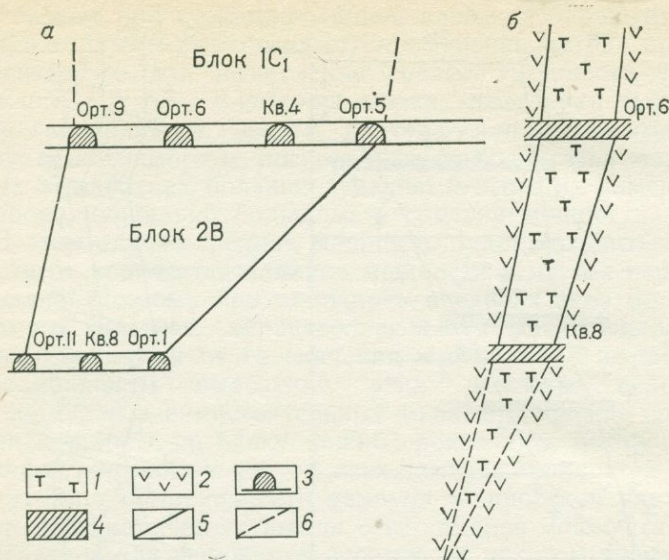


Рис. 49. Проекция на вертикальную плоскость (а) и вертикальный разрез (б) слюдоносной жилы, выклинивающейся по падению:

1 — слюдоносная жила; 2 — вмещающие породы; 3 — штреки с ортами и квершлагами — на вертикальную плоскость; 4 — квершлагаи и орты — на вертикальный разрез; 5 — контур запасов категории В; 6 — контур запасов категории C<sub>1</sub>

разведана на двух горизонтах горизонтальными подземными выработками (штреками или штольнями), причем длина выработок на каждом горизонте резко отлична и устанавливается закономерность изменения мощности по падению. Ввиду того что блок околтурен всего лишь двумя горизонтами выработок, влияние их по падению одинаково. В этом случае взвешивание на длину влияния выработок по падению производить нецелесообразно, так как это тождественно вычислению средней мощности методом среднего арифметического. Между тем различная длина выработок на горизонтах предопределяет большее влияние на среднюю мощность по блоку мощности верхнего горизонта, имеющего большую протяженность, чем горизонт, околтуривающий блок снизу. Понимание этого обстоятельства приводит к тому, что в практике подсчета запасов среднюю мощность тела полезного ископаемого по блоку в этих случаях определяют как средневзвешенную на длину горизонтов, околтуривающих блок, по формуле

$$m_{\text{ср}} = \frac{m_1 l_1 + m_2 l_2}{l_1 + l_2},$$

где  $m_{\text{ср}}$  — средняя мощность по блоку;  $m_1, m_2$  — средняя мощность на каждом горизонте;  $l_1, l_2$  — длина стороны блока на соответствующем горизонте.

Для установления возможности и целесообразности применения метода среднего взвешенного в данном случае определим действительную мощность тела в указанном контуре путем деления его объема на площадь блока. Для этого воспользуемся универсальной формулой, приведенной в статье А. Я. Кравченко и С. М. Купфер [27],

$$v = \frac{L}{6} \left[ s_2 \left( 2 + \frac{l_1}{l_2} \right) + s_1 \left( 2 + \frac{l_2}{l_1} \right) \right],$$

где  $v$  — объем подсчетного блока;  $L$  — расстояние между параллельными сечениями;  $s_1, s_2$  — площади соответственно первого и второго сечений тела полезного ископаемого;  $l_1, l_2$  — длина тела полезного ископаемого в соответствующих сечениях.

Зная действительную среднюю мощность тела полезного ископаемого в рассматриваемом нами блоке, можно найти ошибку, допускаемую при вычислении средней мощности методами среднего арифметического и среднего взвешенного. Эти ошибки будут равны разности величин мощности, получаемых указанными методами с действительной мощностью тела в блоке.

Для метода среднего взвешенного ошибка определения мощности будет составлять

$$\Delta_{m_{вз}} = -\frac{1}{3} \frac{(l_1 - l_2)}{(l_1 + l_2)} (m_1 - m_2).$$

Для метода среднего арифметического ошибка определения мощности будет

$$\Delta_{m_a} = +\frac{1}{6} \frac{(l_1 - l_2)}{(l_1 + l_2)} (m_1 - m_2).$$

Сопоставление полученных результатов показывает, что ошибки при вычислении мощности методами среднего арифметического и среднего взвешенного имеют различные знаки. Это означает, что при определении мощности методом среднего взвешенного она завышается, а методом среднего арифметического занижается. Величина ошибки при определении мощности методом среднего арифметического в два раза меньше, чем при определении методом среднего взвешенного. Из этого следует, что определение мощности в блоках, ограниченных двумя параллельными плоскостями, при неравной длине этих плоскостей даже при закономерном характере изменения мощности следует производить методом среднего арифметического.

Определение среднего содержания компонентов. Способ определения средних содержаний полезных компонентов и вредных примесей обуславливается геологическим строением месторождения и способом его разведки. К геологическим факторам относится характер изменения содержания компонента в теле полезного ископаемого. Из факторов, относящихся к методике разведки, на выбор способа вычисления

среднего содержания оказывает влияние равномерность или неравномерность сети опробования. Определение среднего содержания искомого компонента может производиться так же, как и вычисления среднего значения мощности, двумя методами — среднего арифметического и среднего взвешенного на величину, с которой содержание находится в корреляционной связи. Наиболее часто устанавливается зависимость между содержанием полезного компонента и мощностью тела полезного ископаемого, реже между содержанием компонента и объемной массой руды, иногда изменение содержания происходит в направлении его простираения или падения либо определяется элементами залегания тела полезного ископаемого и т. д. Выбирая способы вычисления среднего содержания, необходимо учитывать все возможные корреляционные связи.

*Средние содержания полезных и вредных компонентов в пределах одного сечения* всегда, за исключением случая, когда опробование производилось равными интервалами, должны определяться методом взвешивания на длину интервала опробования. Средневзвешенное содержание компонента по сечению определяется по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n},$$

где  $C_{\text{ср}}$  — среднее содержание компонентов в сечении;  $c_1, c_2, \dots, c_n$  — содержание компонентов в отдельных пробах, участвующих в вычислении среднего;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина соответствующего интервала пробы.

Применение метода среднего арифметического для определения среднего содержания по сечению возможно только при одинаковой длине всех проб или, если длина проб неодинакова, в случае чрезвычайной выдержанности содержания компонента по мощности тела полезного ископаемого.

В отдельных случаях, когда устанавливается зависимость между содержанием ценного компонента (например, на месторождениях целестина и барита) и объемной массой, вычисление среднего содержания по сечению необходимо производить путем взвешивания не только на длину пробы, но и на объемную массу. Вычисление в этих случаях среднего содержания полезного компонента в руде без взвешивания на объемную массу нередко приводит к неточным результатам, а иногда и к грубым ошибкам, так как при этом допускается несоответствие, заключающееся в том, что содержание полезного компонента в частных (секционных) пробах, выраженное в процентах массы, распространяется на объемы руд, а не на их массу. При вычислении же среднего содержания полезного компонента в рудах с учетом этой зависимости устраняется указанное несоответствие и производится взвешивание содержания в частных (секционных) пробах, выраженное в процентах массы, на

массу того объема руд, который характеризуется этими частными пробами.

Таким образом при наличии в пределах сечения резко различающихся по объемной массе руд вычисление среднего содержания полезного компонента следует производить, взвешивая содержания в секционных пробах на длину секций и объемную массу руд каждого сорта или типа. Нередко для этого требуется определение объемной массы на большом числе образцов, характеризующихся различным содержанием интересующего компонента. По данным этих определений строится график зависимости объемной массы от содержания полезного компонента, который позволяет устанавливать объемную массу руды для любого содержания в ней полезного компонента.

Вычисление среднего содержания полезного компонента при наличии корреляционной связи между содержанием и объемной массой для сечения производится по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 l_1 d_1 + c_2 l_2 d_2 + \dots + c_n l_n d_n}{l_1 d_1 + l_2 d_2 + \dots + l_n d_n},$$

где  $C_{\text{ср}}$  — среднее содержание компонента в сечении;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — содержание компонента в частных пробах, участвующих в определении среднего;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина соответствующего интервала пробы;  $d_1, d_2, \dots, d_n$  — объемная масса руд для соответствующих интервалов.

При вычислении среднего содержания в сечении не обязательно производить пересчет на истинные мощности этих интервалов. В расчет можно принимать любую вскрытую мощность при условии, что все интервалы проб одинаково ориентированы по отношению к истинной мощности тела полезного ископаемого.

При определении среднего содержания по керну буровых скважин выход керна не учитывается, так как действительное содержание полезного компонента в руде не зависит от выхода керна. Несмотря на это очевидное положение, в практике подсчета запасов иногда встречаются случаи взвешивания содержания частных проб не на длину интервала, который они характеризуют, а на длину керна, который подвергся опробованию. При низком выходе керна никакими искусственными приемами нельзя повысить достоверность определения среднего содержания. Единственным путем достижения этого является повышение качества буровых работ. При использовании данных бурения для определения среднего содержания необходимо подтверждение буровых данных данными проходки сопряженных с ними горных выработок и установление наличия или отсутствия избирательного истирания. При избирательном истирании керна допускается введение поправочного коэффициента, который следует достаточно обосновать. Поправочный коэффициент нельзя вводить на каждую пробу или сечение, так как

степень и характер истирания в разных точках тела полезного ископаемого могут быть различны. Этот коэффициент вводится на содержание компонента, определенного в целом для месторождения или залежи. Введение поправочного коэффициента обычно влечет за собой снижение категории запасов.

*Учет при определении среднего содержания компонента по выработке неопробованных интервалов и пустых пород.* Важнейшим методическим требованием, предъявляемым к опробованию, является сплошность отбора проб по выработкам, идущим по мощности тела полезного ископаемого. Применение пунктирного опробования или наличие пропусков в опробовании следует рассматривать как его дефект. Однако при подсчете запасов геологу нередко приходится иметь дело с материалами старых разведок, при которых допускались по тем или иным причинам пропуски в опробовании. В этом случае возникает вопрос, какое содержание следует принять для неопробованного участка при определении среднего содержания по всему сечению.

Если тело полезного ископаемого не имеет четких границ, то крайние неопробованные интервалы должны быть исключены из подсчета и соответственно уменьшена мощность полезного ископаемого. При четких литологических границах тела полезного ископаемого и равномерном распределении компонентов вычисление среднего содержания может производиться по имеющимся пробам и распространяться на всю мощность полезного ископаемого, включая и неопробованные интервалы. При большом количестве неопробованных интервалов (более 30 % к общей мощности тела) все пересечение должно быть признано ошибочным и при расчете среднего содержания по блоку не приниматься. При неравномерном распределении компонентов могут иметь место следующие случаи.

1. Из документации выработки видно, что неопробованный интервал представлен рудоносной породой и имеющиеся пробы свидетельствуют об отсутствии какой-либо закономерности в изменении содержания. В этом случае среднее содержание по сечению определяется по имеющимся пробам и распространяется на всю мощность тела полезного ископаемого, включая и неопробованный интервал.

2. Из документации выработки видно, что неопробованный интервал представлен рудоносной породой и имеющиеся пробы свидетельствуют о закономерном изменении содержания компонента по мощности. В этом случае содержание для неопробованного интервала принимается обычно по четырем пробам (по две прилегающие с каждой стороны неопробованного интервала).

В обоих этих случаях величина неопробованного интервала не должна превышать 20 % мощности тела полезного ископаемого в сечении.

3. Документация выработок свидетельствует о том, что непробированный интервал представлен пустой породой. В этом случае, если длина интервала не превышает установленный кондициями предел мощности пустых пород, включаемых в контур запасов, он принимается для расчетов с нулевым содержанием; при большей мощности непробированный интервал пустых пород исключается из подсчета запасов.

4. При отсутствии документации выработок, позволяющих установить состав непробированного интервала, вся выработка бракуется и в вычислении среднего содержания по блоку не участвует.

При разведке месторождений маломощные прослои пустых пород, не подлежащие селективной выемке, должны подвергаться опробованию. Максимальная мощность прослоев таких пород обычно определяется кондициями.

При вычислении среднего содержания компонентов по сечению маломощные прослои пустых пород учитываются по фактическому содержанию в них компонентов. Если по каким-либо причинам в процессе разведки маломощные прослои пустых пород не опробовались, они принимаются при определении среднего содержания с нулевым содержанием. Правильность отнесения непробированных интервалов к пустым породам должна быть подтверждена документацией выработок.

Способ определения среднего содержания по подсчетному блоку обуславливается характером распределения компонентов в теле полезного ископаемого и расположением разведочных выработок. Для определения среднего содержания по блоку используются методы среднего взвешенного и среднего арифметического. Вопрос о выборе способа определения среднего содержания компонентов в блоке довольно сложный.

Работами Н. В. Володомонова [11], В. И. Смирнова [46] и других доказано, что применение метода среднего взвешенного для определения среднего содержания компонентов целесообразно лишь при наличии прямой или обратной корреляции между содержанием данного компонента и каким-либо другим параметром (мощностью, направлением по падению или простиранию и т. д.) при неравномерной сети разведочных выработок.

Однако, как показывает опыт, слепое следование указанному принципу не всегда верно. Теоретические исследования, проведенные разными авторами (В. М. Борзунов, Е. О. Погребницкий и В. И. Терновой и др.), показывают, что принцип Н. В. Володомонова справедлив не во всех случаях, а лишь в условиях строго определенной изменчивости содержания и мощности.

В. М. Борзунов [9] показал, что метод среднего взвешенного применим не только при отсутствии корреляции между мощ-

ностью и содержанием, но и при наличии корреляции, характер которой при построении графика зависимости выражается не прямой линией, а гиперболической кривой.

Вычисление среднего содержания компонента в блоке методом среднего арифметического производится по формуле

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 + c_2 + \dots + c_n}{n},$$

где  $C_{\text{ср}}$  — среднее содержание компонента в блоке;  $c_1, c_2, \dots, c_n$  — содержание компонента в отдельных пересечениях пласта;  $n$  — число пересечений, участвующих в выводе среднего.

Для определения среднего содержания в блоке методом среднего взвешенного применяются следующие формулы:

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 m_1 + c_2 m_2 + \dots + c_n m_n}{m_1 + m_2 + \dots + m_n}; \quad C_{\text{ср}} = \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n}.$$

или

$$C_{\text{ср}} = \frac{c_1 s_1 + c_2 s_2 + \dots + c_n s_n}{s_1 + s_2 + \dots + s_n},$$

где  $m_1, m_2, \dots, m_n$  — мощность тела полезного ископаемого в отдельных опробованных сечениях;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина влияния соответствующего сечения по падению или простиранию;  $s_1, s_2, \dots, s_n$  — площадь влияния соответствующего сечения, остальные обозначения те же.

При определении среднего содержания по блоку нельзя производить взвешивания содержания на объемную массу, так как влияние различия объемной массы уже учтено при вычислении средних содержаний по пересечениям.

Для определения среднего содержания в целом по месторождению или залежи в случае различия объемных масс полезного ископаемого в отдельных блоках следует производить взвешивание среднего содержания в подсчетных блоках на среднюю объемную массу полезного ископаемого в блоке.

Иногда при определении средних содержаний по блоку допускаются методически неправильные приемы. Наиболее распространенными из них являются взвешивание содержания на число участвующих в подчете проб и взвешивание содержания на длины отдельных сторон блока.

Значительно сложнее решается вопрос о подсчете запасов путем взвешивания содержания на длины отдельных сторон блока. Этот прием широко используется при подсчете запасов в блоках, ограниченных с двух сторон выработками разной длины, в случае различного содержания компонента в выработках. При одинаковой мощности тела полезного ископаемого и закономерном изменении содержания в направлении от одной выработки к другой для определения действительного среднего

содержания в блоке может быть использована формула Л. И. Панкуля и А. С. Золотарева [37]

$$C_{\text{ср}} = \frac{2}{3} \frac{c_1 l_1 + c_2 l_2}{l_1 + l_2} + \frac{1}{3} \frac{c_1 l_2 + c_2 l_1}{l_1 + l_2},$$

где  $c_1$  и  $c_2$  — среднее содержание компонента в выработках;  $l_1$  и  $l_2$  — длина соответствующих выработок, отражающая действительное содержание компонента в блоке.

Как видно из этой формулы, содержание, определенное по ней, ближе к среднему арифметическому, чем к средневзвешенному. Вычисление среднего содержания компонента по формуле Л. И. Панкуля и А. С. Золотарева довольно громоздко и в практике не используется. Между тем, как показали исследования Е. О. Погребницкого и В. И. Тернового [39, 40], указанную формулу целесообразно использовать при подсчете запасов в крупных блоках при небольшом количестве проб, а также при подсчете запасов между двумя сечениями. Е. О. Погребницкий и В. И. Терновой вычисление среднего содержания по формуле Л. И. Панкуля и А. С. Золотарева называют способом интегрального среднего. Для определения интегрального среднего по нескольким сечениям они приводят формулу

$$C_{\text{ср}} = \frac{2(c_1 m_1 + c_n m_n) + 4 \sum_{i=2}^{n-1} m_i c_i + \sum_{i=1}^n c_i \Sigma m c}{3(m_1 + m_2) + 6 \sum_{i=2}^{n-1} m_i},$$

где  $c_i$  — содержание компонента по частным пробам;  $n$  — количество проб;  $\Sigma m_i$  — сумма мощностей в соседних измерениях.

Для правильного выбора способа вычисления среднего содержания компонента в блоке необходимо выяснить характер изменения содержания компонента и мощности тела полезного ископаемого и в зависимости от этого применять ту или другую формулу.

Для расчета среднего содержания компонентов по подсчетному блоку должны приниматься только выработки, вскрывшие тело полезного ископаемого на полную мощность. Вскрышные выработки, а также выработки, вскрывающие лишь часть мощности тела полезного ископаемого, участвовать в вычислении среднего содержания не должны, так как они могут исказить его вследствие увеличения количества проб, характеризующих наиболее богатую или наиболее бедную части залежи.

При вычислении среднего содержания по блоку на разрабатываемых месторождениях нередко участвуют эксплуатационные выработки. Данные эксплуатации вследствие больших объемов полезного ископаемого, подвергавшегося опробованию или отработке, дают хороший материал для установления качества полезного ископаемого оцениваемого месторождения. Вме-

сте с тем при использовании материалов эксплуатации необходимо учитывать и некоторые недостатки эксплуатационных работ. Добыча полезного ископаемого непременно сопровождается разубоживанием руд. Нередко отработке подвергаются наиболее богатые участки месторождения, что приводит при рассмотрении этих участков в качестве крупных проб по существу к выборочному опробованию. Особенно осторожно следует подходить при учете содержания в выработанных пространствах на месторождениях, отличающихся крупногнездовым характером распределения полезного компонента. На месторождениях слюды, например, нередко богатые гнезда отрабатываются небольшими карьерами. При разработке подземным способом также выбираются преимущественно богатые руды с высокономерной слюдой. Это обстоятельство обычно не позволяет принимать при расчете среднего содержания по блоку эксплуатационные выработки полностью. Инструкцией ГКЗ предусматривается на месторождениях слюды использовать для вычисления среднего содержания данные о содержании не в целом по выработанному пространству, а по последней очистной ленте, что также не совсем правильно. Нередко за последней очистной лентой, вскрывшей бедное ослюдование, располагаются запасы богатых руд. Вследствие этого распространение на весь подсчетный блок низкого содержания слюды в последней очистной ленте приводит к занижению содержания и, как следствие этого, иногда к исключению запасов из промышленного освоения. Поэтому для решения вопроса о содержании слюды в экстраполированном к последней очистной ленте блоке необходимо проанализировать характер изменения содержания по падению. Если изменение содержания происходит закономерно, то среднее содержание в блоке должно приниматься исходя из содержания в последней очистной ленте и с учетом его изменения с глубиной. При незакономерном характере изменения содержания оно должно приниматься по среднему содержанию в вышерасположенном блоке.

При использовании данных эксплуатации необходимо учитывать разубоживание и потери: для этого нередко требуется опробовать отвалы руд, образующиеся после извлечения в промышленных условиях ценного компонента.

Недостаточное число выработок и неравномерное расположение их на площади блоков, построенных методом экстраполяции, часто не позволяет определить среднее значение мощности и содержания непосредственно по фактическим пересечениям, имеющимся в контуре блока, и заставляет прибегать к искусственным приемам. Это приводит к серьезным ошибкам.

При закономерном изменении содержания или мощности обычно среднее значение их для блока определяется по выработкам, находящимся в контуре блока, и опорным расчетным точкам, по которым производилось оконтуривание блока. Наи-

более частой ошибкой в этом случае является несоответствие числа точек, найденных расчетным путем, числу пересечений, фактически полученных на противоположной по линии изменения параметра стороне блока.

На рис. 50 показан блок, в пределах которого происходит закономерное уменьшение мощности тела полезного ископаемого в направлении падения. Верхняя часть блока разведана шестью буровыми скважинами, а нижняя опирается на две точки, найденные путем экстраполяции между скважинами 14 и 42 и 39—43. При вычислении средней мощности по блоку  $C_1$  VII методом среднего арифметического

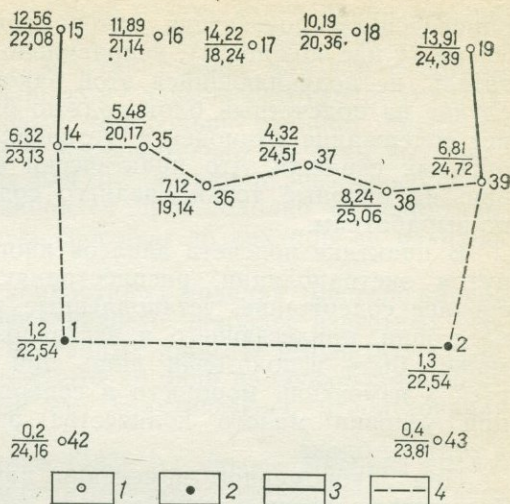


Рис. 50. Учет при определении среднего содержания или средней мощности фактических пересечений тела полезного ископаемого и точек, найденных экстраполяцией:

1 — скважины; 2 — точки экстраполяции; 3 — контур запасов категории В; 4 — контур запасов категории  $C_1$ . Дробь: числитель — мощность тела полезного ископаемого в м; знаменатель — содержание полезного компонента, в %

(принимая в расчет все восемь точек равноценными) увеличивается влияние верхней стороны блока, что неправильно, так как содержание компонента в блоке не зависит от числа пройденных на том или ином горизонте выработок. Чтобы исключить влияние числа выработок, необходимо было увеличить число опорных точек до шести, т. е. до числа, равного количеству скважин, пройденных в верхней части блока. Если мощность тела полезного ископаемого или содержание полезного компонента в нем в опорных точках принимается равным минимальному промышленному, то вычисление среднего содержания следует производить отдельно для выработок, расположенных на верхней стороне блока, и опорных точек, находящихся на нижней его стороне. Среднее содержание по блоку следует принимать как полусумму среднего содержания по обеим сторонам блока. Увеличение числа опорных точек в этом случае нецелесообразно.

Второй не менее распространенной ошибкой является неправильное определение параметра в опорных точках. В приведенном примере мощность закономерно изменяется по падению. Закономерного изменения содержания в этом направлении не происходит. В таких случаях нередко, наряду с правильным

определением показателя закономерно изменяющегося параметра (у нас мощности), неправильно определяют другой показатель, не подчиняющийся этой закономерности. В описанном случае на подсчетный блок должно быть распространено среднее содержание компонента, установленного только по данным буровых скважин, что практически аналогично распространению на опорные точки среднего содержания, установленного по выработкам.

В практике подсчета запасов иногда на блок, построенный путем экстраполяции, распространяют среднюю мощность и среднее содержание, установленные для блока более высокой категории, прилегающего к экстраполированному. Этот прием может быть использован лишь при отсутствии закономерностей в изменении мощности и содержания в пределах залежи при условии малого количества опробованных пересечений в контуре блока.

При закономерном изменении параметров или достаточно большом количестве выработок на стороне блока, к которой он подвешен, этот прием рекомендован быть не может.

Иногда на экстраполированные блоки распространяются средние параметры (мощность и содержание), установленные не для блоков, к которым они подвешены, а для запасов более высоких категорий, подсчитанные по ряду блоков. Такой прием неверен по существу, что было показано при рассмотрении принципов выделения подсчетных блоков. Распространение средних данных, полученных по сумме блоков более высоких категорий или в целом по месторождению, может быть оправдано лишь в редких случаях (для ориентировочного подсчета запасов по категории  $C_2$ ), когда вследствие слабой общей разведанности месторождения закономерности изменения мощности и содержания не установлены, и число выработок не позволяет определить среднее содержание в отдельных, даже сравнительно крупных частях месторождения.

Определение и учет ураганных проб. На месторождениях с неравномерным и крайне неравномерным распределением полезных компонентов иногда встречаются пробы, отличающиеся исключительно высоким содержанием, резко превышающим содержание в остальных пробах. На месторождениях нерудного сырья такие выдающиеся пробы встречаются сравнительно редко, лишь на россыпных месторождениях пьезооптического сырья и слюды, в меньшей мере асбеста и отдельных месторождениях графита и серы. На коренных месторождениях пьезооптического сырья ни одна проба не может рассматриваться как выдающаяся, так как сама природа образования полезного ископаемого обуславливает резко неравномерный характер распределения минералов, и запасы всего месторождения по существу складываются из запасов минералов, находящихся в отдельных гнездах.

Твердо установленных понятий о том, какие пробы следует считать выдающимися и как их учитывать, нет. Вместе с тем в определенных условиях учет таких проб наравне с остальными пробами приводит к резкому завышению среднего содержания в блоке, тем большому, чем больше разница между рядовыми пробами и пробой с исключительно высоким содержанием. Различные исследователи предлагают разные способы определения величины выдающихся проб, однако общепризнанных и научно обоснованных способов до сих пор не разработано.

А. М. Прерис [43] на конкретных моделях месторождений произвел исследование эффективности наиболее известных способов выявления и учета ураганных проб. В результате исследования он пришел к выводу, что ни один из способов не обладает достаточно высокими для практического использования характеристиками.

Способ П. Л. Каллистова (1952 г.), по его мнению, приводит к существенному систематическому занижению среднего содержания. Величина занижения зависит как от объема разведочной выборки, так и от уровня изменчивости содержания и колеблется в пределах от  $-9,2$  до  $-32,5$  %.

К систематическому занижению содержания приводят, по мнению А. М. Прериса, и способы А. П. Прокофьева (1962 г.) и В. М. Борзунова (1965 г.). Причем величина занижения колеблется для способа А. П. Прокофьева от  $-13,6$  до  $-34,8$  %, а для способа В. М. Борзунова — от  $-2,3$  до  $+47,0$  %.

В последнее время в практике подсчета запасов рудных месторождений широко используется способ, предложенный И. Д. Коганом (1962 г.). Этот способ обсуждался в геологической литературе. И. Н. Иноземцев (1969 г.) считает, что способ И. Д. Когана нельзя применять в практике подсчета запасов, так как, руководствуясь им, за ураганную можно принять любую рядовую пробу. С. В. Мартиросян (1971 г.) считает, что способ И. Д. Когана может быть применен ограниченно, а А. Б. Каждан (1971 г.) указывает, что он может быть использован только в случае пересечения рудных тел на их полную мощность. По мнению А. М. Марголина и М. В. Шумилина (1970 г.), способ И. Д. Когана не решает проблемы выявления и учета ураганных проб. Предложенный А. М. Прерисом способ также страдает многими недостатками, свойственными и другим способам.

Приведенное свидетельствует о том, что в настоящее время не существует способа выявления и учета ураганных проб достаточно теоретически обоснованного и практически проверенного. По-видимому, в разных геологических условиях различные способы дают неодинаковые результаты. Так, например, в результате исследований, проведенных А. М. Прерисом, величина ошибки способа В. М. Борзунова для месторождений

меди не превышает 4,5 %, тогда как для месторождений золота она достигает 47 %. Это говорит о том, что при выборе способа выявления и учета ураганных проб необходимо исходить из особенностей распределения компонента в теле полезного ископаемого. При подсчете запасов нерудного сырья в большинстве случаев необходимости в учете ураганных проб нет.

С геологической точки зрения, как справедливо отмечает В. В. Богацкий [6], «любое значение параметра (содержание, мощность), установленное в том или ином пункте изучаемого объекта, присуще ему и, следовательно, отражает строение и особенности этого объекта. Когда число разведочных единиц так велико, что на их основе устанавливается истинное или очень близкое к нему среднее содержание, это означает, что в выборке нет «ураганных» значений, независимо от абсолютной величины отдельных членов ее. Природа не знает «ураганных» значений; все значения содержания, характеризующие конкретный геологический объект, равноправны, хотя далеко не всегда равновероятны».

Из сказанного следует, что ураганные пробы должны выявляться и учитываться только на месторождениях с крайне изменчивым содержанием компонента и при небольшом числе проб, участвующих в подсчете запасов. Выбор способа выявления и учета ураганных проб должен производиться геологом на основе тщательного анализа особенностей геологического строения месторождения.

Определение среднего состава минерального сырья по данным физико-механических испытаний. Качество большой группы нерудных полезных ископаемых — песка, гравия, строительного камня, глин — полностью или частично оценивается по их физико-механическим свойствам. Как и химический состав, физико-механические свойства пород в разных частях месторождения неодинаковы и подвержены иногда довольно резким колебаниям. Это обстоятельство заставляет, наряду с оценкой физико-механических свойств пород, в каждой отдельной пробе давать при промышленной оценке месторождения и среднюю их характеристику. Вследствие особенностей влияния физико-механических свойств породы каждой отдельной пробы на качество сырья механическое применение приемов вычисления средних значений показателей качества, принятых для химических анализов, может привести к грубым ошибкам. Например, оценивая качество щебня как заполнителя в бетон по средней его механической прочности или огнеупорность глин по средней температуре огнеупорности отдельных образцов, можно прийти к совершенно неверным выводам в оценке возможных областей их использования. Правильные выводы о качестве сырья в зависимости от его физико-механических свойств могут быть получены лишь при применении специальных приемов.

*Расчет среднего гранулометрического состава полезной толщи* является обязательной операцией при оценке песчано-гравийных месторождений. Государственными стандартами в зависимости от области использования песка, гравия или песчано-гравийной смеси нормируется их зерновой состав. В соответствии с этим при анализе проб устанавливается выход песка и гравия каждой фракции в соответствии с предъявляемыми стандартом требованиями. Для определения содержания в песчано-гравийной смеси каждой фракции в целом по пласту или слою обычно производится пересчет содержания с разделением всего материала на две составные части: гравийную и песчаную, причем в ряде случаев пересчитывается содержание отдельных фракций гравия относительно лишь гравийной фракции (т. е. принимая за 100 % гравий всех фракций). При такой методике расчета для ее обоснования обычно ссылаются на требования стандарта к зерновому составу гравия, не учитывая, что стандарт предъявляет требования к готовому продукту, а не к сырью, идущему на фракционирование. Для проектирования технологической схемы дробильно-сортировочных заводов прежде всего необходимы сведения о гранулометрическом составе всей горной массы, поступающей на завод. Поскольку фракционированию подвергается не только гравийная часть горной массы, но и песок, целесообразно приводить сведения о гранулометрическом составе песков и определять выход песков каждой фракции.

Содержание отдельных компонентов песчано-гравийной смеси (валунов, гравия и песка по фракциям) определяется по формуле

$$x = \frac{q}{Q} 100,$$

где  $Q$  — общая масса горной породы, кг;  $q$  — массы отдельных фракций, полученные непосредственным взвешиванием.

Средний гранулометрический состав песчано-гравийной смеси для всей мощности полезной толщи, разделенной при опробовании на несколько секций, определяется путем вычисления среднего содержания каждой фракции методом среднего взвешенного на длины секций.

Средний гранулометрический состав по блоку вычисляется или методом среднего арифметического, или методом среднего взвешенного так же как и при определении среднего содержания химических элементов.

*Расчет среднего петрографического состава гравия валунов.* По принятой в Северо-Западном производственном геологическом объединении методике расчет среднего петрографического состава валунов по выработкам производится методом среднего взвешенного по следующей формуле:

$$h_{cp} = \frac{h_1 c_1 l_1 + h_2 c_2 l_2 + \dots + h_n c_n l_n}{c_1 l_1 + c_2 l_2 + \dots + c_n l_n},$$

где  $h_1, h_2, \dots, h_n$  — содержание пород данного петрографического типа в общей массе пород данной фракции по послойным (секционным) пробам, %;  $c_1, c_2, \dots, c_n$  — содержание пород данной фракции по послойным (секционным) пробам, %;  $l_1, l_2, \dots, l_n$  — длина интервала опробования, м.

Во многих других объединениях расчет среднего петрографического состава гравия и валунов производится методом среднего арифметического.

Как показали исследования А. А. Петрова, проведенные на многих песчано-гравийных месторождениях, содержание гравия или валунов того или иного петрографического состава не зависит от общего их содержания в породе и обычно меняется по разрезу очень слабо и незакономерно. Поэтому расчет среднего петрографического состава гравия и валунов по выработкам и блокам следует производить методом среднего арифметического отдельно для каждой фракции.

*Расчет среднего содержания пылеватых и глинистых примесей в песке и гравия* производится только в тех случаях, когда в целом материал чистый, но отдельные пробы показывают загрязненность выше пределов, предусмотренных действующими стандартами. Распределение пылеватых и глинистых частиц может иметь или незакономерный характер, или приурочиваться к определенным слоям той или иной мощности. В первом случае определение содержания пылеватых и глинистых частиц производится методом среднего арифметического, во втором — методом среднего взвешенного на мощность слоя.

*Расчет содержания в графии зерен пластинчатой (лещадной) и игольчатой формы.* На качество гравия оказывает влияние форма его зерен. Форма зерен гравия определяется в процессе лабораторных физико-механических испытаний. Ввиду того что форма обломков, так же как и их петрографический состав, может значительно отличаться в материале разной крупности, содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы следует определять для каждой фракции. Это определение должно производиться по двум-трем выработкам на месторождении из числа тех, по которым изучается количественный петрографический состав гравия. Процентное содержание зерен пластинчатой и игольчатой формы в данной фракции определяется так же, как и петрографических разностей пород, т. е. методом среднего арифметического.

*Определение среднего коэффициента разрыхления на песчано-гравийных месторождениях.* Запасы песчано-гравийных месторождений подсчитываются в недрах в плотном теле в объемных единицах. При использовании гравия и песка в строительстве их принято учитывать по объему в разрыхленном состоянии. Для правильного планирования добычи и транспортировки необходимо знание коэффициента разрыхления, с помощью которого можно перейти от объема материала

в плотном теле к его объему в разрыхленном состоянии. Коэффициент разрыхления есть отношение объема материала в разрыхленном состоянии к его объему в плотном теле.

Коэффициент разрыхления определяется как в целом для всей массы песчано-гравийных пород, так и для отдельных ее слоев, если они характеризуются различным составом. Средний коэффициент разрыхления всей массы полезной толщи и отдельного ее слоя определяется как среднее арифметическое значение из всех определений.

Некоторые исследователи (А. М. Цехомский, Ю. А. Козырева, Б. Я. Рамзес) рекомендуют при разработке месторождения с выделением нескольких полезных компонентов (валунов, гравия и песка по фракциям) коэффициент разрыхления вычислять по каждому из них.

Учитывая, что эти коэффициенты характеризуют не природный состав песчано-гравийной смеси, а искусственно выделенные фракции (причем не всегда увязанные с фракциями, получаемыми при сортировке гравия), определять их при разведке месторождения представляется нецелесообразным.

*Определение средней прочности пород при разведке месторождений каменно-строительных материалов.* В зависимости от предела прочности при сжатии исходной горной породы в сухом и в насыщенном водой состоянии определяется область использования получаемого из него щебня — для приготовления бетонов различной прочности, для балластировки железнодорожного пути, для строительства автомобильных дорог и других видов строительных работ.

Определение прочности породы при сжатии производится при разведке месторождения на отдельных образцах-пробах. Определение средней прочности породы в пределах сечения, блока или месторождения не может производиться ни методом среднего арифметического, ни методом среднего взвешенного, так как практическое использование породы не предусматривает усреднение его качества. Естественно, что в пределах месторождения прочность горной породы может значительно колебаться и вследствие этого показатели прочности в отдельных образцах также существенно различаются. Для определения средней прочности или марки щебня по прочности исходной породы поступают следующим образом: по журналу испытания образцов на прочность подсчитывают количество образцов, имеющих наиболее высокую прочность, из оставшейся части образцов, последовательно выделяют и подсчитывают число образцов, имеющих более низкую прочность вплоть до определения числа образцов с прочностью ниже минимально допустимой государственным стандартом. Затем производят последовательное суммирование количества образцов, начиная с самой высокой марки, как показано в табл. 16.

Стандартом допускается наличие в щебне высоких марок

10 % по массе зерен пород с прочностью менее предела прочности для данной марки. Исходя из этого для определения средней марки щебня в блоке необходимо найти такое количество образцов с низкой прочностью, которое не превышало бы 10 % всей суммы образцов. Для этого вначале сопоставляется число образцов самой низкой прочности с общим числом образцов. Если это соотношение менее 10 %, то берется сумма числа образцов этой марки и смежной и вновь производится сопоставление до тех пор, пока следующая сумма не превышает 10 %.

Марка щебня определяется по предельной прочности образцов, не вошедших в число 10 % образцов низшей прочности.

Поскольку стандартом процентное содержание образцов с прочностью менее прочности щебня данной марки устанавли-

Т а б л и ц а 16

**Определение марки щебня в зависимости от соотношения зерен различной прочности**

Предел прочности породы при сжатии в насыщенном водой состоянии по ГОСТ	Число образцов	Последовательная сумма образцов смежных пределов прочности	Марка щебня
Не ниже 1200	12	12	400
1000	18	30	
800	24	54	
600	245	299	
400	140	439	
300	32	471	
200	14	485	

вается по массе, то теоретическое вычисление процента их содержания следовало производить путем взвешивания числа образцов каждого предела прочности на среднюю объемную массу образцов пород данной марки, так как определение предела прочности производилось на образцах одинакового размера, но разной массы. При этом обычно устанавливается зависимость между пределом прочности и объемной массой. Однако практически производить взвешивания нецелесообразно, так как условия определения марки щебня при разведке отличаются от условий получения щебня при эксплуатации месторождения. Полученные при разведке данные позволяют определить лишь ориентировочную марку щебня.

В некоторых случаях распределение пород различной крепости носит закономерный характер, приурочиваясь к определенным слоям, горизонтам или участкам. В этих случаях определение марки щебня следует производить для каждого слоя, горизонта или участка. Во всех случаях наряду со средней маркой щебня следует указывать выход в процентах щебня различных марок.

*Определение средней огнеупорности глин, газопроницаемости формовочных песков, механической прочности формовочных глин и других средних показателей физико-механических свойств пород* производить не следует, так как средние показатели не характеризуют свойства и качество пород, оцениваемых по этим показателям. В некоторых случаях механическая прочность формовочных глин не может быть определена расчетным путем исходя из прочности в каждой пробе, а должна устанавливаться не по каждой секционной пробе, а по пробе, характеризующей выемочную мощность.

Определение сортового и марочного состава минерального сырья. Многие месторождения нерудного минерального сырья представлены сырьем различного состава и качества, что обуславливает необходимость разделения его на сорта или марки. Каждый сорт или марка предопределяет либо область промышленного использования сырья, либо ассортимент производимой из него продукции или технологию его переработки. Так, огнеупорные глины в зависимости от содержания в них окиси алюминия, окиси железа и температуры огнеупорности разделяются на ряд сортов, каждый из которых используется для производства огнеупорных изделий определенного ассортимента. Формовочные пески, различающиеся по гранулометрическому составу, содержанию кремнезема и глинистых частиц, разделяются на ряд классов и групп, пески каждого из которых можно использовать лишь для определенного вида литья. Содержание ценного компонента и вредных примесей в полезном ископаемом нередко определяет возможность его использования или без обогащения, или после предварительного обогащения и т. д.

Все это свидетельствует о том, что при промышленной оценке месторождений нерудного минерального сырья особо важное значение имеет правильное разделение полезного ископаемого на отдельные сорта или марки.

При выделении сортов или марок минерального сырья наиболее спорным вопросом является вопрос о минимальной длине интервала по мощности, для которого определяется сорт или марка сырья, так как в зависимости от выбранного интервала сортовой (марочный) состав может сильно меняться. В табл. 17 приведен расчет сортового состава доломитов по скважине 112 на Данковском месторождении.

Согласно утвержденным ГКЗ СССР кондициям доломиты Данковского месторождения, предназначенные для использования в качестве сырого металлургического доломита и доломитового флюса, разделяются на два класса: к первому классу относятся доломиты с содержанием окиси магния не менее 19 % и нерастворимого остатка не более 6 %; ко второму классу относятся доломиты с содержанием окиси магния не менее 17 % и нерастворимого остатка не более 4 %. Кроме того, конди-

циями предусматривалось выделение участков с наибольшим распространением доломитов, отвечающих требованиям для производства смолодоломитовых огнеупоров с содержанием окиси магния не менее 18 %, окиси кальция не более 33 % и нерастворимого остатка не более 3 %.

Т а б л и ц а 17

Номер пробы	Интервал опробования			Содержание			Сорт			
	от	до	всего	СаО	МдО	н. о.	по про- бам	по интервалам		
								1	2	3
4045	40,6	41,6	1,0	27,73	19,76	7,57	II	II	I	I
4046	41,6	42,5	0,9	29,41	20,56	2,75	I сд			
4047	42,5	43,5	1,0	28,96	20,56	3,80	I	II	I	I
4048	43,5	44,1	0,6	28,29	19,76	6,70	II			
4049	44,1	45,1	1,0	28,18	19,92	6,20	II	I	I	I
4050	45,1	46,05	0,95	30,53	19,35	4,37	I			
4051	46,05	47,0	0,95	30,98	19,68	2,27	I сд	I	I	I
4052	47,0	48,10	1,10	29,86	20,00	3,03	I			
4053	48,10	49,0	0,9	30,42	18,71	4,42	II	II	I	I
4054	49,0	50,0	1,0	32,67	17,58	2,76	II			
4055	50,0	50,7	0,7	32,67	18,22	0,97	II сд	II	сд	I
4056	50,7	51,5	0,8	30,98	19,68	2,14	I сд			
4057	51,5	52,4	0,9	33,23	17,66	1,69	II	II	сд	I
4058	52,4	53,0	0,6	31,10	19,43	2,05	I сд			
4059	53,0	54,0	1,0	34,78	17,58	1,49	II	II	II	I
4060	54,0	54,8	0,8	31,43	17,66	6,40	II			
4061	54,8	56,0	1,2	30,42	18,55	6,29	II	II	I	I
4062	56,0	57,0	1,0	31,90	17,74	4,60	II			
4063	57,0	58,0	1,0	26,30	17,34	13,40	н/к	н/к	I	II
4064	58,0	58,9	0,9	29,0	18,14	7,60	II			
4065	58,9	59,8	0,9	29,9	20,00	2,30	I сд	I	I	I
4066	59,8	60,9	1,1	30,0	18,55	5,10	II			
4067	60,9	61,7	0,8	30,8	18,55	3,40	II	II	I	I
4068	61,7	62,5	0,8	31,4	19,27	2,00	I сд			
4069	62,5	63,4	0,9	30,2	18,79	4,60	II	I	II	I
4070	63,4	64,0	0,6	30,1	19,35	3,96	I			
4071	64,0	65,0	1,0	30,8	17,58	6,62	II	II	II	I
4072	65,0	66,0	1,0	30,2	19,27	4,40	I			
4073	66,0	66,8	0,8	31,50	15,89	7,60	н/к	н/к	н/к	н/к
4074	66,8	67,6	0,8	29,7	17,98	7,20	II			

Выход доломитов I и II сорта, а также доломита, пригодного для производства смолодоломитовых огнеупоров, вследствие невозможности геометризовать участки распространения доломитов одного сорта подсчитывается статистически. При статистическом подсчете, принимая сорт доломита, определенный по отдельным пробам, длина которых изменялась от 0,6 до

1,2 м, сортовой состав определяется следующим: доломит I сорта — 36 %, II сорта — 57,4 %, некондиционный — 6,6 %.

При подсчете запасов по интервалам различной длины устанавливается следующий выход доломита различных сортов (табл. 18).

Доломит, пригодный для изготовления смолодоломитовых огнеупоров, в разрезе скважины 112 Данковского месторождения может быть получен лишь с учетом интервала, не превышающего 1 м. При расчете по отдельным пробам его выход составляет 29,2 %, при пересчете на интервалы не менее 1 м — 11,1 %.

Приведенный пример показывает, что сортовой состав минерального сырья определяется не только геологическими условиями, но и длиной проб, которая была принята при его разведке. Это обстоятельство предопределяет необходимость при промышленной оценке месторождения определять выход минерального сырья различных сортов не механически, опираясь на результаты опробования каждой отдельной пробы, а исходя из возможности при

разработке месторождения селективной выемки слоев определенной мощности. Мощность слоя, подлежащего селективной отработке, должна обосновываться технико-экономическими расчетами и указываться в кондициях. При обосновании длины интервала, при котором может осуществляться селективная отработка сырья того или иного сорта, должны учитываться техническая возможность выемки слоя указанной мощности и его экономическая целесообразность. Применение роторных экскаваторов при добыче огнеупорных глин, например, позволяет производить селективную выемку слоев мощностью свыше 0,1 м. Разработка месторождения, представленного скальными породами, не может допустить селективную отработку маломощных слоев без существенного уменьшения производительности горнодобывающего предприятия и увеличения себестоимости добычи сырья. Оптимальным интервалом, предназначенным для селективной отработки с целью получения сырья определенного сорта, может быть признан тот, при котором увеличение затрат на селективную добычу компенсируется более высокой стоимостью сырья.

Технико-экономические расчеты показали, что на Данковском месторождении селективная отработка доломитов указанных в кондициях сортов технически возможна и экономически целесообразна при мощности слоя не менее 5 м.

Таблица 18

Выход доломита различных сортов

Длина интервала, м	Выход доломита		
	I сорта	II сорта	н/к
1	37,1	53,3	9,6
2	28,5	65,5	6,0
3	21,0	73,0	6,0

Сортовой состав доломитов при этом существенно не меняется по сравнению с сортовым составом, определенным по 3-метровым интервалам.

Определение выхода сырья различных сортов или марок при невозможности подсчета его в геометризованном контуре производится статистически путем нахождения отношения суммы интервалов, представленных сырьем данного сорта, к общей длине выработок, пройденных по телу полезного ископаемого, по формуле

$$Q_c = \frac{\sum l_c}{\sum l} 100,$$

где  $Q_c$  — выход сырья данного сорта или марки;  $\sum l_c$  — сумма интервалов по выработкам, представленных сырьем данного сорта или марки;  $\sum l$  — общая длина выработок, пройденных в контуре тела полезного ископаемого.

При определении выхода сырья определенного сорта или марки учитываются лишь выработки, полностью пересекшие тело полезного ископаемого по его мощности.

Подсчет запасов с введением коэффициента рудоносности. Поправочный коэффициент на неравномерность концентрации промышленной минерализации или коэффициент рудоносности при подсчете запасов нерудного минерального сырья применяется исключительно редко. Введение этого коэффициента, как уже указывалось, рационально только в тех случаях, когда безрудные участки не могут быть оконтурены при разведке и учтены при измерении площади тела полезного ископаемого, и в то же время они настолько велики, что могут быть оставлены в недрах при разработке месторождения. В некоторых случаях коэффициент рудоносности применяется и в том случае, когда безрудные породы можно отделить в процессе рудоразборки или другим способом перед отправкой руды на обогатительную фабрику.

Коэффициент рудоносности представляет отношение объема рудной части месторождения, залежи, участка или отдельного блока ко всему объему продуктивных пород, подсчитанных на месторождении, залежи, участке или блоке. При разведке месторождений коэффициент рудоносности обычно определяют как линейное отношение длины участков с промышленной минерализацией, установленных при опробовании разведочных выработок, к общей протяженности разведочных выработок, пройденных в пределах зоны минерализации, по формуле

$$K_p = \frac{\sum l_p}{L},$$

где  $K_p$  — коэффициент рудоносности;  $\sum l_p$  — суммарная протяженность интервалов с промышленной минерализацией по выработкам;  $L$  — общая протяженность выработок в пределах зоны промышленной минерализации.

Коэффициент рудоносности всегда меньше единицы. Вследствие неравномерности концентрации участков с промышленной минерализацией величина коэффициента рудоносности для разных частей месторождения может значительно меняться. Поэтому существенное значение имеет вопрос, по отношению к какой части месторождения (блоку, участку, залежи или для месторождения в целом) должен определяться коэффициент рудоносности. Как показывает опыт работы, при достаточно большом размере блоков, опирающихся на значительное количество пересечений тела полезного ископаемого (более 12—16) целесообразно определять коэффициент рудоносности для каждого конкретного блока. При малых размерах блоков, опирающихся на единичные пересечения, более точные результаты дает введение поправочного коэффициента в каждый блок, установленного в среднем по участку, залежи или месторождению.

Значительно чаще, чем коэффициент рудоносности, при промышленной оценке месторождений нерудного сырья применяется поправочный коэффициент на наличие в теле полезного ископаемого пустых или некондиционных пород. По своей геологической сущности этот коэффициент является обратной величиной коэффициента рудоносности и применяется при наличии в контуре промышленной минерализации включений пустых или некондиционных пород, не поддающихся выделению в геометризованном контуре.

Вычисление поправочного коэффициента производится аналогично коэффициенту рудоносности по той же формуле. Определение с помощью этого коэффициента величин пустых и некондиционных пород показывает, какое количество непригодных для использования пород требуется добыть при разработке полезного ископаемого, что позволяет более правильно планировать эксплуатационные работы.

Учет при подсчете запасов объемной массы полезного ископаемого. Объемная масса полезного ископаемого является одним из главных параметров подсчета запасов. Ошибка в ее определении приводит к ошибке определения запасов полезного ископаемого и ценных компонентов. Для перевода запасов полезного ископаемого из объемных единиц в единицы массы необходимо определить среднее значение объемной массы по месторождению, а в случае значительных колебаний ее по площади месторождения — по отдельным блокам.

Среднее значение объемной массы определяется как среднее арифметическое из всех частных определений. Особую трудность вызывает учет объемной массы при подсчете запасов полезного ископаемого с резко изменяющейся объемной массой входящих в него рудных и нерудных минералов (баритовых, целестиновых руд и др.). Для таких руд необходимо уста-

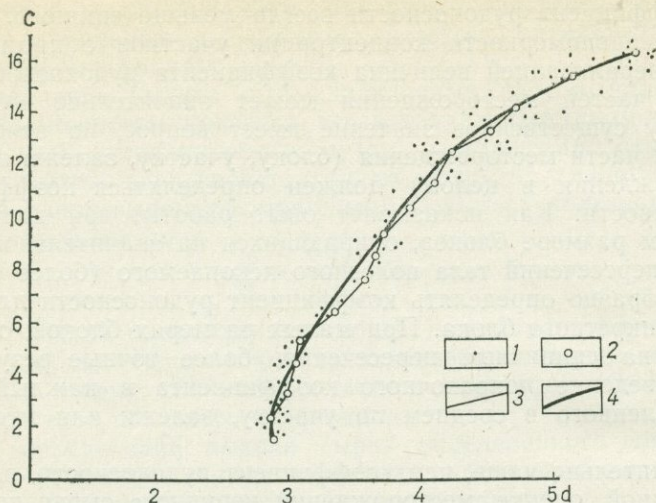


Рис. 51. График зависимости объемной массы  $d$  от содержания полезного компонента  $C$ : 1 — данные единичных анализов; 2 — средние значения по классам содержаний; 3 — фактическая кривая зависимости; 4 — средняя кривая зависимости

новить графическую (рис. 51) или аналитическую зависимость объемной массы от содержания в них ценного компонента.

Установление корреляционной зависимости графическим способом в практике подсчета запасов используется широко и каких-либо разъяснений не требует. Зависимость, выражаемая аналитическими формулами, может устанавливаться двумя способами: на основе корреляционной зависимости объемной массы и содержания полезного компонента или на основе пересчета химического состава полезного ископаемого на минеральный, а затем последующего определения средней объемной массы полезного ископаемого в зависимости от объемных масс слагающих его минералов и количественного их соотношения.

Вывод аналитических формул представляет собой довольно сложную задачу. В практике известны случаи обоснования их, но для подсчета запасов нерудных полезных ископаемых целесообразнее использовать зависимость, определенную графическим способом, обеспечивающую достаточную точность и не требующую больших затрат времени.

Установление такой зависимости требует большого числа определений объемной массы, с одновременным определением содержания ценного компонента. Таких определений должно быть не менее 30—40. Величина объемной массы тесно связана с влажностью полезного ископаемого. Поскольку содержание компонентов в руде определяется в лаборатории на высушенное

вещество в величину объемной массы требуется введение поправки на влажность, для чего используется формула

$$d_{\text{сух}} = d_{\text{вл}} \frac{(100 - W)}{100},$$

где  $W$  — влажность полезного ископаемого.

Введение поправки на влажность не производится для тех полезных ископаемых, запасы которых подсчитываются в естественном состоянии и извлечение полезных компонентов из которых не производится (известняки, глины, пески и др.), однако и в этом случае характеристика химического состава сырья должна быть увязана с влажностью полезного ископаемого.

### РАЗДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ НА БАЛАНСОВЫЕ И ЗАБАЛАНСОВЫЕ ПО ИХ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОМУ ЗНАЧЕНИЮ

Народнохозяйственное значение запасов месторождения нерудных полезных ископаемых определяется их количеством и качеством, сложностью горнотехнических условий добычи и технологического передела сырья.

В зависимости от народнохозяйственного значения запасы полезных ископаемых по классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых разделяются на две группы: балансовые и забалансовые. К балансовым относятся запасы, использование которых, согласно утвержденным кондициям, экономически целесообразно при существующей либо осваиваемой промышленностью прогрессивной технике и технологии добычи и переработки сырья с соблюдением требований законодательных актов к рациональному использованию недр и охране окружающей среды.

К забалансовым относятся запасы полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов, использование которых в настоящее время экономически нецелесообразно, но которые могут быть в дальнейшем переведены в балансовые.

Вопрос об отнесении запасов к балансовым или забалансовым решается в каждом отдельном случае на основании технико-экономических расчетов при установлении кондиций.

Несмотря на достаточно четкую характеристику балансовых и забалансовых запасов, на практике возникает ряд трудностей при разделении запасов месторождения на эти две группы. Это и обуславливает необходимость более или менее подробного освещения принципов разделения запасов на балансовые и забалансовые.

Влияние степени разведанности на определение группы запасов. Поскольку народнохозяйственное значение запасов определяется их количеством, качеством, сложностью горнотехнических условий добычи и технологического передела минерального сырья, при установлении группы

запасов (балансовые или забалансовые) все эти вопросы выясняются с такой степенью достоверности, которая исключает возможность перевода запасов из одной группы в другую.

Приведенная в классификации характеристика запасов различных категорий свидетельствует о том, что надежное определение группы запасов может быть дано лишь в том случае, если степень их разведанности не ниже, чем по категории  $C_1$ , за исключением запасов на месторождениях 3 и 4 групп, на которых в промышленное освоение частично вовлекаются и запасы категории  $C_2$ .

В связи с этим в общем случае запасы месторождений, участков, отдельных пластов или горизонтов большинства видов неметаллических полезных ископаемых, которые по данным разведки, проведенной с детальностью, отвечающей категории  $C_2$ , характеризуются как забалансовые, нельзя относить к группе забалансовых запасов. Несмотря на отрицательные результаты разведочных работ, эти площади должны быть подвергнуты дополнительной разведке с доведением степени разведанности запасов до категории  $C_1$ . При этом либо подтвердится данная ранее оценка и запасы будут отнесены к забалансовым, либо оценка изменится полностью или частично и все запасы или их часть будут отнесены к балансовым.

Забалансовые запасы по категории  $C_2$  могут подсчитываться на месторождениях, участках, по пластам и горизонтам, в пределах которых были проведены более детальные геологоразведочные работы, показавшие, что по качеству полезного ископаемого, мощности полезной толщи, горнотехническим условиям разработки или технологии переработки минерального сырья детально разведанная часть запасов (по категории А, В,  $C_1$ , а на месторождениях четвертой группы и  $C_2$ ) относится так же, как и прилегающая к ним часть слаборазведанных запасов, к забалансовым. В этом случае нет основания ожидать изменения мощности, качества или состава полезного ископаемого на слаборазведанной части месторождения.

Нередко во избежание отнесения запасов категории  $C_2$  к забалансовым предпочитают не подсчитывать и не учитывать эти запасы до тех пор, пока не будут произведены более детальные работы. Такая точка зрения является неправильной. Забалансовые запасы представляют несомненный интерес для будущего и уже сегодня учитываются расширения перспектив горнодобывающего предприятия. Поэтому далеко небезразлична величина забалансовых запасов месторождения. Ориентируясь лишь на небольшое количество детально разведанных забалансовых запасов, без учета запасов категории  $C_2$ , иногда во много раз превышающих детально разведанные, можно составить неверное представление о масштабах месторождения и тем самым замедлить использование забалансовых запасов. Правильное отражение количества забалансовых запасов имеет

особенно большое значение, если запасы относятся к забалансовым из-за трудности обогащения или переработки сырья. Естественно, что работа по усовершенствованию и удешевлению технологической схемы переработки сырья целесообразна лишь в том случае, если по этой схеме будет перерабатываться достаточно большое количество сырья, окупающего строительство предприятия.

При разведке месторождения, предназначенного для открытой разработки, запасы полезного ископаемого могут разделяться на балансовые и забалансовые по соотношению мощностей пород вскрыши и полезной толщи. К балансовым относятся запасы, удовлетворяющие всем требованиям кондиций, к забалансовым могут относиться запасы, удовлетворяющие требованиям кондиций по мощности тела полезного ископаемого, качеству сырья и всем другим показателям, кроме соотношения мощностей пород вскрыши и тела полезного ископаемого. В этом случае степень разведанности запасов при определении их группы по народнохозяйственному значению не играет особой роли. К забалансовым могут относиться запасы категории  $C_2$ , подсчитанные по части месторождения, и в целом по месторождению, по изолированному участку, пласту или горизонту. Непременным условием отнесения запасов к забалансовым по соотношению мощностей пород вскрыши и полезной толщи является наличие замеров углов падения ее и топографической карты, сочетание которых позволяет утверждать, что разработка этих запасов нерентабельна при любом возможном изменении мощности полезной толщи и качества сырья.

Разделение запасов на балансовые и забалансовые по качеству сырья. Разделение запасов полезного ископаемого на балансовые и забалансовые в значительной мере зависит от правильности выделения подсчетных блоков. При описании методов подсчета запасов и принципов выделения подсчетных блоков было показано, что в зависимости от принятой блокировки соотношение балансовых и забалансовых запасов в некоторых случаях может существенно меняться. Поэтому, производя разделение запасов на группы по их народнохозяйственному значению, следует тщательно проверить правильность выделения подсчетных блоков.

В случае правильного оконтуривания балансовых запасов затруднений при определении их народнохозяйственного значения обычно не возникает. Несколько иначе обстоит дело с забалансовыми запасами. Согласно классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых к забалансовым относятся не все запасы, а лишь те, которые в дальнейшем могут быть переведены в балансовые.

Следовательно, уже сейчас при выделении и подсчете в пределах тела полезного ископаемого забалансовых запасов необходимо определить возможность вовлечения их в будущем

в промышленное освоение. При этом одним из наиболее сложных вопросов является установление основных параметров, характеризующих качество забалансовых запасов. Естественно, что подсчет забалансовых запасов при любом содержании ценных компонентов в породе, из которой они должны извлекаться, или при любом качестве породы, если она используется полностью (глины, пески, известняки и т. д.), привел бы к неверной оценке возможной сырьевой базы промышленности в будущем. Поэтому возможность использования в будущем сырья, по качеству не удовлетворяющего современным требованиям, должна определяться хотя бы на основе сугубо ориентировочных технико-экономических расчетов. В основу расчетов должны быть положены результаты технологических исследований, которые осуществляются со следующей целью.

1. Для установления возможности переработки забалансовых запасов сырья по той же технологической схеме, по которой перерабатывается или намечается переработка сырья с кондиционным содержанием или качеством. При технологических испытаниях главное внимание уделяется изменению основных технологических параметров (качество концентрата, его выход, извлечение ценных компонентов при исследовании обогатимости, качество и ассортимент продукции, сложность передела при использовании сырья без обогащения) в зависимости от изменения исходного качества сырья.

2. При условии, что переработка забалансовых запасов сырья по схеме, принятой для балансовых запасов, не дает удовлетворительных результатов разработки новой технологической схемы. При этом, как и в первом случае, определяется изменение основных технологических параметров в зависимости от изменения исходного качества сырья.

По результатам технологических испытаний определяется сравнительная стоимость единицы готовой продукции при разном качестве сырья и разной технологии его переработки.

Сравнительная стоимость продукта переработки сырья определяется с учетом стоимости материалов, оборудования, рабочей силы и т. д. Естественно, что стоимость переработки забалансовых запасов во всех случаях будет выше стоимости переработки балансовых запасов. Для подсчета забалансовых запасов в качестве исходных следует принимать параметры, при которых обеспечиваются наименьшие затраты на получение единицы готовой продукции при достаточно высоком проценте использования сырья.

Во многих случаях специальные расчеты кондиционных показателей для забалансовых запасов не производятся; обычно их оконтуривают по бортовому содержанию, установленному для балансовых запасов. К забалансовым относят запасы в тех блоках, в которых содержание выше бортового, но ниже минимального промышленного. При наличии на месторождении

большого количества запасов с содержанием ниже бортового в балансовых запасах и доказанной возможности извлечения из них ценного компонента нижний предел его содержания в забалансовых рудах может быть снижен. В этом случае одним из возможных путей определения бортового содержания полезного компонента в забалансовом сырье может быть расчет предельного содержания в пробе, при котором обеспечивается содержание в блоке, равное бортовому в балансовых запасах.

Запасы технологически неизученного сырья не могут оцениваться ни как балансовые, ни как забалансовые, поскольку неясно их промышленное значение ни в настоящем, ни в будущем. Такие запасы либо вообще не подсчитываются, либо подсчитываются как балансовые по низким категориям, если есть основания ожидать положительных результатов технологических испытаний. Для доказательства возможности обогащения или переработки сырья, не подвергавшегося технологическим испытаниям, следует сопоставить оцениваемое сырье с аналогичным технологически изученным сырьем другого месторождения. Производится сравнение минералогического и химического состава, размера зерен минералов и характера их прорастания. Если будет установлена аналогия, то необходимо привести описание технологической схемы переработки сырья для изученного месторождения и основные технологические параметры (качество концентрата, выход и извлечение).

Забалансовые запасы таких видов нерудного минерального сырья, как естественные каменные строительные и облицовочные материалы, кирпично-черепичные глины и суглинки, строительные пески, цементное сырье и т. д., если они по качеству не удовлетворяют требованиям промышленности, в настоящее время вследствие широкого распространения твердо установленных требований промышленности к качеству, невозможности или явной нецелесообразности улучшения их качества обогащением, не подсчитываются. В тех случаях, когда эти виды сырья не удовлетворяют кондициям по горнотехническим условиям разработки, но по качеству отвечают требованиям промышленности, их запасы рассматриваются как забалансовые.

На некоторых месторождениях нерудного минерального сырья в пределах полезной толщи, подлежащей отработке, нередко присутствует сырье различного состава и качества, что и определяет различное его народнохозяйственное значение. Например, на месторождениях асбеста среди кондиционного сырья обычно в больших количествах находится коротковолокнистый асбест, который в настоящее время промышленность не использует.

Аналогичное положение отмечается и на месторождениях огнеупорных глин, где наряду с основными глинами имеется большое количество полукислых, которые не могут быть ис-

пользованы промышленностью полностью вследствие ограниченной потребности в них. Вместе с тем, несомненно, что в дальнейшем и коротковолокнистый асбест, и полукислые глины промышленность будет использовать все в большем и большем масштабе. Рост народнохозяйственного значения указанных видов сырья, казалось бы, должен привести к необходимости учета их запасов в качестве забалансовых. Однако их залегание в тесном сочетании с кондиционным сырьем заставляет производить их выемку при добыче балансовых запасов, при этом полукислые разности глин получаются в виде готового продукта, а коротковолокнистый асбест извлекается из породы при извлечении промышленного продукта. Дальнейшему технологическому переделу подвергать все эти виды сырья не требуется.

Таким образом, все затраты на получение ненужных в настоящее время продуктов производятся при добыче и переработке кондиционного сырья и относятся исключительно к нему, определяя его себестоимость. Это не позволяет относить запасы ненужного в настоящее время сырья, получаемого в виде попутного продукта при добыче и переработке балансового сырья, к забалансовым.

Однако неправильно было бы на основании вышеизложенного делать вывод о нецелесообразности определения в недрах количества и качества коротковолокнистого асбеста и других получаемых попутно, но не требуемых в настоящее время видов сырья. Подсчет их запасов необходим, так как дает возможность правильно планировать использование их в будущем, безусловно, с учетом тех потерь, которые происходят в результате разработки месторождения. Запасы коротковолокнистого асбеста, полукислых глин при отсутствии потребности в них в настоящее время следует подсчитывать как в блоках балансовых запасов, так и забалансовых, причем относить к группе забалансовых лишь в последнем случае.

Подсчет добываемых попутно и не требуемых в настоящее время видов сырья в блоках балансовых запасов целесообразно производить отдельно. Их запасы не относят к группам, а лишь указывают на то, что в контуре балансовых запасов заключено определенное количество некондиционного сырья.

Разделение запасов на балансовые и забалансовые по горно-техническим условиям разработки. Поскольку забалансовые запасы рассматриваются как объект промышленного освоения в будущем, необходимо, чтобы условия их залегания и принятая система разработки обеспечивали их сохранность при разработке балансовых запасов. Эта сохранность может достигаться или оставлением забалансовых запасов в недрах в таком виде, при котором их возможно разрабатывать в будущем, или путем выемки и последующего складирования. Естественно, что последнее отно-

сится лишь к запасам, выемка которых неизбежна при добыче балансового сырья, но технологическая переработка вследствие ее высокой удельной стоимости в настоящее время нерентабельна, она может быть экономически выгодна в будущем.

Из изложенного следует, что к забалансовым не могут относиться запасы сырья в пластах, не отвечающих требованиям кондиций по мощности, на месторождениях, которые предполагается разрабатывать открытым способом, если эти запасы залегают среди пород вскрыши, независимо от качества минерального сырья. Отработка маломощных пластов, находящихся среди пород вскрыши, потребует изменения системы вскрытия месторождения, уменьшения производительности горнодобывающего предприятия и, как следствие, увеличения себестоимости сырья.

Вопрос о возможности отнесения к забалансовым запасов минерального сырья, залегающих среди пород вскрыши, в пластах кондиционных по мощности, но некондиционных по содержанию ценного компонента, при разработке месторождения открытым способом решается в каждом отдельном случае на основе расчетов. Запасы сырья в кондиционных по мощности пластах, но некондиционных по содержанию полезного компонента могут быть извлечены на поверхность в процессе вскрытия балансовых запасов, но вследствие нерентабельности переработки их в настоящее время они могут быть складированы. Отнесение к забалансовым таких запасов целесообразно в случае сравнительно редкого распространения данного вида минерального сырья и относительно высокой стоимости получаемых из него продуктов.

В практике подсчета запасов нередко ошибочно к забалансовым относят запасы полезных ископаемых, находящиеся в охранных целиках шахт, транспортных магистралях и других капитальных сооружений. По классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых такие запасы следует относить к балансовым, если они удовлетворяют кондициям, или к забалансовым, если они не удовлетворяют кондициям, но могут быть переведены в балансовые в будущем.

Подсчет их производят отдельно и цифры запасов выделяют отдельной строкой в числе балансовых или забалансовых запасов.

\* \* \*

Подсчет забалансовых запасов следует производить с подразделением в зависимости от причин отнесения их к этой группе: экономических, технологических, гидрогеологических или горнотехнических. Особенно важно выделить те забалансовые запасы, которые находятся на грани балансовых и освоение которых возможно в ближайшие годы.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАПАСОВ ПО СТЕПЕНИ ИХ ИЗУЧЕННОСТИ

Запасы твердых полезных ископаемых в зависимости от степени их изученности можно подразделить на разведанные, предварительно оцененные и прогнозные. К разведанным запасам относятся запасы категории А, В и С<sub>1</sub>, к предварительно оцененным — категории С<sub>2</sub>. Прогнозные запасы подразделяются на категории P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>.

Разделение разведанных и предварительно оцененных запасов на категории производится по степени изученности: размеров, формы и условий залегания тел полезного ископаемого, характера и закономерностей изменчивости их морфологии и внутреннего строения, достоверности выделения и оконтуривания безрудных и некондиционных участков внутри тел полезного ископаемого, положения и амплитуд смещения тектонических нарушений, надежности выделения и определения пространственного положения типов и сортов полезного ископаемого, их тектологических свойств, гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условий, определяющих условия разработки месторождения.

ГКЗ СССР разработаны инструкции по применению Классификации запасов [24], в которых на основе обобщения опыта утверждения запасов даны рекомендации по определению категории запасов в зависимости от степени их разведанности и обычно пользование данными в инструкциях рекомендациями позволяет авторам отчетов в большинстве случаев правильно разделить их на категории, соответствующие степени их изученности. Однако оценка степени изученности запасов и на ее основе определение категории разведанных запасов является многогранной задачей, требующей глубокой проработки геологических и разведочных данных, изучения и обоснования выявленных закономерностей, контролирующих локализацию полезного ископаемого. При недостаточности надежных исходных данных, обусловленной дефектами разведки, поверхностной проработкой материала разведочных работ правильно классифицировать запасы весьма затруднительно, что и порождает расхождения в оценке степени изученности разведанных запасов между авторами отчетов и экспертами ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР.

Однако и при удачно проведенных разведочных работах многообразие признаков, определяющих категории, разнообразие типов промышленных месторождений, различные системы и неодинаковый уровень их разведки, неодинаковая степень изученности минерального сырья создают условия (даже при пользовании инструкциями) для субъективного установления категории разведанных запасов.

Поэтому представляется целесообразным дать более подробную характеристику условий отнесения запасов месторож-

дения минерального сырья к отдельным категориям. Поскольку категория запасов определяется степенью изученности каждого предусмотренного классификацией запасов параметра, характеризующего полезное ископаемое, ниже приводятся условия, при выполнении которых запасы сырья по степени изученности этого параметра могут быть отнесены к той или иной категории.

В целом же категория запасов определяется степенью изученности всех параметров, и если хотя бы один из них по степени изученности не удовлетворяет требованиям классификации, запасы не могут быть отнесены к данной категории.

Общие элементы залегания полезной толщи обычно достоверно устанавливаются при геологическом картировании, с составлением геологической карты требуемого инструкциями масштаба и геологических разрезов к ней в сочетании с материалами разведочных работ. Однако в отдельных случаях установление даже общих элементов залегания полезной толщи представляет известные трудности. В практике геолого-промышленной оценки месторождений нерудного сырья известны случаи грубых ошибок в определении элементов залегания. Во избежание подобных ошибок при разведке месторождения необходимо производить большое число замеров элементов залегания пород во всех имеющихся на площади месторождения канавах, шурфах, штольнях и других горных выработках. При разведке месторождения скважинами колонкового бурения следует замерять углы встречи пластов с направлением оси керна. В некоторых наиболее сложных случаях может потребоваться ориентированный подъем керна. Если полезная толща не дает возможности произвести замеры элементов залегания, то необходимо попытаться определить элементы залегания вмещающих пород и доказать, что породы полезной толщи и вмещающие породы залегают без углового несогласия. Возможность по материалам разведочных работ и геологических исследований различно интерпретировать элементы залегания пород полезной толщи не позволяет запасы разведанных месторождений квалифицировать даже по категории  $C_1$ . Для отнесения запасов к категории  $C_1$  требуется надежное определение общих элементов залегания полезной толщи, исключающее возможность резкого изменения в процессе вскрытия и разработки месторождения.

Если материалов разведки недостаточно для надежного представления об элементах простирания и падения полезной толщи, то запасы должны быть отнесены к категории  $C_2$ .

Для отнесения запасов к категориям А и В данных об общем простирании и падении пород недостаточно. При установлении в пределах выделенных блоков отклонений от основного направления простирания или падения тела полезного ископаемого необходимо выявить характер отклонения, его направле-

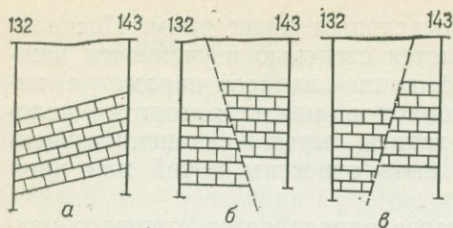


Рис. 52. Возможные варианты (а, б, в) увязки пластов, встреченных на разных гипсометрических отметках, при недостаточной геологической изученности месторождения

между этими скважинами не является единственно возможной. Не исключены и другие варианты (см. рис. 52).

При отсутствии дополнительных выработок на участке, где наблюдается отклонение условий залегания полезной толщи, запасы категории А подсчитываться не могут, так как имеющиеся материалы не позволяют правильно направить эксплуатационные работы без дополнительной разведки. Вопрос об отнесении запасов к категории В или  $C_1$  решает амплитуда смещения. Если величина смещения незначительная и не приведет к существенному изменению запасов и необходимости изменения системы разработки месторождения, запасы могут быть квалифицированы по категории В. Если же в зависимости от трактовки условий залегания запасы полезного ископаемого в данном блоке меняются, а также в случаях, когда от метода увязки пластов меняется система их разработки, то запасы должны быть отнесены к категории  $C_1$ .

При уточнении условий залегания путем проходки дополнительных выработок к категории А могут быть отнесены запасы лишь в случае подтверждения их непрерывности (см. рис. 52). Если в результате проходки дополнительных выработок будет доказано наличие разрывных нарушений, то запасы могут быть отнесены к категории В при условии установления амплитуды и направления плоскости смещения.

Общепринятой группировки тел полезных ископаемых по форме нет. Подразделение залежей минерального сырья по форме обычно основывается на соотношении размеров залежи в трех направлениях. В соответствии с этим А. Г. Бетехтин (1946 г.) выделяет изометричные залежи; залежи, вытянутые в одном направлении (столбо- и трубообразные); залежи, вытянутые в двух направлениях (пласты, жилы). Все остальные формы укладываются между этими основными. Например, линзы занимают промежуточное положение между изометричными залежами и залежами, вытянутыми в двух направлениях. Существуют еще очень сложные по форме тела полезных ископаемых, обычно называемые залежами неправильной

формы и амплитуду. Обычно для этого требуется проходка дополнительных выработок. На рис. 52 показан разрез толщи известняков, имеющих в основном горизонтальное залегание. На участке между скважинами 132 и 143 наблюдается отклонение от общего характера залегания известняков. Показанная на рисунке увязка пласта

формы. При классификации запасов по степени изученности формы залежи очень важно учитывать устойчивость морфологии, а также характер ограничения тела полезного ископаемого.

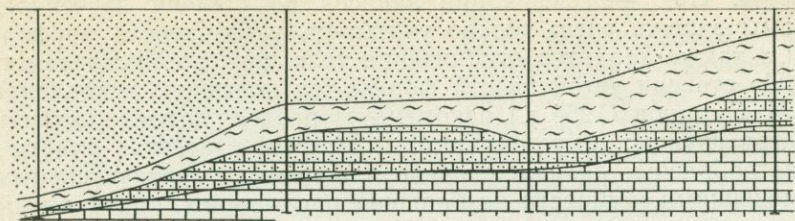
По степени устойчивости формы тел полезного ископаемого В. И. Смирнов (1954 г.) рекомендует разделять месторождения на три группы: 1) устойчивые, к которым относятся пласты и пластообразные залежи с очень плавными и незначительными изменениями мощности на больших расстояниях, определяемых сотнями и тысячами метров; 2) изменчивые — пласты, жилы, линзы и другие залежи, отличающиеся нечастым чередованием раздувов и пережимов; 3) крайне изменчивые — залежи различной формы, характеризующиеся спорадическими резкими мощными раздувами, разделенными участками с малыми мощностями; сюда относятся также тела полезных ископаемых, разбитые частыми разрывными тектоническими нарушениями.

Достоверность определения формы тела полезного ископаемого зависит от установления характера изменения его по мощности и от точности определения контура в плане.

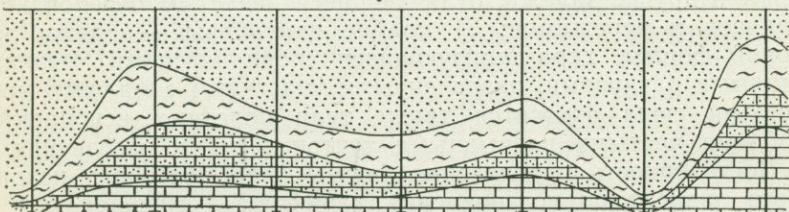
Обычно при промышленной оценке месторождений полезного ископаемого характеристика степени изменчивости залежи по мощности производится с помощью коэффициента вариации. Однако как показали П. Л. Каллистов (1956 г.), В. И. Смирнов (1957 г.), Д. А. Зенков (1957 г.) и другие исследователи, в связи с наличием локальной зависимости в изменчивости мощности коэффициент вариации, рассчитанный объемным методом, имеет завышенное значение. По мнению В. И. Смирнова (1962 г.), «из-за плавных и закономерных переходов мощности залежей коэффициент вариации по мощности, как правило, не отражает действительную степень изменчивости.»

Других каких-либо методов определения степени изменчивости, позволяющей дать ей цифровое выражение, в настоящее время не существует. Между тем этот показатель чрезвычайно важен для промышленной оценки месторождений и является одним из главнейших критериев при определении достаточности принятой плотности разведочной сети. В свою очередь плотность разведочной сети непосредственно сказывается на наших представлениях о степени изменчивости тела полезного ископаемого. На рис. 53 показана схема изменения представления о степени изменчивости мощности огнеупорных глин на Полдневской залежи Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин. Приведенная схема показывает, что по мере сгущения разведочной сети установленная степень изменчивости мощности залежи огнеупорных глин резко возрастает и лишь при определенной густоте разведочной сети (в данном случае 25 м) дальнейшее ее сгущение не приводит к существенному изменению представления о форме залежи (см. рис. 53). Это обстоятельство позволяет думать о возможности выражения степени изменчивости залежи по мощности длиной

а



б



в

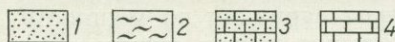
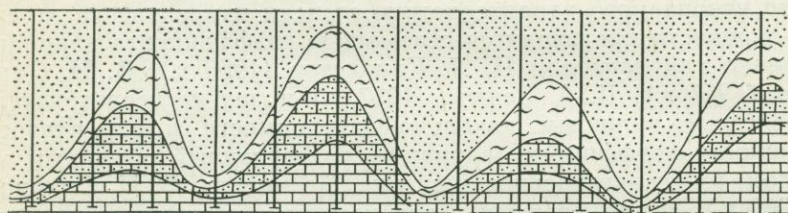


Рис. 53. Схема изменения представления о форме залежи в зависимости от густоты разведочной сети. Полдневская залежь Троицко-Байновского месторождения огнеупорных глин.

Сети: а —  $100 \times 100$ ; б —  $50 \times 50$ ; в —  $25 \times 25$ .

1 — пески; 2 — огнеупорные глины; 3 — Беликовая толща; 4 — известняки

в интервал, на котором если и происходит изменение мощности, то преимущественно в одном направлении (возрастает или убывает). Определение интервала одностороннего изменения мощности следует производить раздельно по простиранию и падению, не менее чем по четырем выработкам, расположенным на одной линии. За интервал изменчивости следует принимать тот, в пределах которого происходит однонаправленное изменение мощности, а в пределах смежных с ним интервалов мощности изменяются в другом направлении (рис. 54).

Придерживаясь рекомендаций В. И. Смирнова и опираясь на группировку месторождений, приведенную в классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых и в инструкциях по ее применению, к устойчивым по

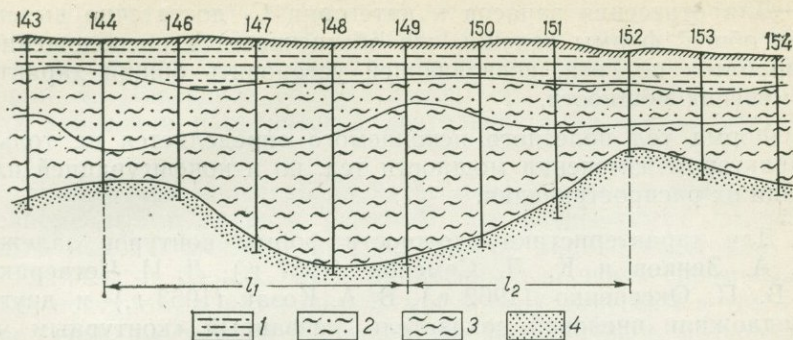


Рис. 54. Схема определения интервала изменчивости формы тела полезного ископаемого. Нижне-Увельское месторождение огнеупорных глин:

1 — супесь и суглинок; 2 — глина бурая; 3 — огнеупорная глина; 4 — подстилающие пески

мощности следует относить залежи, установление интервала изменчивости мощности которых обеспечивается сетью выработок, предусмотренной инструкциями ГКЗ для запасов категории А на месторождениях первой группы. К изменчивым могут быть отнесены залежи, установление интервала изменчивости мощности которых достигается проходкой выработок по сети в два раза более густой, чем рекомендуется инструкциями ГКЗ для категории А на месторождениях первой группы, и к крайне изменчивым следует относить залежи, интервал изменчивости мощности которых может быть определен лишь при проходке выработок по сети более густой, чем указано выше.

Естественно, что в пределах месторождений или залежи интервал изменчивости мощности в разных частях может меняться. Участки, на которых интервал изменчивости резко различается, следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки. Для общей характеристики степени изменчивости мощности нужно вычислять средний интервал изменчивости.

При распределении запасов по категориям необходимо учитывать степень изученности изменчивости мощности залежи. К категории А могут быть отнесены запасы в том случае, если по мощности они оконтурены точно. Это достигается расположением выработок по сети, позволяющей установить все интервалы изменчивости в подсчетном блоке и провести точные границы залежи в пределах каждого интервала.

К категории В могут быть отнесены запасы при условии, что оконтуривание их по мощности исключает возможность в дальнейшем существенного изменения контура. Достигается это расположением выработок по сети, обеспечивающей установление среднего интервала изменчивости мощности без точного проведения границ полезного ископаемого в пределах каждого интервала изменчивости мощности.

Для отнесения запасов к категории  $C_1$  достаточно выяснения общей формы залежи, что обеспечивается расположением выработок по сети, позволяющей установить общий характер изменения мощности.

Форма тел полезного ископаемого определяется не только характером изменения мощности тел, но и конфигурацией площади их распространения.

Для характеристики сложности формы контуров залежей Д. А. Зенков и К. Л. Семенов (1957 г.), Л. И. Четвериков и В. П. Оксененко (1962 г.), В. А. Козак (1963 г.) и другие предложили числовой показатель, названный «контурным модулем», беря в основу различные правильные геометрические фигуры (окружность, эллипс и др.). Вследствие субъективности определения «контурного модуля» практически при подсчете запасов нерудных ископаемых он не используется. Тем не менее при определении категории запасов, особенно в приконтурных блоках, необходимо учитывать сложность формы залежи, для чего можно использовать один из описанных в литературе методов, правильно выбрав его вариант.

При подсчете запасов к категориям А и В обычно относят запасы, расположенные далеко от контура залежи, что обеспечивает надежность определения по данным разведочных выработок границ подсчетных блоков этих категорий. Участки, приуроченные к линии выклинивания залежи, где контур имеет наиболее сложную форму, обычно разведывают слабо и относятся к категории  $C_1$  или  $C_2$ . Такое положение с точки зрения промышленного освоения месторождения не может быть признано правильным. Для правильной организации вскрытия и разработки месторождения во многих случаях требуется достаточно точное положение внешнего контура залежи и доведение запасов в периферических ее участках до высоких промышленных категорий. Между тем сеть разведочных выработок, достаточная для отнесения запасов к категориям А и В в центральных частях залежи, обычно не может обеспечить квалификацию запасов в краевых частях залежи по этим категориям. Естественно, что вследствие невозможности попадания разведочных выработок в точки пласта, характеризующиеся предельными кондиционными показателями (мощности, качества, коэффициента вскрыши), исключается возможность проведения внешнего промышленного контура залежи по разведочным выработкам. Положение этого контура всегда определяется интерполяцией или экстраполяцией, что исключает возможность отнесения запасов в краевых блоках к категории А.

К категории В запасы в краевых блоках могут относиться лишь в том случае, если их внешний промышленный контур определен путем интерполяции. Запасы в блоках, не ограниченных внешним промышленным контуром залежи, могут быть отнесены к категории А, если они оконтурены разведочными

выработками и все имеющиеся геологические и разведочные данные свидетельствуют о невозможности изменения формы тела полезного ископаемого в пределах контура запасов категории А. Последнее обстоятельство при определении категории запасов в практической деятельности не всегда учитывается.

Иногда при определении категории запасов не учитываются современный и древние размывы, не вскрываемые выработками, находящимися в контуре запасов данной категории.

Запасы в блоках, не ограниченных внешним промышленным контуром, к категории В могут быть отнесены в том случае, если их контур проведен по разведочным выработкам и все имеющиеся геологические и разведочные данные исключают возможность существенного изменения площади распространения полезного ископаемого при других вариантах проведения контура; локальные изменения, принципиально не меняющие представления о размере и форме площади полезного ископаемого, допустимы. Запасы категории В могут быть подсчитаны также в зоне интерполяции между выработками, вскрывшими полезное ископаемое с кондиционными показателями, и выработками, вскрывшими полезное ископаемое с некондиционными показателями. Кроме того, запасы категории В на месторождениях с выдержанной мощностью и качеством полезной толщи могут быть подсчитаны в зоне неограниченной экстраполяции при условии, что все имеющиеся геологические данные исключают возможность выклинивания или размыва полезной толщи в пределах площади экстраполяции.

Запасы категории В можно подсчитывать в зоне ограниченной экстраполяции при условии закономерного изменения мощности, качества или коэффициента вскрыши. При неравномерном изменении указанных показателей запасы в зоне ограниченной экстраполяции к категории В относить не следует, так как проведение промышленного контура между выработкой, вскрывшей полезное ископаемое, и выработкой, не встретившей полезного ископаемого, весьма условно и может привести к крупным ошибкам.

Для отнесения запасов к категории  $C_1$  достаточно установить общую площадь распространения полезного ископаемого без проведения точных границ. Запасы категорий  $C_1$  могут подсчитываться как в контуре разведочных выработок, так и в зоне интерполяции и экстраполяции по геологическим и геофизическим данным. Величина экстраполяции зависит от типа месторождения и обычно при экстраполяции от запасов категорий А и В принимается равной расстоянию, принятому на данном месторождении для разведки запасов по категории  $C_1$ . При разведке наклонно залегающих тел экстраполяция допускается лишь по падению. Возможность фациальных изменений полезного ископаемого по простиранию, наличия глубо-

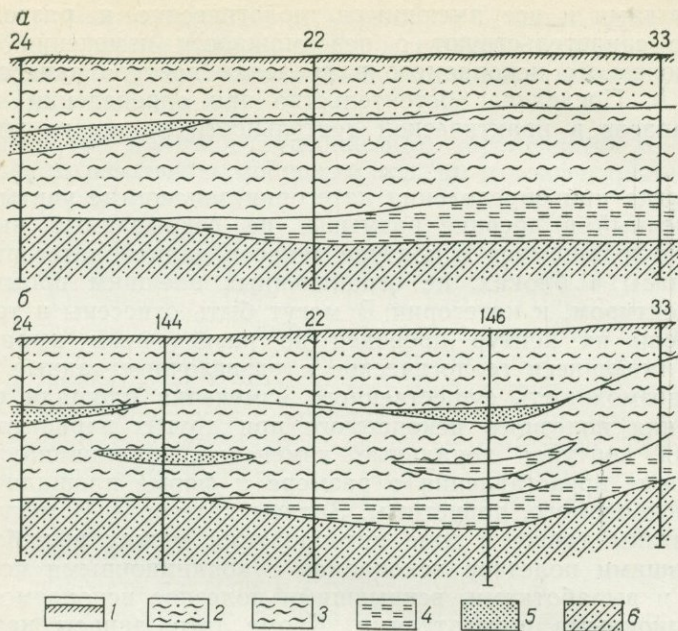


Рис. 55. Изменение представления о строении залежи тугоплавких глин при сгущении разведочной сети:

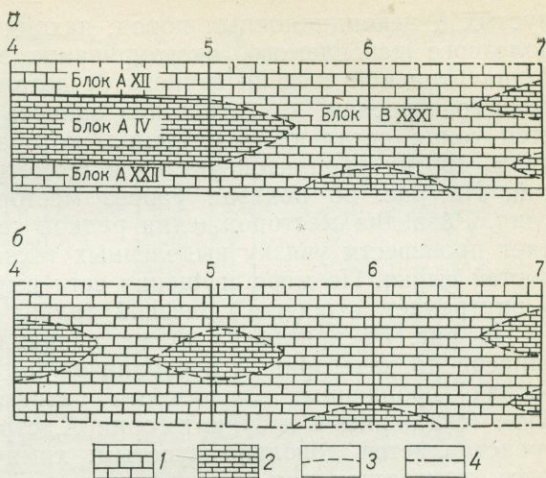
1 — почвенный слой; 2 — суглинки; 3 — тугоплавкие глины; 4 — легкоплавкие глины; 5 — пески; 6 — песчаники

кого поверхностного карста и размывов в верхней приповерхностной части месторождения, склонения, изменения состава и качества сырья в результате процессов окисления и выветривания и других непредвиденных факторов исключает подсчет запасов в зоне экстраполяции по простиранию. Запасы в зоне экстраполяции по восстанию могут подсчитываться лишь в том случае, если их верхний контур расположен ниже границы, установленной разведочными работами зоны поверхностного карста, размывов, развития процессов окисления и выветривания.

Весьма важное значение при установлении категории запасов имеет степень изученности внутреннего строения залежи полезного ископаемого. Изучение внутреннего строения тела полезного ископаемого предусматривает выяснение наличия и пространственного положения литологически разнородных слоев или петрографических разновидностей пород, имеющих самостоятельное технологическое значение, размеров и пространственного положения участков некондиционных и пустых пород, а также зон измененных, выветрелых и затронутых выветриванием пород.

Рис. 56. Схема возможной увязки (а, б) слоев между двумя выработками:

1 — известняки, пригодные для производства карбида кальция и в качестве флюсов; 2 — известняки, пригодные для производства цемента и в качестве строительного камня; 3 — контур запасов категории А; 4 — контур запасов категории В



К категории А могут быть отнесены запасы, при условии, что полезная толща представлена однородными по литологическому или петрографическому составу породами, а также в случаях сложного строения, если полезная толща расчленена на отдельные литологические или петрографические разновидности, увязывающиеся между разведочными выработками. При этом должны быть установлены размеры и пространственное положение имеющих в полезной толще участков некондиционных и пустых пород, определен их объем, выделены в геометризованном контуре зоны измененных, выветренных и затронутых выветриванием пород. Учитывая, что увязка отдельных разновидностей пород полезной толщи, геометризации

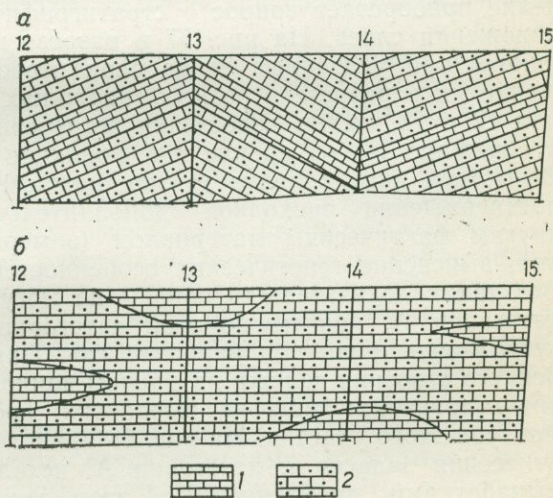


Рис. 57. Влияние возможного варианта (а, б) увязки слоев на категорию запасов:

1 — известняки, пригодные для производства карбида кальция и в качестве флюсов; 2 — известняки, пригодные для производства цемента и в качестве строительного камня

пустых и некондиционных пород, находящихся внутри контура полезного ископаемого, оконтуривание зон измененных пород в значительной степени зависят от детальности изучения внутреннего строения, для отнесения запасов к категории А требуется такая детальность изучения, которая исключает возможность других вариантов увязки и геометризации, кроме принятой. На рис. 55 показан разрез месторождения тугоплавких глин. Разведка месторождения редкой сетью выработок позволяет произвести увязку выделенных технологических разновидностей сырья. По мере сгущения сети выработок представление о внутреннем строении полезной толщи резко меняется.

На рис. 56 приведена схема неправильной классификации запасов по категории А в ограниченном блоке. В обеих выработках, пройденных в плоскости разреза и ограничивающих блок (скважины 4 и 5) категории А, строение полезной толщи представляется довольно простым: химически чистые известняки, пригодные для использования в производстве карбида кальция и в качестве флюса, залегают в центральной части полезной толщи, а стратиграфически выше и ниже их имеются два слоя известняков, пригодных лишь для изготовления цемента и применения в качестве строительного камня. Однако скважины 6 и 7, пройденные на том же расстоянии, что и скважины 4 и 5, не подтверждают пластовый характер выделенных слоев, на основании чего запасы известняков этой части месторождения правильно отнесены к категории В. Однако отсутствие выработки между скважинами 4 и 5 не исключает другой вариант построения разреза, что и приводит к необходимости перевода всех запасов в категорию В.

При наличии в трех и более выработках всех выделенных слоев для определения категории запасов особо важное значение приобретает вопрос о стратиграфическом и структурном положении слоев. На рис. 57 в разрезе полезной толщи выделяются три указанных выше слоя известняков, однако положение их в разрезе в разных скважинах различно. В скважинах 12 и 15 чистые известняки встречены в середине разреза, в скважине 13 — в кровле и в скважине 14 — в почве пласта. Возможны два варианта увязки, каждый из которых требует подтверждения проходкой дополнительных выработок или другим фактическим материалом (замеры элементов залегания, выяснение генетических особенностей образования и т. д.). Без таких доказательств запасы не могут быть утверждены по категории А, причем по этой категории запасы могут быть утверждены лишь при варианте «а». При определении внутреннего строения залежи на данном конкретном участке нельзя ориентироваться лишь на выработки, пройденные в пределах контура этого участка. На рис. 58 приведен пример ошибочного отнесения запасов к категории А, исходя из того что всеми выработками, пройденными в этом контуре, вскрыты глины

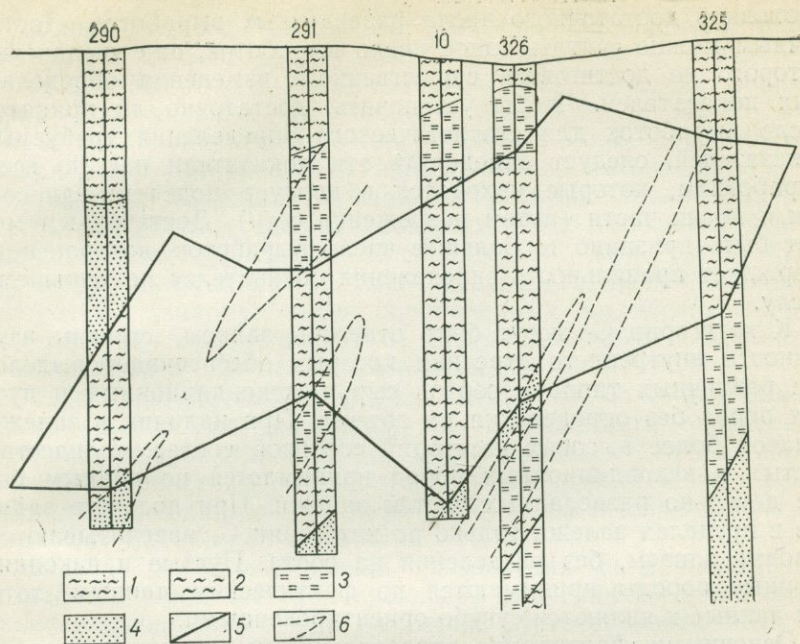


Рис. 58. Пример ошибочного выделения блока по однородности сортового состава глин и неправильного отнесения запасов к категории А. Липовецкое месторождение огнеупорных глин (по А. Ф. Кухареву):

1 — тугоплавкие глины; 2 — огнеупорные глины первого сорта; 3 — огнеупорные глины второго сорта; 4 — пески; 5 — контур запасов категории А; 6 — контур распространения глин второго сорта

одного сорта. При правильном учете углов падения слоев не трудно видеть, что в контуре подсчета запасов находятся глины разных сортов.

Для отнесения запасов к категории В внутреннее строение залежей должно быть изучено с детальностью, исключаяющей возможность существенных изменений в результате различного построения по имеющемуся фактическому материалу разрезов. Это означает необходимость получения в результате разведки таких материалов, которые хотя и не позволяют определить пространственное положение каждого выделенного типа или сорта сырья, оконтурить безрудные и некондиционные породы, зоны изменения и выветривания, но обеспечивают достаточно надежное установление их общих объемов. Практически к категории В могут быть отнесены запасы, если внутреннее строение залежи или ее части изучено с такой степенью детальности, которая обеспечивает надежное статистическое определение запасов каждого выделенного сорта или промышленного типа и объемов некондиционных и пустых пород, заключенных внутри промышленного контура. Это достигается

проходкой достаточного числа разведочных выработок. Достаточным можно считать такое число выработок, при увеличении которого не достигается существенного изменения определяемых показателей. Чтобы установить, достаточно ли принятое число выработок для статистического определения требуемых показателей, следует определять эти показатели как по всем выработкам, которые находятся в контуре подсчета запасов, так и по их части (путем разрежения сети). Достаточным может быть признано то большее число выработок, которое подтверждает правильность определения показателей по меньшему числу.

К категории  $C_1$  могут быть отнесены запасы, степень изученности внутреннего строения которых обеспечивает выделение различных типов и сортов сырья, некондиционных и пустых пород без определения их объема. При наличии в залежи запасов более высоких категорий сортовой состав, количество пустых и некондиционных пород принимается по данным более детально разведанных частей залежи. При подсчете запасов в пределах залежи только по категории  $C_1$  подсчитываются валовые запасы, без разделения на сорта. Пустые и некондиционные породы принимаются по фактическим данным, хотя эти данные и являются сугубо ориентировочными.

Основными факторами, определяющими степень достоверности качества полезного ископаемого и закономерностей его изменения, являются степень устойчивости качественной характеристики тел полезного ископаемого и детальность его опробования.

Характер распределения компонента в теле полезного ископаемого, как отмечает В. И. Смирнов (1962 г.), можно оценивать по двум основным показателям: степени прерывистости кондиционных частей тела полезного ископаемого и размаху колебаний содержания в них компонентов.

Прерывистость распространения полезного ископаемого в пределах промышленного контура имеет большое значение при определении категории запасов, так как серьезно влияет на разработку месторождения. Наличие в теле полезного ископаемого больших перерывов позволяет в процессе эксплуатации не отрабатывать крупные участки некондиционных пород и облегчает их геометризацию при оконтуривании подсчетных блоков. Мелкие некондиционные участки нельзя оставлять в недрах и практически невозможно оконтурить каждый участок в процессе разведки и промышленной оценки месторождения.

Сказанное предопределяет подход к оценке категории разведанности запасов по степени изученности характера прерывистости полезного ископаемого. По существу этот вопрос сводится к выделению и оконтуриванию безрудных или некондиционных участков.

Однако и качество самого полезного ископаемого, подлежащего в процессе эксплуатации выемке из недр, переработке и использованию, в разных точках месторождения неодинаково. Как правило, на любом месторождении любого вида сырья устанавливаются те или иные колебания лимитируемых условиями компонентов в теле полезного ископаемого, и характер этих колебаний в основном и обуславливает достоверность определения среднего содержания по имеющемуся числу опробованных выработок. Следовательно, при установлении категории запасов важно уметь определять, насколько вычисленное по данному числу опробованных выработок среднее содержание приближается к действительному содержанию компонентов в теле полезного ископаемого.

При разведке месторождений нерудных полезных ископаемых обычно для доказательства правильности определения среднего содержания того или иного компонента в теле полезного ископаемого применяют способ последовательного разрежения сети разведочных выработок и значительно реже методы математической статистики.

Метод последовательного разрежения сети разведочных выработок заключается в сравнении значения среднего содержания, вычисленного при различной густоте разведочных выработок, пройденных на относительно ограниченном участке месторождения. Среднее содержание считается определенным достаточно достоверно, если значение его существенно не изменяется при увеличении количества выработок, участвующих в вычислении. Применение метода последовательного разрежения для доказательства достоверности определения среднего содержания по данному числу выработок возражений не вызывает. Основным недостатком его является необходимость затрат на дополнительную проходку часто ненужных выработок. Кроме того, экспериментальное сгущение разведочной сети производится на небольшой площади месторождения, между тем строение и состав тела полезного ископаемого в отдельных участках месторождения могут характеризоваться различной степенью изменчивости. Распространение данных, полученных по небольшому участку, на всю площадь месторождения в случае выбора для экспериментального сгущения сети непредставительного участка может привести к ошибкам.

На практике метод последовательного разрежения обычно применяют не только для доказательства среднего содержания, вычисленного по данному числу выработок, но и для обоснования принятой плотности разведочной сети, а это неправильно.

Неправильность применения для обоснования плотности разведочной сети метода последовательного разрежения наглядно иллюстрируется следующим примером. На одном месторождении фосфоритов для обоснования плотности разведоч-

ной сети на небольшом его участке было произведено гущение разведочной сети до  $25 \times 25$  м. Всего было пройдено 25 скважин.

Вычисленное по этим данным среднее содержание  $P_2O_5$  составило 6,45 %.

При разрежении сети до  $50 \times 50$  м среднее содержание определялось по данным девяти скважин и составило 6,29 %.

При вычислении среднего содержания по сети  $100 \times 100$  м участвуют четыре скважины. Оно равно 5,97 %.

На основании того, что среднее содержание, вычисленное по выработкам, расположенным по сети  $50 \times 50$  м, отклоняется от его значения, определенного по выработкам, пройденным по сети  $25 \times 25$  м, всего лишь на 2,5 % отн., в то время как отклонение содержания, установленного по выработкам сети  $100 \times 100$  м, составляет 7,6 %, делается вывод, что оптимальной является сеть выработок  $50 \times 50$  м.

Однако если бы опытное разрежение производилось на этом месторождении в квадрате большей площади, разбуренной по сети  $50 \times 50$  м, среднее содержание по 25 скважинам было бы 5,76 %, при сети  $100 \times 100$  м по 9 скважинам — 5,60 %, а при сети  $200 \times 200$  м по 4 скважинам — 5,01 %.

Анализируя эти данные, можно было бы сделать вывод, что оптимальной сетью для разведки месторождения является  $100 \times 100$  м, так как среднее содержание, полученное по выработкам, расположенным по этой сети, отличается от среднего содержания, полученного по наиболее густой сети ( $50 \times 50$  м), всего лишь на 2,8 % отн. Сеть выработок  $200 \times 200$  м недостаточна, так как среднее содержание при этой сети отличается на 14,8 % от среднего содержания, полученного по выработкам, расположенным по сети  $25 \times 25$  м.

Можно было бы продолжать проверку этого метода, разрежая и дальше начальную сеть, но оставляя постоянным число выработок, по которым производится вычисление среднего содержания.

Эта проверка показала, что на достоверность определения содержания оказывает влияние не расстояние между выработками, а число выработок, по которому оно определяется, т. е. опытным путем решается равенство

$$\frac{\sum C_n}{n} \approx \frac{\sum C_{n+k}}{n+k},$$

где  $\sum C_n$  — сумма показателей содержания по  $n$  выработкам;  $\sum C_{n+k}$  — сумма показателей по  $n+k$  выработкам.

Возможность использования для доказательства надежности определения среднего содержания компонента методов математической статистики признается не всеми геологами-разведчиками.

В качестве основного возражения обычно приводится аргумент, что в геологических телах случайные колебания накладываются на закономерные и тем самым становятся статистически неподконтрольными. Другой группой геологов формулы математической статистики, опирающиеся на коэффициент вариации или дисперсию, расцениваются как ключ для решения задачи обоснования плотности разведочной сети.

Проведенное по ряду разнообразных месторождений вычисление коэффициентов вариации содержания компонентов показало, что в телах полезных ископаемых с равномерным распределением этих компонентов коэффициент вариации низкий, а по мере перехода к телам со сложным и неравномерным распределением компонентов он заметно повышается. В. И. Смирнов (1962 г.), обращая внимание на это обстоятельство отмечает, что «по-видимому, то или иное закономерное изменение содержания компонентов в минеральном сырье, хотя и отражается на величине коэффициента вариации, но не настолько искажает ее, чтобы она противоречила средней степени изменчивости тел полезных ископаемых определенного типа». Данные подтверждающие это мнение, приведены также в работе В. Д. Семенюка (1959 г.).

Таким образом, накопленный за многие годы материал показывает, что для суждения о степени изменчивости качества минерального сырья может применяться коэффициент вариации.

Коэффициент вариации  $V$  вычисляется по формуле

$$V = \frac{\Delta}{C} 100,$$

где  $\Delta$  — средний квадрат отклонения;  $C$  — среднее значение параметра (в данном случае среднее содержание).

Правильное вычисление коэффициента вариации по этой формуле обеспечивается лишь в том случае, если содержание (или какой-либо другой параметр) подчиняется случайным колебаниям.

Для определения коэффициента вариации, когда случайные отклонения накладываются на закономерные, применяются специальные приемы.

Основанием для использования формул математической статистики служит давно известное положение о том, что точность определения суммарных запасов месторождения или его части зависит не от расстояния между разведочными пересечениями, а от количества таких пересечений. Несмотря на это совершенно справедливое обстоятельство, использование формул математической статистики для решения вопроса о точности определения среднего содержания по данному числу пересечений вызывает серьезные возражения, вытекающие из недостатков аналитического метода.

Основные недостатки сводятся к следующему.

1. Асимметричность кривой распределения качественных показателей большинства месторождений полезных ископаемых исключает возможность использования формул математической статистики, выведенных для кривой нормального распределения. Трансформирование этих кривых в логарифмические или гармонические формы приводит к необходимости пользоваться специальными сложными формулами, надежность которых также мало доказана.

2. Наличие локальной зависимости в распределении частных параметров тел полезных ископаемых, которые приводят к искажению вычисленной погрешности по сравнению с действительной.

Неправильность определения величины погрешности с помощью формулы  $P = \frac{V}{\sqrt{n}}$  можно показать на следующем примере. Для одного блока Кингисеппского месторождения фосфоритов коэффициент вариации содержания  $P_2O_5$  по данным 26 выработок равен 20,1. Среднее содержание фосфорного ангидрида в рудах этого блока равно 9,87 % при колебаниях в отдельных пересечениях от 3,8 до 12,9 %. Используя формулу  $P = \frac{V}{\sqrt{n}}$ , можно рассчитать, при каком количестве выработок обеспечивается точность определения среднего содержания в пределах  $\pm 20$  %. Преобразовав соответствующим образом формулу и подставив в нее требуемые значения, получим

$$n = \frac{V^2}{P^2} = \frac{(20,1)^2}{(20)^2} \approx 1.$$

Естественно, что по одной выработке определить среднее содержание  $P_2O_5$  в рудах Кингисеппского месторождения невозможно, так как каждая пройденная в пределах этого блока выработка вскрывает руды с содержанием  $P_2O_5$ , изменяющимся в довольно большом диапазоне, и, кстати, ни одна выработка не вскрывает руды с содержанием, равным среднему по блоку.

Таким образом, приведенный пример указывает на возможность грубых ошибок. Еще меньше оснований для применения аналитического метода с целью обоснования плотности разведочной сети, так как она определяется в основном с учетом характера изменения содержания компонентов по мощности, простиранию и падению; формы и строения тела полезного ископаемого, сортов минерального сырья и т. д.

Обычно рекомендуемые в инструкциях ГКЗ расстояния между разведочными выработками для разных по сложности строения групп месторождений, основанные на большом практическом опыте, обеспечивают надежность вычисления по их

количеству среднего содержания не только для месторождения в целом, но и для запасов отдельных категорий. Однако в некоторых случаях запасы, подсчитанные на небольшой площади и относимые к той или иной категории, опираются на недостаточное число пересечений, вследствие чего не обеспечивается надежное определение их среднего качества. При разведке нерудного сырья на небольших месторождениях нередко запасы категории А подсчитываются в блоке, опирающемся на 3—4—5 пересечений, при сравнительно небольших расстояниях между ними. Главной причиной подсчета запасов категории А на небольших площадях является стремление выдержать установленное классификацией соотношение запасов разных категорий; при этом забывают, что точность вычисления среднего содержания зависит в первую очередь от количества пересечений, а не от густоты разведочной сети.

К сожалению, отсутствие апробированного метода установления погрешности определения среднего содержания по принятому числу опробованных пересечений тела полезного ископаемого не позволяет разработать научно обоснованные рекомендации по числу выработок, требуемых для вычисления среднего содержания в зависимости от характера изменения содержания в пределах месторождения. Такие рекомендации могут быть даны лишь на основе практического опыта.

Исходя из накопленного опыта выше были даны рекомендации по минимальному числу пересечений, на которые опирается подсчетный блок высшей для данной по сложности строения группы месторождения: для месторождений с выдержанным качеством сырья 9, с невыдержанным качеством 16 и исключительно невыдержанным качеством 25. Эти же цифры могут служить для ориентировки и при определении категории запасов.

На месторождениях с устойчивым качеством сырья к категории А могут быть отнесены запасы при условии, что число выработок, на которые они опираются, пройденных по соответствующим для данного вида сырья и категорий запасов расстояниям, не менее 9. При наличии на месторождении этой группы запасов категории А запасы категории В могут подсчитываться в зоне геологически обоснованной экстраполяции или на прилегающих к запасам категории А участках, разведанных по сети, соответствующей для данного вида сырья категории В, независимо от числа выработок, на которые опираются запасы этой категории. При отсутствии на месторождениях первой группы запасов категории А, или при наличии их в блоках, не прилегающих к запасам категории А, относить запасы к категории В следует лишь в том случае, если число опробованных пересечений тела полезного ископаемого, на которые опирается блок категории В, не менее 9.

К категории  $C_1$  на месторождениях первой группы при на-

личии запасов категории А и В могут относиться запасы, подсчитанные в зоне геологически обоснованной экстраполяции, а также запасы на площадях, прилегающих к запасам категории А или В, разведанных единичными выработками, независимо от их числа, при условии что расстояния между выработками, пройденными в контуре подсчета запасов категории  $C_1$ , не превышают двойного расстояния, установленного для категории В. При отсутствии на месторождении первой группы запасов категории А или В к категории  $C_1$  могут быть отнесены запасы лишь в том случае, если они опираются не менее чем на 9 опробованных на полную мощность пересечений, так как по меньшему числу пересечений невозможно определить степень устойчивости качества сырья.

На месторождениях с невыдержанным качеством сырья запасы категории А в процессе разведки, как правило, не выявляются. К категории В могут быть отнесены запасы, если число опробованных выработок, на которые они опираются, пройденных по соответствующей категории сети, не менее 16. К категории  $C_1$  на месторождениях второй группы могут быть отнесены запасы, подсчитанные на участках, прилегающих к запасам категории В, при условии, что контур их опирается на разведочные выработки, пройденные на расстояниях, соответствующих принятому для категории  $C_1$ , независимо от числа выработок в контуре подсчета запасов по категории  $C_1$ . При отсутствии на месторождении разведанных по категории В запасов или при их наличии в блоках, не прилегающих к запасам категории В, запасы к категории  $C_1$  могут быть отнесены лишь в том случае, если число опробованных пересечений, на которые они опираются, не менее 16, а расстояния между ними соответствуют принятым для категории  $C_1$ .

На месторождениях с исключительно невыдержанным качеством сырья запасы категорий А и В обычно не выявляются.

К категории  $C_1$  могут быть отнесены запасы, если они подсчитаны в контуре разведочных выработок, пройденных по соответствующей сети и общее число их не менее 25, так как при меньшем числе выработок нельзя достаточно надежно установить группу месторождения и определить среднее качество сырья.

Приведенные рекомендации по числу необходимых пересечений для достаточно надежного определения среднего качества сырья в зависимости от характера его изменения, естественно, носят лишь сугубо ориентировочный характер. В геологической литературе можно найти и другие рекомендации.

При установлении числа пересечений, необходимых для достоверного определения среднего качества минерального сырья, следует учитывать способ отбора проб, так как в зависимости от этого изменяется степень изменчивости показателей, харак-

теризующих качество полезного ископаемого. Пробы большого объема обычно показывают меньшую степень изменчивости, чем пробы малого объема. Поэтому при опробовании месторождения валовыми пробами число необходимых пересечений может быть уменьшено. Это положение особенно важно для месторождений слюды, представленных мелкими жилами, где достижение указанного выше количества пересечений на каждой жиле может существенно удорожить разведочные работы и при этом не привести к значительному повышению достоверности определения содержания слюды в жильном теле. Получаемое уже в процессе отбора валовых проб усреднение содержания в пункте их отбора позволяет рекомендовать сокращение числа пересечений на месторождениях слюды, опробуемых крупными валовыми пробами, до 12—16 в зависимости от характера распределения слюды, ее крупности и объема проб.

В отличие от других показателей, характеризующих степень разведанности и изученности полезного ископаемого, степень технологической изученности при установлении подготовленности месторождения для промышленного освоения определяется не столько категорией запасов, сколько группой месторождения по сложности его строения. Чтобы месторождения второй группы, на которых запасы категории А в процессе разведки не выявляются, а также месторождения третьей группы, на которых в процессе разведки не выявляются не только запасы категории А, но и запасы категории В, были признаны подготовленными для промышленного освоения, технологические свойства сырья должны быть изучены в степени, соответствующей требованиям, предъявляемым к категории А на месторождениях первой группы.

При наличии на месторождении запасов разных по степени разведанности категорий (А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>) степень их технологической изученности обычно одинакова, что обусловлено сравнительной выдержанностью технологических свойств сырья по площади его распространения. Если же на каком-либо участке месторождения технологические свойства полезного ископаемого отличны, то они должны быть выделены в самостоятельный технологический тип или сорт. Таким образом, по степени технологической изученности на каждом конкретном месторождении или участке может быть выделена только одна категория запасов, соответствующая общей степени изученности технологических свойств полезного ископаемого. Для месторождений, передаваемых или подготовляемых для передачи в промышленное освоение, независимо от того, к какой категории относятся запасы по степени разведанности, технологические свойства должны быть изучены в степени, соответствующей требованиям, предъявляемым к категории А.

Технологические свойства различных видов нерудного минерального сырья чрезвычайно разнообразны и часто зависят

от области намечаемого его использования. Поэтому привести конкретные требования, при которых запасы полезного ископаемого могли бы по степени изученности его технологических свойств быть отнесены к категории А, не представляется возможным. Эти требования изложены в инструкциях ГКЗ СССР по применению классификации запасов к отдельным видам нерудного минерального сырья и других методических руководствах. В общем случае технологические свойства полезного ископаемого могут быть признаны изученными в степени, соответствующей категории А, если: 1) из всех выделенных на месторождении или его участке природных типов и сортов полезного ископаемого отобраны представительные пробы и подвергнуты полупромышленным или промышленным испытаниям; возможность ограничения технологических исследований лабораторными опытами или оценка технологических свойств сырья расчетным путем устанавливается в каждом конкретном случае проектирующей организацией; 2) в результате технологических испытаний установлена конкретная область возможного использования сырья каждого типа или сорта и дана техническая характеристика получаемых при обогащении или переработке продуктов, например, марка кирпича, щебня, строительного камня по прочности и морозостойкости, номенклатура и сорт получаемых огнеупорных керамических изделий, качество получаемого при обогащении концентрата, с указанием полезных и вредных компонентов и других технических свойств (белизны для талька и барита, диэлектрических свойств мусковита и флогопита, коэффициента вслучиваемости и объемной массы для вермикулита, перлита и т. д.); 3) разработана наиболее рациональная схема обогащения или переработки полезного ископаемого каждого сорта и типа либо доказана возможность и установлена схема совместного их использования; в результате технологических исследований установлены все параметры, требуемые для проектирования обогатительной фабрики или перерабатывающего предприятия: способ обогащения, выход концентрата и извлечение из него полезных компонентов, расход реагентов, состав шихты и расход сырья, затраты энергии и топлива при непосредственной переработке сырья и т. д.

К категории В по степени технологической изученности могут быть отнесены запасы, если:

1) из всех выделенных на месторождении или его участке природных типов и сортов полезного ископаемого отобраны представительные пробы и подвергнуты технологическим испытаниям хотя бы в лабораторном масштабе; возможна оценка технологических свойств стандартного сырья расчетным путем; 2) в результате технологических испытаний или расчетов установлена область возможного использования сырья каждого типа или сорта и дана примерная техническая характеристика получаемых при обогащении или переработке продуктов (на-

пример, возможная марка кирпича, номенклатура огнеупорных или керамических изделий, качество получаемых концентратов и т. д.); 3) установлена принципиальная возможность обогащения или переработки сырья по одной или нескольким схемам. Основные технологические параметры (выход концентрата, извлечение в него полезного компонента, состав шихты и т. д.) установлены ориентировочно.

К категории  $C_1$  по степени изученности технологических свойств могут быть отнесены запасы, если в результате небольшого объема лабораторных работ или по аналогии с другими месторождениями подобного сырья доказана возможность его использования для данного конкретного назначения и определена принципиальная возможность обогащения или переработки.

Для большой группы нерудных полезных ископаемых заключение о принципиальной возможности использования сырья может быть дано на основе анализа его вещественного состава.

На месторождениях, признанных подготовленными для промышленного освоения, степень изученности гидрогеологических и горнотехнических условий должна соответствовать категории А. Однако гидрогеологические и горнотехнические условия в разных частях месторождения могут существенно отличаться и поэтому быть изучены с различной степенью детальности, что обуславливает возможность отнесения запасов полезного ископаемого по степени изученности гидрогеологических и горнотехнических условий в различных блоках к разным категориям.

Например, при оценке месторождений, верхняя часть которых не обводнена, запасы необводненной части могут быть отнесены по степени разведанности и изученности остальных параметров к категории А, В,  $C_1$  или  $C_2$ . Запасы, расположенные ниже уровня подземных вод, при отсутствии гидрогеологических исследований или недостаточности их не могут быть отнесены к высоким категориям, а категория запасов должна определяться обязательно с учетом степени гидрогеологической изученности.

Выше говорилось о необходимости при выделении подсчетных блоков учитывать гидрогеологические и горнотехнические условия разработки месторождения. Разделение месторождения на блоки по этим факторам в ряде случаев серьезно сказывается на степени разведанности каждого выделенного блока и может привести к неоправданному занижению категории запасов.

На рис. 59 показан разрез одной из залежей боратов. Общая степень разведанности этой залежи достаточна для отнесения запасов к категории А. Гидрогеологические условия нижней, обводненной части залежи изучены хорошо и не явля-

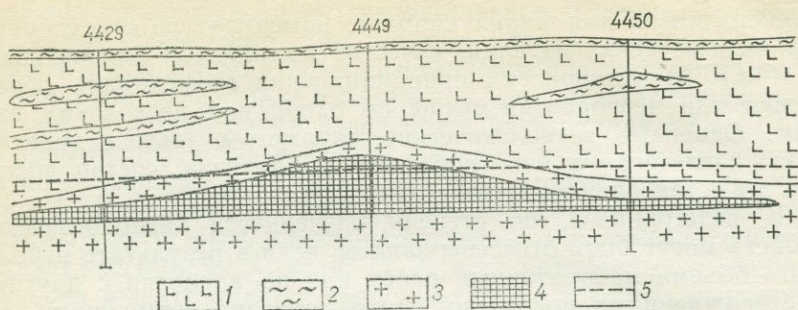


Рис. 59. Учет гидрогеологических условий полезной толщи при определении категории запасов:  
 1 — гипс; 2 — глины; 3 — каменная соль; 4 — борные руды; 5 — уровень подземных вод

ются препятствием для отнесения запасов к категории А. Однако условия разработки обводненной и необводненной частей залежи существенно различны. При разработке обводненной части залежи происходит значительно большее разубоживание руд, вследствие чего для обводненных запасов устанавливаются более высокие кондиции по содержанию борного ангидрида, чем для запасов необводненной части залежи. Различные кондиции и разные условия отработки требуют выделения в отдельные подсчетные блоки обводненной и необводненной частей залежи. При разделении залежи на две части резко меняется степень разведанности необводненной части.

Вскрытые лишь одной скважиной запасы должны были бы по степени разведанности относиться к категории С<sub>1</sub>. Однако такой подход не всегда правильный. Анализ фактического материала показал, что борные руды обводненной и необводненной частей залежи представлены одним и тем же технологическим типом и сортом, среднее содержание борного ангидрида во всей залежи довольно устойчиво и существенно не отличается в отдельных ее частях, находящихся в разных гидрогеологических условиях. В этом случае правильнее будет категорию запасов определять по степени разведанности и изученности всей залежи, т. е. запасы необводненной части залежи относятся, как и запасы обводненной части, к категории А.

Среднее содержание полезного ископаемого при этом следует определять как общее для обводненной и необводненной частей залежи.

При различии качества полезного ископаемого в обводненной и необводненной частях полезной толщи запасы их должны также подсчитываться отдельными блоками, но категория запасов определяется самостоятельно для каждого блока. В нашем примере, если бы существовали различия в типе и сорте

руд, а также в качестве, то запасы необводненной части залежи должны были бы быть квалифицированы по категории С<sub>1</sub>.

Таким образом, категория запасов в участках или блоках, находящихся в разных гидрогеологических и горнотехнических условиях, может устанавливаться по общей степени разведанности, если эти условия не приводят к изменению качества сырья. В тех случаях, когда гидрогеологические или горнотехнические условия определяют различие в составе и качестве сырья (зоны окисления, вторичного обогащения, выветривания, трещиноватости и т. д.), категории запасов в блоках, находящихся в различных условиях отработки, должны устанавливаться самостоятельно в зависимости от степени разведанности и изученности сырья в каждом блоке.

Согласно классификации запасов месторождений твердых полезных ископаемых запасы комплексных руд и содержащихся в них основных ценных компонентов подсчитываются и учитываются по одним и тем же категориям, а запасы сопутствующих ценных компонентов в зависимости от степени изученности могут подсчитываться и учитываться по другим категориям. Это обусловливается различной степенью неравномерности распределения этих компонентов в теле полезного ископаемого.

Значительно сложнее решается вопрос о категории запасов одного и того же сырья, изученного для разных областей его использования с разной степенью детальности. Здесь основным фактором, влияющим на категорию запасов, является различная степень изученности состава и свойств одной и той же породы, а не разных компонентов, заключенных в ней. Например, при разведке месторождения песков последние могут быть довольно хорошо изучены как формовочный материал, но вследствие недостаточного определения содержания красящих окислов (железа, титана, хрома и др.) значительно слабее как стекольное сырье. Запасы песков как формовочного материала по степени изученности соответствуют категории А, а по степени изученности как стекольного сырья — лишь категории С<sub>1</sub>. Отнесение одних и тех же запасов к разным категориям в зависимости от направления их использования вызывает большие неудобства при проектировании горнодобывающего и перерабатывающего предприятия. При недостаточной изученности сырья для одного из предполагаемых направлений его использования исключается возможность проектирования на его базе перерабатывающего предприятия (в приведенном примере стекольного завода), что влияет на производительность намечаемого горнодобывающего предприятия, объем добычи сырья на котором должен быть уменьшен за счет исключения сырья, необходимого отрасли производства, для которой оно недостаточно изучено.

Изменение масштаба добычи неизбежно приведет к изменению технико-экономических показателей работы горнодобывающего предприятия, что должно отразиться на тех или иных условиях.

При оценке запасов полезного ископаемого, предназначенного для использования по разным назначениям, нельзя механически распространить положение классификации запасов о возможности подсчета сопутствующих компонентов по категориям, отличным от категории запасов основного компонента и содержащих их комплексных руд.

Степень изученности сырья, предназначенного для использования в разных отраслях производства, для всех этих отраслей должна быть одинаковой и на месторождениях, подготовленных для промышленного освоения, достаточной для составления проекта разработки месторождения и переработки сырья.

Это положение обуславливает и подход к определению категории запасов полезных ископаемых, намечаемых для комплексного использования,— категория запасов определяется по степени наименьшей изученности сырья для любой из предполагаемых отраслей его использования.

Утверждение запасов по высоким категориям для одной или нескольких из намечаемых областей использования возможно лишь в том случае, если технико-экономическими расчетами доказана рентабельность работы предприятия по добыче сырья в количестве, требуемом для данных отраслей производства.

При этом если сырье для какой-либо отрасли производства изучено неполностью, то запасы его не утверждаются, а лишь отмечается, что по предварительным данным сырье может быть использовано и для этого назначения.

## ГЛАВА IX

### ПОРЯДОК УТВЕРЖДЕНИЯ РАЗВЕДАННЫХ ЗАПАСОВ

Содержание, оформление и порядок представления в ГКЗ СССР и ТКЗ Мингео СССР материалов по подсчету запасов неметаллических полезных ископаемых определяются соответствующей инструкцией ГКЗ СССР [22]. Представляемые на рассмотрение ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР материалы должны состоять из трех частей: текст отчета, табличные и текстовые приложения и графические материалы.

Текст отчета рекомендуется составлять по следующей примерной схеме.

1. Введение.
2. Общие сведения о месторождении.
3. Геологическое строение месторождения.
4. Объем, методика и качество проведенных геологоразведочных работ.
5. Качественная и технологическая характеристика полезных ископаемых.
6. Попутные полезные ископаемые и ценные компоненты.
7. Гидрогеологические и горнотехнические условия разработки.
8. Подсчет запасов.
9. Подготовленность месторождения для промышленного освоения.
10. Геолого-экономическая оценка месторождения.
11. Заключение.
12. Список использованных материалов.

Содержание всего отчета и отдельных его разделов обуславливается видом полезного ископаемого, типом месторождения, объемом проведенных на нем геологоразведочных работ и рядом других факторов. Перечень вопросов, которые должны освещаться в каждом разделе отчета, подробно изложен в указанной выше инструкции ГКЗ СССР, вследствие чего повторять их нет необходимости. Следует лишь отметить, что уделяемое авторами внимание к отдельным разделам отчета не всегда оправдано. В большинстве случаев чрезмерно подробно описывается географическое положение месторождения, история его открытия и разведки, климат, стратиграфия и тектоника района и самого месторождения. В то же время ряд важнейших разделов, характеризующих морфологию и внутреннее строение тел полезного ископаемого, степень нарушенности его вторичными процессами, качество и технологические свойства минерального сырья, методика разведки и опробования излагаются схематично. Произведенный анализ геологического строения

месторождения, материалы по вещественному составу полезного ископаемого не используются для обоснования системы разведки месторождения, объемов и характера технологических испытаний минерального сырья. Особенно плохо обстоит дело с обобщением и использованием в практических целях материалов эксплуатации месторождения. Нередко, принимая за эталон данные эксплуатации, авторы отчета не учитывают потери и разубоживание, выборочную разработку месторождения, что приводит к неверному выводу о неподтверждаемости ранее разведанных и утвержденных запасов. Сопоставление данных детальной разведки, эксплуатационной разведки и эксплуатации часто производится не в контуре отработанных запасов в пределах границ детальной разведки, а без учета этих границ. Сопоставление чаще всего производится лишь по количеству запасов полезного ископаемого, полезных компонентов и их содержанию в полезном ископаемом. Сопоставление по мощности тел полезного ископаемого, морфологии и внутреннему их строению, типам, сортам и маркам полезного ископаемого производится редко.

Зачастую при сопоставлении не учитываются изменения в требованиях к качеству сырья, в связи с введением новых ГОСТов, технических условий, разработкой и утверждением новых кондиций.

Все это приводит к неполноценности данных сопоставления и к ошибочным выводам о подтверждаемости запасов. Однако и при получении достаточно надежных данных эти выводы не используются для совершенствования методики разведки и повышения достоверности разведанных запасов, эффективности геологоразведочных работ.

Упущения и ошибки при составлении отчета, неувязки данных документации выработок и опробования с подсчетными планами, разрезами, отсутствие координат выработок и начальной точки их привязки, неполнота освещения качества и технологических свойств полезного ископаемого вызывают сомнения в представительности и надежности материалов разведки, служат причиной пересчета запасов и что самое главное — причиной осложнений при разработке месторождения и переработке минерального сырья.

Непродуманная система изложения материалов, неправильная оценка важности отдельных разделов отчета приводят к чрезмерной их громоздкости, неоднократному дублированию одних и тех же данных в тексте отчета, таблицах, на колонках скважин, разрезах и т. д. Колонки скважин, разрезы и другие графические приложения нередко перегружены цифровым материалом, что удорожает стоимость камеральных работ, увеличивает срок их проведения и в то же время затрудняет их проверку при рассмотрении материалов в ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР.

Установленный ГКЗ СССР объем отчетов 150—200 машинописных страниц, как правило, не выдерживается. Существенное превышение объема отчета сверх установленного лимита должно рассматриваться как грубое нарушение требований ГКЗ СССР и являться основанием для снижения оценки работы.

Во многих отчетах, особенно по строительным материалам, плохо обосновывается необходимость постановки и проведения детальной разведки месторождения. Вместо полноценного анализа состояния сырьевой базы предприятия, возможности удовлетворения потребности в сырье за счет уже разведанных, но не осваиваемых промышленностью месторождений, использования пород вскрыши разрабатываемых или проектируемых к разработке месторождений других видов полезных ископаемых в качестве обоснования в отчете приводится формальная ссылка на наличие заявки потребителя, тщательное рассмотрение которой нередко указывает на ее несостоятельность.

При изложении раздела эффективности разведочных работ авторы обычно сопоставляют стоимость единицы разведанных запасов на данном месторождении с единицей стоимости на других аналогичных месторождениях, однако аналогию фактическим материалом не подтверждают. Между тем месторождения одного и того же полезного ископаемого могут различаться качеством полезного ископаемого, выходом товарного продукта, условиями разработки и в конечном итоге народнохозяйственной эффективности их разработки. Вследствие этого, проводя сопоставление, необходимо производить хотя бы элементарный анализ основных параметров разработки разведываемого месторождения и месторождений-аналогов.

Опыт показывает, что качество отчетов существенно повышается в том случае, если в их составлении участвует эксплуатирующая организация. В этом случае полнее и правильнее используются материалы разработки месторождения и переработки минерального сырья, лучше освещаются горнотехнические условия эксплуатации. Поэтому по разрабатываемым и новым месторождениям или участкам, рассматриваемым в качестве сырьевых баз и действующих предприятий, составление отчета целесообразно производить совместно с разведочной и эксплуатирующей организацией. Все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями инструкции ГКЗ СССР [22] и представляться на рассмотрение ГКЗ СССР или ТКЗ не позднее чем через 6 месяцев, а по крупным и сложным месторождениям не позднее одного года после утверждения постоянных кондиций. Представляются отчеты с подсчетом запасов всех нерудных полезных ископаемых, за исключением общераспространенных (кроме строительного камня для предприятий по его добыче производственной мощностью более 400 тыс. м<sup>3</sup> в год)

и других нерудных полезных ископаемых, предназначенных для добычи предприятиями местного подчинения, утверждение запасов которых осуществляется ТКЗ Мингео СССР.

К общераспространенным полезным ископаемым [42] относятся песок (кроме формовочного, стекольного и для фарфоро-фаянсовой и огнеупорной промышленности), галька, гравий, глина (кроме огнеупорной, формовочной, красочной, бентонитовой, керамзитовой, кислотоупорной и каолина), камень булыжный, кремль, песчаник (кроме битуминозного, облицовочного и динасового), кварцит (кроме динасового, флюсового, облицовочного, железистого и для производства кристаллического кремния), мел (кроме мела для цементной, химической, стекольной, резиновой промышленности и для получения глинозема из нефелина), доломит (кроме доломита для цементной, металлургической, химической и стекольной промышленности), мергель (кроме мергеля флюсового, битуминозного и для цементной промышленности), известняк (кроме флюсового, битуминозного, для цементной и химической промышленности и для производства глинозема), сланец (кроме горючего), гранит, диорит, сиенит, габбро, андезит, порфир, базальт, туф (кроме облицовочного), дунит (кроме дунита для производства огнеупорных материалов).

При определении возможности представления на рассмотрение ТКЗ Мингео СССР учитывается не значение месторождения (что часто ошибочно делается геологоразведочными организациями), а ведомственная подчиненность организации, которая будет осуществлять разработку его.

К предприятиям местного подчинения относятся предприятия системы министерств местной промышленности, управлений промышленности областей и крайисполкомов, межколхозных объединений.

Материалы отчетов с подсчетом запасов представляются на рассмотрение ГКЗ СССР или ТКЗ в четырех одинаково оформленных экземплярах, в соответствии с требованиями инструкции ГКЗ СССР.

Представление отчета на рассмотрение ГКЗ СССР может быть осуществлено только при наличии постоянных кондиций, утвержденных в установленном порядке. Имеющиеся случаи представления в ГКЗ СССР отчетов одновременно с проектом кондиций являются нарушением существующего порядка, и такие отчеты ГКЗ СССР считает не принятыми.

По месторождениям цементного сырья, строительного и облицовочного камня, стекольных песков и сырья для производства строительной керамики, рассматриваемым в качестве сырьевой базы действующих предприятий, кондиции представляются совместно с отчетом.

На рассмотрение ТКЗ отчеты представляются также одновременно с технико-экономическим обоснованием кондиций.

Все отчеты с подсчетом запасов должны представляться на рассмотрение ГКЗ СССР или ТКЗ полностью. Представление их частями не допускается. Отчет считается принятым только после представления последнего предусмотренного инструкцией материала.

Обязательному утверждению ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР подлежат все разведанные в недрах запасы полезного ископаемого, на базе которых после передачи месторождения в промышленное освоение осуществляется проектирование горнодобывающего предприятия, независимо от ведомственной подчиненности.

Представление подсчетов запасов на повторное рассмотрение должно производиться при условии, если геолого-промышленная оценка месторождения за время, истекшее после утверждения запасов, существенно изменилась в результате разведочных или эксплуатационных работ, установления новых кондиций, введения новых государственных стандартов или технических условий промышленности на качество минерального сырья, а также в связи с изменением технологических схем его переработки. В практике нередко на повторное рассмотрение представляются отчеты с подсчетом запасов, которые в результате указанного выше принципиально не изменились, что необходимостью не вызывается. На повторное рассмотрение должны представляться отчеты с подсчетом запасов, если первоначально утвержденные балансовые запасы категорий  $A+B+C_1$  увеличились более чем на 50 % или уменьшились не менее чем на 20 %, а также когда в результате переоценки существенно изменилась качественная характеристика сырья или технико-экономические показатели разработки месторождения.

Переоценку и переутверждение ранее утвержденных запасов неразрабатываемых месторождений в связи с изменением ГОСТов, технических условий, технологической схемы обогащения или переработки сырья следует производить лишь в том случае, если установлен конкретный срок проектирования на его базе горнодобывающего предприятия.

С целью своевременного утверждения запасов, организации, предполагающие внести материалы подсчета запасов на рассмотрение, должны до 1 января наступающего года представить в ГКЗ СССР через соответствующее министерство, а в ТКЗ — непосредственно список месторождений, запасы которых подлежат рассмотрению в течение года, с указанием месяца представления материалов.

### ПОДГОТОВЛЕННОСТЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

Согласно Основам Законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах, проектирование предприятий по добыче полезных ископаемых может производиться только после утверждения их запасов и передачи месторождений для промышленного освоения.

Для составления технически правильного и экономически наиболее выгодного проекта разработки месторождения необходимо иметь полноценные материалы, позволяющие выбрать рациональный способ вскрытия и систему разработки месторождения, технологию обогащения и переработки минерального сырья, площади для производственного и жилищного строительства, источники водоснабжения и ряд других конкретных сведений геологического, горнотехнического и экономического характера. Все эти материалы и сведения должны быть собраны в процессе производства геологоразведочных работ. Вследствие этого действующая Классификация запасов месторождений твердых полезных ископаемых предусматривает ряд условий, при выполнении которых месторождение может быть признано подготовленным для промышленного освоения. Одним из основных условий является необходимая степень разведанности передаваемых в промышленное освоение запасов. Критерием степени разведанности месторождения является соотношение запасов разных категорий, которое устанавливается для месторождений каждой группы, характеризующейся определенной сложностью геологического строения.

Чтобы облегчить задачу разведчиков при определении группы месторождения, ГКЗ СССР в инструкциях по применению классификации запасов к отдельным видам полезных ископаемых в пределах предусмотренных Классификацией групп месторождений выделяет отдельные типы.

В основу разбивки месторождений на типы положены следующие критерии: размер месторождения, форма и условия залегания тел полезного ископаемого, выдержанность мощности и качества.

Определение устойчивости формы и условий залегания полезного ископаемого, выдержанности его качества рассмотрено в предыдущих главах. Некоторые трудности при определении типа месторождения нередко возникают при установлении его размера.

В приведенных в инструкциях характеристиках типов месторождений по размеру выделяются крупные, средние и мелкие месторождения, причем количественной оценки размера месторождения или не дается, или она дается исходя из запасов полезного ископаемого.

Разделение месторождений на крупные, средние и мелкие по запасам полезных ископаемых является правильным с точки зрения определения их народнохозяйственного значения. Однако это деление не всегда правильно отражает действительные размеры месторождения по величине площади распространения полезного ископаемого, которая по существу и определяет тип месторождения по сложности выявления запасов категории А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>.

Действительно, если руководствоваться запасами полезного ископаемого, то месторождение известняков, например, с запасами 30 млн. т должно быть отнесено к средним. Рекомендуемая для их разведки сеть выработок составляет 50—100 м для категории А и 100—200 м для категории В. Однако месторождения известняков с запасами 30 млн. т могут иметь различную площадь распространения полезного ископаемого, в зависимости от его мощности. При мощности пласта 10 м и объемной массе известняков 2,5 т/м<sup>3</sup> площадь распространения их составит 1200 тыс. м<sup>2</sup>. При расстояниях между выработками 100 м для разведки запасов по категории А в количестве 10 % от общих запасов потребуется проходка 120 выработок. При разведке месторождения известняков с теми же запасами 30 млн. т, но при мощности пласта 50 м для разведки запасов по категории А в количестве 10 % от общих запасов потребуется проходка всего лишь 24 выработок.

Естественно, что методика разведки этих месторождений известняков не может быть одинакова. Проходка 120 выработок для выявления запасов категории А в требуемом количестве на выдержанном месторождении с большим площадным распространением полезного ископаемого не вызывается необходимостью, в то же время проходка 24 выработок на месторождении с ограниченным площадным распространением полезного ископаемого, безусловно, целесообразна. Первое месторождение (с большим площадным распространением известняков) следует рассматривать как крупное, и разведывать запасы категории А нужно по сети 200 м. В этом случае на его разведку потребуется 30 скважин, что вполне обеспечит выявление запасов по категории А.

Приведенный пример показывает, что при установлении типа месторождения размер его следует определять не только по запасам полезного ископаемого, но и по площади его распространения.

Размер месторождения по площади распространения полезного ископаемого целесообразно определять исходя из расстоя-

ний между выработками, позволяющими надежно устанавливать строение, мощность и качество сырья, необходимые для вычисления средних параметров и числа пересечений.

Нередко при определении группы месторождения не учитывается степень его тектонической нарушенности. Характерным примером могут служить месторождения фосфоритов Каратауского бассейна. Представленные пластообразными залежами, выдержанными по мощности и качеству фосфоритов, эти месторождения, как правило, относятся к 1 группе, что по указанным показателям является правильным. Однако каратауские месторождения фосфоритов отличаются большой тектонической нарушенностью. Многочисленные сбросы и сдвиги, иногда с довольно большой амплитудой смещения (до 100 м и более), безусловно, усложняют горно-эксплуатационные работы. Выявить в процессе детальной разведки направление и амплитуду смещения всех нарушений задача практически неразрешимая, и во всяком случае экономически нецелесообразная. Устанавливать сравнительно мелкие тектонические нарушения, их направление и амплитуду смещения следует в ходе эксплуатационных работ. Это обстоятельство позволяет тектонически нарушенные месторождения, на которых при разведочной сети, принятой для категории А, невозможно выявить и охарактеризовать все тектонические нарушения, относить ко 2 группе. При этом крупные нарушения должны быть выявлены и охарактеризованы.

Правильное установление группы месторождения при определении подготовленности его для промышленного освоения является задачей важной, но не единственной.

Большое практическое значение имеет оценка представительности участка, на котором запасы разведуются с наибольшей детальностью, т. е. по категориям А и В. В практике геологоразведочных работ обычно запасы указанных категорий выявляются в центральных, наиболее выдержанных по форме, строению и качеству сырья частях залежи. Нередко запасы категории А и В выявляются на верхних горизонтах месторождения, характеризующихся более благоприятными гидрогеологическими и горнотехническими условиями разработки. Ориентируясь лишь на формальное соотношение запасов требуемых категорий, в ряде случаев можно допустить серьезные ошибки.

Одной из наиболее частых ошибок является определение количества подготовленных для промышленного освоения запасов без учета гидрогеологической изученности. При отсутствии гидрогеологической изученности запасы категории А, В и часть запасов категории С<sub>1</sub> располагаются выше уровня грунтовых вод. Поскольку гидрогеологические условия нижней обводненной части полезной толщи не изучались, то все запасы, расположенные ниже уровня грунтовых вод, относятся к кате-

гории  $C_1$ , хотя значительная часть их разведана по сети, соответствующей категории А и В. Однако при определении количества запасов, на которых можно проектировать строительство горнодобывающего и перерабатывающего предприятия, часто допускаются ошибки.

При определении проектной мощности предприятия учитываются все запасы, так как соотношение запасов различных категорий отвечает установленным требованиям. В указанных случаях этого делать нельзя — неизученность гидрогеологических условий обводненной части месторождения не позволяет составить полноценный проект разработки этой части месторождения, так как нет данных для расчета возможных притоков воды в эксплуатационные выработки. В промышленное освоение могут вовлекаться запасы категории  $C_1$  или  $C_2$  лишь необводненной части месторождения, а обводненной должны рассматриваться как резервные. Промышленное освоение их возможно только после изучения гидрогеологических условий месторождения.

При определении количества подготовленных для промышленного освоения запасов необходимо учитывать технологическую изученность отдельных типов и сортов руд, а не исходить только из общего соотношения запасов различных категорий.

На Белкинском месторождении фосфоритов выделяются два типа руд: первичные — пластовые и вторичные — карстовые. Последние залегают в верхней части месторождения непосредственно на первичных фосфоритах. Запасы категории В подсчитаны лишь по вторичным карстовым фосфоритам. Запасы первичных фосфоритов утверждены по категории  $C_1$  на участке Нымзас, на котором они также утверждены по категориям В и  $C_1$ .

По соотношению запасов категории В и  $C_1$  (месторождение отнесено ко 2 группе) в промышленное освоение на этом участке могло быть вовлечено 2470 тыс. т руды, из которых 1367 тыс. т приходится на карстовые фосфориты и 1103 тыс. т — на первичные. Однако такой подход неправильный — степень технологической изученности первичных фосфоритов недостаточна для проектирования схемы их переработки, поэтому отнесение их к числу запасов, подготовленных для промышленного освоения, является большой ошибкой.

Таким образом, при определении количества запасов, на базе которых можно производить проектирование, строительство или реконструкцию горнодобывающего или перерабатывающего предприятия, нельзя механически ориентироваться на соотношение запасов категорий А, В,  $C_1$  и  $C_2$ . В промышленное освоение могут вовлекаться запасы категорий А, В,  $C_1$  и  $C_2$ , разведанные в установленных классификацией соотношениях, если степень изученности технологических свойств сырья, горнотехнических

и гидрогеологических условий разработки в пределах запасов всех категорий отвечает требованиям, предъявляемым к запасам категории А.

Большое практическое значение при промышленной оценке имеет расположение детально разведанных запасов (категория А и В, а на месторождениях третьей и четвертой группы — С<sub>1</sub>) по отношению к существующим эксплуатационным выработкам или к намечаемым площадям первоочередной разработки. Начало разработки месторождения в менее детально разведанной части приведет к большому объему эксплуатационной разведки, а на тех месторождениях, где она отсутствует, — к трудностям в направлении очистных работ. Поэтому запасы до высоких категорий (А и В) необходимо разведывать на участках и горизонтах месторождения, намечаемых для первоочередной разработки.

Не может быть разрешено проектирование и строительство горнодобывающего предприятия, если предполагается разрабатывать не все месторождение, а соотношение запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> в контуре намечаемой разработки (карьера, горного отвода) не удовлетворяет требуемому.

Если намечается комбинированная разработка месторождения — верхних горизонтов карьером, а нижних — подземными горными выработками, то при определении подготовленности его для промышленного освоения также нельзя ориентироваться на общие запасы и общее соотношение запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>. Различия в условиях залегания тела полезного ископаемого, горнотехнических и гидрогеологических условиях, технологических свойствах и качестве сырья требуют для составления технически правильного проекта разработки месторождения детального изучения особенностей строения и состава каждой его части, что и обуславливает необходимость выявления запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> в требуемых соотношениях раздельно для намечаемых к отработке открытым и подземным способами.

Разработка месторождения, состоящего из нескольких изолированных залежей, может быть разрешена при наличии общего для всех залежей соотношения запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, если все залежи будут разрабатываться одним карьером. Если предполагается разрабатывать залежи самостоятельными карьерами, то для каждой из них необходимо установить соотношение запасов категорий А, В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, так как слабая разведанность отдельных залежей не гарантирует целесообразность организации на них горнодобывающего предприятия.

При комплексном характере месторождения указанные в Классификации соотношения запасов различных категорий не относятся к попутным компонентам; целесообразность промышленного извлечения последних обосновывается экономическими показателями при той степени изученности их балансо-

вых запасов, которая достигнута при разведке основных компонентов полезного ископаемого.

В практической деятельности нередко возникает вопрос о том, какая часть запасов должна удовлетворять указанному в Классификации соотношению? Этому соотношению должны удовлетворять утвержденные балансовые запасы основного полезного ископаемого в пределах той части месторождения или его участка, на базе которой согласно технико-экономическому обоснованию постоянных кондиций, намечается строительство предприятия по добыче полезного ископаемого. За пределами этой части запасы могут (а в ряде случаев должны) быть разведаны с меньшей степенью детальности, однако обязательным условием является оценка всех запасов месторождения в его геологических границах, а также прогнозных ресурсов категории  $P_1$ .

На ряде месторождений совместно с основными залегают и другие виды полезного ископаемого. Для передачи месторождения в промышленное освоение необходимо изучить и оценить их в такой степени, которая позволила бы определить их количество и возможное направление промышленного использования. В тех случаях, когда на эти полезные ископаемые есть потребитель, они должны быть детально изучены и подсчитаны в соответствии с требованиями для соответствующего вида полезного ископаемого.

Особое внимание при подготовке месторождения для промышленного освоения следует обращать на изучение пород вскрыши. Все породы вскрыши, независимо от наличия на них потребителя, разведуются предварительно, а при наличии потребителя — детально в количестве, определенном плановыми органами республик, краев и областей, или министерствами — потребителями сырья.

В последнее время по причинам, указанным выше, большое внимание уделяется утилизации попутно получаемых при добыче продуктов обогащения и переработки (отходов производства). Вследствие этого на подготовленном для промышленного освоения месторождении эти продукты должны быть изучены в той степени, которая определяет возможность их промышленного использования.

Для правильного выбора площадей размещения объектов промышленного и жилищного строительства, отвалов пустых пород авторами отчета должны быть определены площади, на которых залежи полезных ископаемых отсутствуют и даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

Для строительства горнодобывающего предприятия необходимы строительные материалы, питьевая и техническая вода. Вследствие этого при подготовке месторождения для промышлен-

ленного освоения должна быть дана оценка сырьевой базы строительных материалов имеющихся в районе месторождения, возможных источников водоснабжения, шахтных и рудничных вод как с точки зрения вредного их влияния на разработку месторождения и окружающую среду, так и с точки зрения возможности их использования для водоснабжения или в качестве промышленных вод для извлечения растворенных в них ценных компонентов.

### ПОРЯДОК ПЕРЕДАЧИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОСВОЕНИЯ

Разведанные месторождения или их участки, по которым утверждены запасы полезных ископаемых, подлежат передаче для промышленного освоения министерствам и ведомствам, осуществляющим руководство разработкой месторождений полезных ископаемых.

Проектирование горнодобывающих предприятий производится только после передачи месторождений для промышленного освоения.

В зависимости от ценности минерального сырья и потребности в нем народного хозяйства месторождение может быть передано для промышленного освоения полностью или отдельными участками (залежами). На передаваемых в промышленное освоение месторождениях или участках должен быть завершен весь необходимый комплекс геологоразведочных работ и выполнены следующие условия: 1) утверждены в установленном порядке запасы полезных ископаемых и утвержденные запасы признаны подготовленными для промышленного освоения; 2) произведена общая оценка запасов всего месторождения; 3) наиболее детально разведаны участки и горизонты месторождения, намечаемые для первоочередной разработки; 4) дана оценка возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, а также имеющихся в районе месторождения сырьевых баз строительных материалов в степени достаточной для обоснования в дальнейшем специальных гидрогеологических, изыскательских и геологоразведочных работ; 5) рекомендованы площади, пригодные для промышленного и жилищного строительства, на которых по предварительным данным отсутствуют залежи полезных ископаемых; 6) выполнены рекомендации ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР, данные при утверждении запасов; 7) обеспечена сохранность в натуре наземных и подземных центров и знаков геофизической (маркшейдерской) опорной сети и съемочного обоснования, а также знаков у устьев разведочных выработок (скважин, шурфов, штолен и др.), составлен каталог координат (в установленной для данного района системе) и высотных отметок пунктов съемочного обоснования и устьев разведочных выработок; 8) проведена проверка (с составлением соответствующих актов) состояния всех горноразведочных выработок и буровых скважин, пройденных на месторождении, и осуществлена в соответствии с правилами и инструкциями их

надежная консервация или ликвидация, а также дана оценка пригодности отдельных горных выработок (скважин) для использования их при эксплуатации; 9) систематизированы и приведены в порядок в соответствии с инструкциями первичные материалы разведки: керн буровых скважин, дубликаты проб, геологические образцы, топографическая, геологическая, геофизическая и маркшейдерская документация; 10) проведена инвентаризация намеченных к передаче производственно-технических зданий, сооружений, жилых помещений и имущества.

Из приведенного видно, что завершающим этапом геологоразведочных работ на месторождении является передача его в промышленное освоение. Между тем, многие геологи этому факту не придают серьезного значения, что является причиной необходимости производства большого объема дополнительных работ уже после утверждения запасов.

Чтобы избежать этого, необходимо уже в процессе детальной разведки месторождения и в период ликвидации геологоразведочных работ подготавливать указанные выше материалы.

Незнание геологами-разведчиками Положения о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения [42] или несоблюдение его условий часто приводит к осложнениям при передаче, необходимости сбора и подготовке различных справок, объяснений, текстовых, табличных и графических материалов, а в худшем случае — к необходимости организации новых партий или отрядов для выполнения дополнительных геологоразведочных работ, осуществляемых во исполнение рекомендаций данных ГКЗ СССР или ТКЗ Мингео СССР при утверждении запасов.

Все это влечет за собой дополнительные затраты и отодвигает срок проектирования горнодобывающего предприятия и промышленного освоения месторождения. Между тем срок передачи месторождения для промышленного освоения небольшой. Согласно действующему положению передача месторождения для промышленного освоения осуществляется в срок не более 6 месяцев после получения отраслевым министерством уведомления от разведочной организации о готовности месторождения и материалов к передаче.

Передача производится междуведомственной комиссией, образованной из представителей министерства (ведомства), принимающего месторождение, и министерства (ведомства), проводившего геологоразведочные работы; в состав комиссии включаются также представители органов Госгортехнадзора, а в необходимых случаях и представители проектных, научно-исследовательских институтов и других организаций. Председателем комиссии назначается представитель министерства (ведомства), принимающего месторождение.

Передача—приемка месторождения оформляется актом, который подписывается председателем комиссии и всеми ее

членами. В случае разногласий стороны или отдельные члены комиссии фиксируют в акте свое особое мнение. Акт междуведомственной комиссии утверждается министерством (ведомством), принимающим месторождение и министерством (ведомством), осуществлявшим разведку месторождения.

После передачи месторождения в промышленное освоение все дальнейшие работы на нем осуществляются министерством (ведомством), принявшим месторождение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбов М. Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1965. 239 с.
2. Амбарцумян Ф. А. Оценка степени трещиноватости и блочности месторождений природного камня.— В кн.: Облицовочные камни. М., Наука, 1974, с. 87—92.
3. Беликов Б. П. О методе изучения трещинной тектоники месторождений строительного и облицовочного камня. М., Изд-во АН СССР, 1953. 40 с.
4. Бейтс Р. Л. Геология неметаллических полезных ископаемых. М., Мир, 1965. 545 с.
5. Бетехтин А. Г. О генетической связи гидротермальных месторождений с интрузивами.— В кн.: Основные проблемы в учении о магматических рудных месторождениях. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 476—516.
6. Богацкий В. В. Математический анализ разведочной сети. М., Госгеолтехиздат, 1963. 212 с.
7. Бок И. И. Об основах классификации дистилляционных (пневматоли-тогидротермальных месторождений). Сб. науч. труд. Казахск. горно-металлург. ин-та, № 9. Metallургиздат, 1954. с. 137—148.
8. Борзунов В. М. Месторождения нерудных полезных ископаемых, их разведка и промышленная оценка. М., Недра, 1969. 336 с.
9. Борзунов В. М. Геолого-промышленная оценка месторождений нерудного сырья. Изд. 2, перераб. и доп. М., Недра, 1971. 320 с.
10. Вахромеев С. А. Современное состояние генетической классификации месторождений полезных ископаемых.— В кн.: Современное состояние учения о месторождениях полезных ископаемых. Ташкент, ФАН, 1975, с. 49—54.
11. Володимонов Н. В. О методах подсчета запасов жильных месторождений.— Горный журнал, 1944, № 3—4, с. 34—39.
12. Временная типовая методика экономической оценки месторождений полезных ископаемых.— ГКНТ и Госкомцен СССР. М., 1979. 41 с.
13. Временные требования к подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов в рудах и других видах минерального сырья. ГКЗ СССР.— М.: 1973. 19 с.
14. Геологический словарь. М., Недра, 1978, т. 1. с. 294, т. II, с. 193.
15. Григорович М. Б. Опыт технологической классификации минерального сырья.— Разведка и охрана недр, 1966, № 2, с. 4—6.
16. Ермаков Н. П. Опыт классификации минерального сырья. Жизнь Земли.— Сб. Музея земледования МГУ, № 1, 1961, с. 18—24.
17. Захаров Е. Е. К вопросу о классификации месторождений полезных ископаемых. Изд. АН СССР, сер. геол., 1953, с. 50—81.
18. Золотарев А. С. Подсчет запасов полезного ископаемого в блоке между сходящимися профилями. ОНТИ, 1936. 113 с.
19. Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1969, 398 с./ Авт. В. Д. Бабушкин, Д. Н. Пересунько, С. П. Прохоров и др.
20. Инструкция о содержании и порядке составления геологических отчетов. М., Недра, 1965. 79 с.
21. Инструкция о содержании и порядке представления на утверждение в ГКЗ СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1976. 32 с.
22. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в ГКЗ СССР и ТКЗ материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., Недра, 1976, 44 с.
23. Инструкция по изучению инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке. М., Недра, 1975. 52 с.

24. *Инструкция* по применению классификации к месторождениям: асбеста (1963, 18 с.), барита и витерита (1962, 21 с.), борного сырья (1962, 20 с.), гипса и ангидрита (1961, 19 с.), глинистых пород (1961, 32 с.), графита (1961, 19 с.), ископаемых солей (1962, 22 с.), карбонатных пород (1961, 21 с.), магматических пород (1961, 32 с.), магнезитов (1961, 21 с.), озерных солей (1961, 20 с.), песка и гравия (1961, 34 с.), плавикового шпата (1965, 22 с.), самородной серы (1961, 18 с.), слюды (мусковита, флогопита и вермикулита) (1962, 33 с.), талька и талькового камня (1962, 28 с.), фосфоритов (1961, 20 с.), М. Госгеолтехиздат.

25. *Инструкция* по проектированию геологоразведочных работ. Сб. руководящих материалов по планированию, проектированию и финансированию геологоразведочных работ Мингео СССР. М., 1977, с. 282—318.

26. *Инструкция* по производству топографо-геофизических работ при геологической съемке и разведке. М., Недра, 1964. 212 с.

27. *Кравченко А. Я., Купфер С. М.* Рациональные формулы для определения объемов блоков при подсчете запасов методом разрезов.— *Разведка и охрана недр*, 1962, № 8, с. 15—19.

28. *Крейгер В. М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1961, ч. I. 391 с.; ч. II. 390 с.

29. *Лингрен В.* Минеральные месторождения. М., Горгеофтеиздат, 1934, вып. 1. 187 с., вып. 2. 231 с.

30. *Магакьян И. Г.* Главные промышленные семейства и типы руд.— *Зап. Всесоюзн. минералог. об-во*, 1950, № 4, с. 241—267.

31. *Меренков Б. Я., Муратов М. В.* Неметаллические полезные ископаемые. М., Госгеоллиздат, 1942. 328 с.

32. *Методические указания* о проведении геологоразведочных работ по стадиям (твердые полезные ископаемые).—Сб. руковод. мат-лов по планиров., проектиров. и финансиров. геол.-разв. работ Мингео СССР. М., 1977, с. 53—72.

33. *Методические указания* по обоснованию и расчету кондиций для подсчета запасов твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). ГКЗ СССР. М., 1965. 27 с.

34. *Обручев В. А.* Классификация месторождений. В кн.: *Рудные месторождения*. М., ОНТИ НКТП СССР, 1934, с. 17—18.

35. *Огарков В. С.* Методика разведки угольных месторождений платформенного типа. М., Госгеолтехиздат, 1961. 97 с.

36. *Остроумов Г. В., Иванова И. Д., Масалович Н. С.* Оценка достоверности технологических исследований минерального сырья.— *Разведка и охрана недр*, 1978, № 8, с. 34—38.

37. *Панкуль Л. И., Золотарев А. С.* Новые формулы средних содержаний площадей и объемов для подсчета запасов полезных ископаемых.— *Горный журнал*, 1935, № 1, с. 53—59.

38. *Петров В. А.* О применении способов среднего арифметического и среднего взвешенного для расчета средних параметров при подсчете запасов полезного ископаемого.— *Советская геология*, 1965, № 2, с. 81—86.

39. *Погребицкий Е. О., Терновой В. И., Руденко Н. И.* Выбор способа подсчета среднего содержания между двумя сечениями.— *Зап. Ленингр. горного ин-та им. Г. В. Плеханова*, т. I, V, вып. 2, 1968, с. 134—138.

40. *Погребицкий Е. О., Терновой В. И.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Л., Недра, 1974. 304 с.

41. *Подсчет* запасов месторождений полезных ископаемых.— М.: Госгеолтехиздат, 1960. 672 с./Авт. В. И. Смирнов, А. П. Прокофьев, В. М. Борзунов и др.

42. *Положение* о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения. Сб. руководящих мат-лов по охране недр. М., Недра, 1973, с. 5—9.

43. *Прерис А. М.* Определение и учет ураганных проб. М., Недра, 1974. 104 с.

44. *Прокофьев А. П.* Оконтуривание рудных тел при подсчете запасов. М., Госгеолтехиздат, 1955. 110 с.

45. *Романович И. Ф.* Опыт классификации месторождений полезных ископаемых по принципу использования в промышленности.— Изв. ВУЗов, Геология и разведка, 1963, № 5, с. 18—23.

46. *Смирнов В. И.* Подсчет запасов минерального сырья. М., Госгеолиздат, 1950. 343 с.

47. *Смирнов С. С.* Рецензии на статью Ниггли «Систематика магматических рудных месторождений.— В кн.: С. С. Смирнов. Избранные труды. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 226—283.

48. *Татаринов П. М.* Условия образования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Изд. 2. М., Госгеолтехиздат, 1964. 278 с.

49. *Эйгелес М. А., Кузнецов В. П.* Изучение обогатимости полезных ископаемых на разных стадиях разведки.— Разведка и охрана недр, 1978, № 7, с. 39—41.

50. *Якжин А. А.* Опробование и подсчет запасов полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1950. 296 с.

# ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Белизна** 104
- Влажность** 99
- Водонасыщение** 102
- Водоотдача** 102
- Водопоглощение** 101
- Газопроницаемость** 103
- Затраты замыкающие** 149
- Звукопроводность** 103
- Искривление скважин** 55
- Истираемость** 102
- Канавы** 49
- Карьеры разведочные** 52  
— опытные 53
- Кислотостойкость** 104
- Кондиции временные** 143  
— постоянные 145
- Конструкция скважины** 56
- Контроль анализов** 90  
— опробования 83
- Коэффициент рудоносности** 256
- Масса объемная** 96
- Морозостойкость** 103
- Мощность минимальная промышленная** 163  
— максимально допустимая прослоев пустых пород 164
- Обработка проб** 84
- Огнеупорность** 103
- Оконтуривание** 178
- Опробование** 75  
— бороздовое 79  
— валовое 82  
— задиrkовое 81  
— штуфное 79
- Плотность** 99
- Поиски** 30
- Пористость** 101
- Представительность технологических проб** 115
- Принципы выделения подсчетных блоков** 209
- Прочность** 100, 102
- Разведка детальная** 32, 45  
— предварительная 31, 44  
— эксплуатационная 34
- Рекультивация** 136
- Содержание бортовое** 151  
— вредных примесей 159  
— минимальное промышленное 146  
— среднее 237
- Теплопроводность** 103
- Типы и сорта минерального сырья технологические** 161
- Траншеи** 50
- Укрывистость** 104
- Шахты** 52
- Штольни** 51
- Шурфы** 50

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
Глава I. Нерудное минеральное сырье и его промышленная классификация . . . . .	6
Глава II. Генетическая классификация месторождений нерудных полезных ископаемых . . . . .	14
Глава III. Основные направления разведочных работ на нерудное минеральное сырье . . . . .	22
Глава IV. Группировка месторождений полезных ископаемых по факторам, определяющим методику их разведки . . . . .	26
Глава V. Стадии геологоразведочных работ . . . . .	30
Глава VI. Разведка месторождений нерудных полезных ископаемых . . . . .	36
Проектирование геологоразведочных работ . . . . .	37
Система разведки месторождения . . . . .	38
Типы разведочных выработок и способы их проходки . . . . .	48
Плотность разведочной сети . . . . .	60
Документация и опробование . . . . .	69
Анализы и испытания . . . . .	89
Геофизические работы . . . . .	106
Технологические исследования . . . . .	112
Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования . . . . .	120
Комплектность изучения месторождений . . . . .	126
Охрана окружающей среды . . . . .	135
Глава VII. Геологопромышленная оценка месторождений нерудных полезных ископаемых . . . . .	143
Глава VIII. Подсчет запасов . . . . .	177
Определение контура промышленных запасов . . . . .	177
Методы подсчета запасов полезных ископаемых и принципы выделения подсчетных блоков . . . . .	201
Методика определения средних значений параметров, необходимых для подсчета запасов . . . . .	231
Разделение запасов на балансовые и забалансовые по их народнохозяйственному значению . . . . .	259
Классификация запасов по степени их изученности . . . . .	266
Глава IX. Порядок утверждения разведанных запасов . . . . .	291
Глава X. Подготовленность месторождения для промышленного освоения . . . . .	296
Глава XI. Порядок передачи месторождений для промышленного освоения . . . . .	303
Список литературы . . . . .	306
Предметный указатель . . . . .	309

**Виктор Михайлович Борзунов**

**РАЗВЕДКА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ОЦЕНКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Редактор издательства Л. Г. Китаенко  
Переплет художника А. Е. Григорьева  
Художественный редактор Е. Л. Юрковская  
Технический редактор А. Е. Матвеева  
Корректор Т. М. Столярова

ИБ № 4165

---

Сдано в набор 05.10.81. Подписано в печать 19.01.82. Т-02339. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага книж.-журн. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл.-печ. л. 19,5. Усл. кр.-отт. 19,5. Уч.-изд. л. 20,38. Тираж 4600 экз. Заказ 2086/8220—2. Цена 1 р. 30 к.

---

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,  
Третьяковский проезд, 1/19.

---

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

**Уважаемый товарищ!**

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА»  
ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ НОВЫЕ КНИГИ**

**ВАЛЯХ В. М.**

**АЭРОФОТОГРАФИЧЕСКИЕ И СКАНЕРНЫЕ АЭРОМЕТОДЫ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ.** 20 л., 1 р. 20 к.

Рассматриваются новейшие достижения в области сканирующих (тепловых) и фотографических дистанционных аэрометодов, применяемых в различных ландшафтно-геологических условиях, эффективность использования материалов радиолокационных аэросъемок, которые могут осуществляться в летнюю погоду и любое время суток. Описаны методы проведения сканирующей инфракрасной, многоспектральной (фотосканерной) съемок с видеоманитонной записью. Приведена технологическая схема применения дистанционных аэрометодов в различных биоклиматических зонах.

Для инженеров-геологов, гидрогеологов, геологов и геоморфологов.

**ГОРШКОВ С. П.**

**ЭКЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОСВОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.** 20 л.  
1 р. 40 к.

Показана трансформация геологических процессов в связи с превращением природных ландшафтов в антропогенные на большей части суши, местами сопровождаемым нарушением геологической среды. Рассмотрена модификация этих процессов и систем на равнинах и в горах при различных видах хозяйственного использования земель, рубке леса, избыточной пастьбе, возделывании почвы, городском и дорожном строительстве, добыче полезных ископаемых, создании водохранилищ и др. Оценен суммарный эффект деятельности человека. Показана роль измененных природно-антропогенных процессов в загрязнении воздуха и поверхностных вод. Прогнозируются характер и масштабы изменения экзодинамических процессов, обусловленных деятельностью человека.

Для широкого круга специалистов, занимающихся вопросами динамической и инженерной геологии, геоморфологии и т. д.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел «Книга — почтой» магазинов:*

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

№ 59 — 127412, Москва, Коровинское шоссе, 20.

Издательство «Недра»

1 р. 30 к.

3691

ИДРА